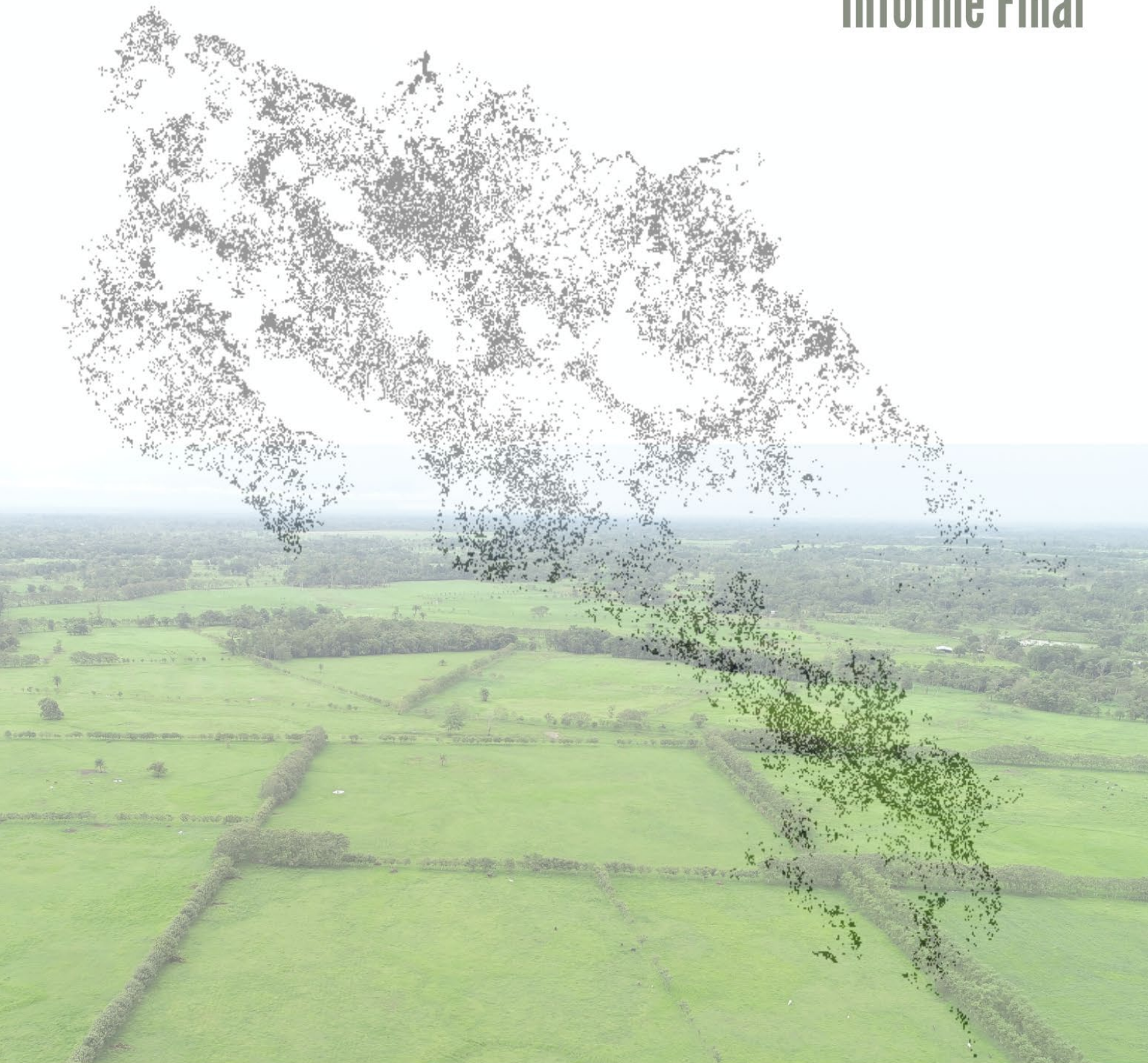


Paisaje Productivo de Pastos 2018

Informe Final



MONITOREO DE CAMBIO DE USO EN PAISAJES PRODUCTIVOS (MOCUPP)



| | |
|--|-----------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos 2018 |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 1 de 117 |

CONSEJO NACIONAL DE RECTORES (CONARE)

Centro Nacional de Alta Tecnología (CeNAT)

Laboratorio PRIAS

Informe Final del Paisaje Productivo de Pastos para el año 2018 dentro del MOCUPP

Autores

*Heileen Aguilar Arias
Yorleny Calvo Elizondo
Brandon Blanco Arias
Armando Vargas Céspedes
David Romero Badilla
Milagro Jiménez Rodríguez
Jennifer Fernández Garro
Sofía Hernández Hernández
Marilyn Manrow Villalobos
Cornelia Miller Granados*

Revisión y aprobación


*Cornelia Miller Granados, Directora Laboratorio PRIAS
Francini Acuña Piedra, Geógrafa PNUD*

Diseño de portada

Marilyn Manrow Villalobos

*30 de abril de 2021
San José, Costa Rica*

**Informe técnico presentado a PNUD como IV Entrega-Informe Final del Paisaje
Productivo de Pastos 2018**



630
In43i

Informe final del paisaje productivo de pastos para el año 2018 dentro del MOCUPP /
Heileen Aguilar Arias, et al. – Datos electrónicos (1 archivo : 19.000 kb). – San José,
C.R. : CONARE - CENAT, 2021.

ISBN 978-9977-77-423-7
Formato pdf, 118 páginas.

1. BIODIVERSIDAD. 2. PAISAJES PRODUCTIVOS. 3. PASTOS. 4. COBERTURA FORESTAL. 5. COSTA RICA. I. Aguilar Arias, Heileen. II. Calvo Elizondo, Yorely. III. Blanco Arias, Brandon. IV. Vargas Céspedes, Armando. V. Romero Badilla, David. VI. Jiménez Rodríguez, Milagro. VII. Fernández Garro, Jennifer. VIII. Hernández Hernández, Sofía. IX. Manrow Villalobos, Marilyn. X. Miller Granados, Cornelia. XI. Título.



INDICE DE CONTENIDO

| | |
|--|----|
| GLOSARIO DE TÉRMINOS..... | 9 |
| LISTADO DE ACRÓNIMOS | 8 |
| I. RESUMEN..... | 10 |
| II. INTRODUCCIÓN | 11 |
| 2.1 Antecedentes | 11 |
| 2.2 Uso de tecnologías de teledetección para el monitoreo de paisajes productivos..... | 15 |
| 2.3 Justificación..... | 18 |
| III. METODOLOGÍA..... | 21 |
| 3.1 Diagrama de flujo del proceso metodológico | 21 |
| 3.2 Descripción de la zona de estudio..... | 22 |
| 3.2.1 Región Central (RC) | 22 |
| 3.2.2 Región Pacífico Central (RPC)..... | 23 |
| 3.2.3 Región Brunca (RB)..... | 24 |
| 3.2.4 Región Huetar Caribe (RHC)..... | 25 |
| 3.2.5 Región Huetar Norte (RHN)..... | 25 |
| 3.2.6 Región Chorotega (RC)..... | 26 |
| 3.3 Planificación de toma de puntos de control y validación | 27 |
| 3.3.1 Definición del tamaño de la muestra..... | 27 |
| 3.3.2 Diseño de rutas..... | 29 |
| 3.3.3 Muestreo de puntos de control y validación..... | 31 |
| 3.4 Tratamiento de imágenes satelitales..... | 37 |
| 3.4.1 Descarga de las imágenes | 38 |
| 3.4.2 Procesamiento de las imágenes satelitales | 42 |
| 3.4.3 Segmentación de imágenes | 42 |
| 3.4.4 Extracción de áreas urbanas | 44 |
| 3.4.5 Revisión de nubes | 56 |
| 3.4.6 Intersección entre pastos y humedales | 60 |
| 3.5 Validación de la clasificación..... | 64 |
| 3.5.1 Validación 1 | 67 |
| 3.5.2 Validación 2 | 69 |
| 3.5.3 Validación 3 | 71 |

| | |
|--|-----------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos 2018 |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 3 de 117 |

| | |
|---|-----|
| IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS DEL PAISAJE PRODUCTIVO DE PASTOS PARA EL AÑO 2018 EN COSTA RICA..... | 73 |
| 4.1 Resultados Regionales | 79 |
| 4.2 Análisis de resultados por región (agrupación de cantones)..... | 81 |
| 4.2.1 Región Huetar Norte..... | 81 |
| 4.2.2 Región Chorotega..... | 84 |
| 4.2.3 Región Brunca | 86 |
| 4.2.4 Región Central..... | 90 |
| 4.2.5 Región Huetar Caribe | 92 |
| 4.2.6 Región Pacífico Central | 96 |
| V. CONCLUSIONES..... | 99 |
| VI. RECOMENDACIONES | 100 |
| VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 103 |
| VIII. ANEXOS | 111 |
| Anexo 1..... | 111 |
| Anexo 2..... | 112 |

| | |
|---|-----------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos 2018 |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 4 de 117 |

INDICE DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro 1. Cálculo del tamaño de la muestra de pastos para cada Área de Conservación, proyecto MOCUPP, paisaje productivo de pastos de Costa Rica. | 29 |
| Cuadro 2. Total de puntos re proyectados para el procesamiento de la capa del paisaje productivo de pastos 2018..... | 37 |
| Cuadro 3. Rangos evaluados de NDVI para extracción de infraestructura..... | 49 |
| Cuadro 4. Resumen rangos evaluados de NDVI para extracción de infraestructura..... | 51 |
| Cuadro 5. Ejemplo de matriz de confusión generada para los diferentes procesos de validación..... | 65 |
| Cuadro 6. Resultados obtenidos para el PPP por región según la división territorial administrativa de MIDEPLAN para el año 2018..... | 80 |

| | |
|---|-----------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos 2018 |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 5 de 117 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Flujograma de la metodología de trabajo para la elaboración de la capa del paisaje productivo de pastos de Costa Rica en el marco del proyecto MOCUPP. Fuente: Laboratorio PRIAS..... | 21 |
| Figura 2. Ventana Google My Maps con un tramo de ruta añadido. | 30 |
| Figura 3. Metodología para el muestreo de puntos de control y validación, proyecto MOCUPP, paisaje productivo de pastos de Costa Rica. Fuente: Aguilar, et al., 2019..... | 32 |
| Figura 4. <i>Proceso para importar archivos en formato “gpx” a QGis. A) Ventana para importar el archivo “gpx”. B) Selección del archivo a importar. C) Selección de capa vectorial. D) Visualización de los puntos GPS en el software QGIS...</i> | 33 |
| Figura 5. Ventana para exportar puntos en formato “shape” y con sistema de proyección CRTM05..... | 34 |
| Figura 6. Cálculo de las coordenadas en CRTM05. | 35 |
| Figura 7. Configuración de la ventana para importar archivos en formato “csv” a QGIS. | 36 |
| Figura 8. Distribución de los cuadrantes en Costa Rica para las imágenes del sensor Sentinel 2..... | 39 |
| Figura 9. Visualización de las imágenes disponibles para descarga..... | 41 |
| Figura 10. Modelo cartográfico para automatizar el mosaico y corte de las imágenes satelitales..... | 42 |
| Figura 11. Visualización de la ventana para el cálculo de NDVI utilizando ENVI. | 44 |
| Figura 12. Procedimiento para guardar el resultado generado en ENVI en formato “tiff”. A) Elegir el archivo. B) Seleccionar el formato y la dirección de salida. C) Visualización del archivo guardado en “tiff” en el panel de capas de ENVI..... | 45 |
| Figura 13. Visualización del resultado del cálculo de NDVI en QGIS..... | 46 |
| Figura 14. Sobreposición de la capa de segmentación respecto al archivo ráster del NDVI..... | 47 |
| Figura 15. Uso de la herramienta “Estadísticas de zona” y resultado en la tabla de atributos..... | 47 |

| | |
|---|-----------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos 2018 |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 6 de 117 |

| | |
|--|----|
| Figura 16. Ejemplo de selección de rangos para generar capas de comparación. | 48 |
| Figura 17. Rangos ordenados en forma ascendente para visualizar las principales diferencias generadas en los valores de NDVI para la capa de ACC. | 50 |
| Figura 18. Ejemplo de las principales diferencias generadas al disolver las capas de algunos rangos de NDVI calculados para ACC..... | 52 |
| Figura 19. Distritos del GAM con mayor concentración de área urbana. | 53 |
| Figura 20. Resultado de la capa final para realizar la extracción de infraestructura a la segmentación. | 54 |
| Figura 21. Visualización del resultado final al extraer la infraestructura para la capa de segmentación del Área de Conservación Central..... | 55 |
| Figura 22. Imágenes utilizadas para la revisión de nubes. A: mosaico original; B: imagen Sentinel-2 descargada sobre el área de alta nubosidad..... | 57 |
| Figura 23. Diagrama del procedimiento para obtener una segmentación que coincida espacialmente. | 58 |
| Figura 24. Ejemplo del resultado de la revisión detallada de nubes. A: mosaico inicial; B: mosaico GEE; C: imagen Sentinel-2 descargada con el área de interés libre de nubes y con la segmentación original; D: imagen Sentinel-2 descargada con el área de interés libre de nubes y con la segmentación generada a partir del mosaico GEE. | 59 |
| Figura 25. Herramienta cortar para la capa de humedal con la capa de pastos. | 61 |
| Figura 26. Herramienta de selección por localización. | 62 |
| Figura 27. Colocación de la observación a partir de la calculadora de campos. | 63 |
| Figura 28. Validación 1 para la capa del paisaje productivo de pastos. | 68 |
| Figura 29. Validación 2 para la capa del paisaje productivo de pastos | 70 |
| Figura 30. Distribución de los puntos de validación 3 según región socioeconómica para el año 2018..... | 72 |
| Figura 31. Distribución del paisaje productivo de pastos en Costa Rica para el año 2018. Fuente: Laboratorio PRIAS. | 73 |

| | |
|---|-----------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos 2018 |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 7 de 117 |

| | |
|--|----|
| Figura 32. Distribución del paisaje productivo de pastos en hectáreas por cantón para el año 2018. Fuente: Laboratorio PRIAS..... | 74 |
| Figura 33. Cantones con mayor distribución del paisaje productivo de pastos en hectáreas por cantón para el año 2018. Fuente: Laboratorio PRIAS..... | 75 |
| Figura 34. Análisis porcentual de los cantones con mayor paisaje productivo de pastos por cantón para el año 2018. Fuente: Laboratorio PRIAS. | 76 |
| Figura 35. Porcentaje del paisaje productivo de pastos según superficie cantonal para el año 2018. Fuente: Laboratorio PRIAS..... | 77 |
| Figura 36. Diagrama de doble escala representando los cinco cantones con mayor extensión del PPP en el país y los cinco cantones de mayor porcentaje del PPP según superficie cantonal para el año 2018.Fuente: Laboratorio PRIAS. | 78 |
| Figura 37. Distribución del paisaje productivo de pastos en los cantones de la región Huetar Norte para el año 2018. Fuente: Laboratorio PRIAS. | 82 |
| Figura 38. Gráfico de dispersión de los cantones de la región Huetar Norte según el área (ha) de PPP y el porcentaje de área dedicado al PPP para el año 2018. Fuente: Laboratorio PRIAS. | 83 |
| Figura 39. Distribución del paisaje productivo de pastos en los cantones de la región Chorotega para el año 2018. Fuente: Laboratorio PRIAS. | 84 |
| Figura 40. Gráfico de dispersión de los cantones de la región Chorotega según el área (ha) del PPP y el porcentaje de área dedicado al PPP para el año 2018. Fuente: Laboratorio PRIAS. | 86 |
| Figura 41. Distribución del paisaje productivo de pastos en los cantones de la región Brunca para el año 2018. Fuente: Laboratorio PRIAS. | 87 |
| Figura 42. Gráfico de dispersión de los cantones de la región Brunca según el área (ha) de PPP y el porcentaje de área dedicado al PPP para el año 2018. Fuente: Laboratorio PRIAS. | 89 |
| Figura 43. Distribución del paisaje productivo de pastos en los cantones de la región Central para el año 2018. Fuente: Laboratorio PRIAS. | 91 |
| Figura 44. Gráfico de dispersión de los cantones de la región Central según el área (ha) de PPP y el porcentaje de área dedicado al PPP para el año 2018. Fuente: Laboratorio PRIAS. | 92 |
| Figura 45. Distribución del paisaje productivo de pastos en los cantones de la región Huetar Caribe para el año 2018. Fuente: Laboratorio PRIAS. | 93 |

| | |
|---|-----------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos 2018 |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 8 de 117 |

Figura 46. Gráfico de dispersión de los cantones de la región Huetar Caribe según el área (ha) de PPP y el porcentaje de área dedicado al PPP para el año 2018. Fuente: Laboratorio PRIAS. 95

Figura 47. Distribución del paisaje productivo de pastos en los cantones de la región Pacífico Central para el año 2018. Fuente: Laboratorio PRIAS. 97

Figura 48. Gráfico de dispersión de los cantones de la región Pacífico Central según el área (ha) de PPP y el porcentaje de área dedicado al PPP para el año 2018. Fuente: Laboratorio PRIAS. 98



| | |
|---|-----------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos 2018 |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 9 de 117 |

GLOSARIO DE TÉRMINOS

ArcGIS: Software de representación cartográfica y análisis espacial (ESRI, S.f).

Capa vectorial: Es una estructura de datos utilizada para almacenar datos geográficos, constan de líneas o arcos definidos por puntos de inicio y fin y por los puntos donde se cruzan varios arcos (nodos) (Escobar, Hunter, Bishop, & Zerger, S.f).

Clasificación: Reconocimiento de clases o grupos cuyos miembros tengan ciertas características en común (Sacristán, 2006).

Codificación de segmentos: Proceso para clasificar cada polígono según la clase a la que corresponda (Aguilar, Blanco, Calvo, Ortega, & Vargas, I Entrega: Informe I - Pastos sin árboles Costa Rica. , 2019).

Efecto sal pimienta: Se refiere a la variación de manera aleatoria de la intensidad o color en una imagen, el valor que toma el píxel no tiene relación con el valor original, por el contrario, toma valores muy altos o bajos (Sada & Sanz, 2015).

Fotointerpretación: Estudio general de las imágenes con el propósito de identificar, analizar, clasificar y establecer las deducciones para una mejor comprensión de los elementos que las integran (Catuna, 1995).

Gran Área Metropolitana: Representa el 3,84% del territorio nacional, comprende parcialmente cuatro provincias (San José, Alajuela, Cartago y Heredia), 31 cantones (algunos incluidos parcialmente) y 152 distritos (Tec Digital, 2014).

Otros Usos: Comprende todos aquellos usos no monitoreados por el proyecto MOCUPP.

Paisaje de Cobertura Arbórea: Comprende las áreas naturales, seminaturales o plantadas, constituidas principalmente por elementos arbóreos o arbustivos (especies nativas o exóticas) identificables a una escala de 1:10000, utilizando un píxel de 10x10 metros. Con una superficie mínima de 0,5 ha (UMC) cubierta por un dosel abierto o cerrado mayor o igual al 70% del área. Incluye: bosque en todas sus sucesiones, manglar, páramo y plantación forestal. Se incorporan, además, yolillales y bambusales debido a que, por la escala y resolución utilizadas, estas coberturas se asemejan a elementos arbóreos o arbustivos

Paisaje Productivo de Pastos: Áreas cubiertas por pastos naturales o establecidos, dedicadas al pastoreo y/o corta de forraje. La cobertura de copa de árboles, arbustos o palmas no conforma un dosel y es inferior al 70% del área de pastos de los segmentos analizados. Se incluyen todos aquellos espacios e infraestructura inherentes al paisaje productivo que no puedan ser discriminados a una escala de 1:10000, utilizando un píxel de 10x10 metros, por ejemplo: cercas vivas, caminos internos, entre otros. Se considera una Unidad Mínima Cartografiable (UMC) de 0,5 ha.

QGIS: Sistema de Información Geográfico de software libre y código abierto (QGIS, S.f).

Segmentación: Proceso que permite una búsqueda de regiones

| | |
|--|-----------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos 2018 |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 10 de 117 |

homogéneas en la imagen para que se dé una posterior clasificación (Arroyo, Cocero, Manzanera de la Vega, & García, 2005).

Sensores remotos: Sistemas o instrumentos que permiten captar información de un objeto a distancia (SegemAR, S.f).

Sentinel-2: Es una misión europea que permite obtener imágenes multiespectrales de alta resolución entre 10 a 60 metros (Agencia Espacial Europea (ESA), 2000-2021).

Shapefile: Formato que se utiliza para almacenar la ubicación geométrica y la información de los atributos de las entidades geográficas, se pueden representar por medio de puntos, líneas o polígonos (ESRI, 2016).

Sistema de Posicionamiento Global (GPS): Servicio que proporciona a los usuarios información sobre posicionamiento, navegación y cronometría (Space-Based Positioning Navigation & Timing, S.f).

Tamaño de muestra: Número de unidades que se necesitan para conformar una muestra representativa. La muestra posee cierta posibilidad de error y nivel de confianza, así como probabilidad (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

Teledetección: Conjunto de técnicas desarrolladas desde diferentes disciplinas para obtener información a distancia de la tierra (Rodríguez & Sánchez, 2015).

Unidad Mínima Cartografiable (UMC): Unidad más pequeña de la superficie que se representa en un mapa o producto final, se define de acuerdo con la resolución que es registrada por el sensor y de la escala a la que se genere el levantamiento de la información por parte del intérprete (Marquina & Mogollón, 2018).

Validación: Actividad que permite corroborar que los procesos y resultados cumplen con los criterios de calidad definidos (Sistema de Estadística Nacional. (2020, abril)., 2020).

| | |
|--|-----------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos 2018 |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 8 de 117 |

LISTADO DE ACRÓNIMOS

AC: Área de Conservación

ACAHN: Área de Conservación Arenal Huetar Norte

ACAT: Área de Conservación Arenal Tempisque

ACC: Área de Conservación Central

ACG: Área de Conservación Guanacaste

ACLAC: Área de Conservación La Amistad Caribe

ACLAP: Área de Conservación La Amistad Pacífico

ACOSA: Área de Conservación Osa

ACOPAC: Área de Conservación Pacífico Central

ACT: Área de Conservación Tempisque

ACTo: Área de Conservación Tortuguero

CeNAT: Centro Nacional de Alta Tecnología

CENAGRO: Censo Nacional Agropecuario

CENIGA: Centro Nacional de Información Geoambiental del MINAE

CONARE: Consejo Nacional de Rectores

CSRA: Comité Sectorial Regional Agropecuario

CLC-CR: Leyenda Corine Land Cover versión Costa Rica

DRI: Dirección del Registro Inmobiliario

ESA: Agencia Espacial Europea

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

GAM: Gran Área Metropolitana

GEE: Google Earth Engine

GEF: Fondo para el Medio Ambiente Mundial

GPS: Sistema de Posicionamiento Global

IGN: Instituto Geográfico Nacional

INEC: Instituto Nacional de Estadística y Censo

INDER: Instituto de Desarrollo Rural

INH: Inventario Nacional de Humedales

INF: Inventario Nacional Forestal

| | |
|--|-----------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos 2018 |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 9 de 117 |

INTA: Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria

MAG: Ministerio de Agricultura y Ganadería

MEIC: Ministerio de Economía, Industria y Comercio

MIDEPLAN: Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica

MINAE: Ministerio de Ambiente y Energía

MOCUPP: Monitoreo de Cambio de Uso en Paisajes Productivos

NASA: Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio

PNUD: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

PROCOMER: Promotora de Comercio Exterior de Costa Rica

PPP: Paisaje Productivo de Pastos

REDD: reducción de emisiones por deforestación y degradación de los bosques

RPC: Región Pacífico Central

RHN: Región Huetar Norte

RHA: Región Huetar Atlántica

SIG: Sistema de Información Geográfica

SINAMOCUTE: Sistema Nacional de Monitoreo de la Dinámica de Uso de la Tierra

SIMOCUTE: Sistema de Monitoreo de Cobertura y Uso de la Tierra y Ecosistemas

SINAC: Sistema Nacional de Áreas de Conservación

SINAMEC: Sistema Nacional de Métrica de Cambio Climático

RC: Región Central

RCh: Región Chorotega

RB: Región Brunca

SNIT: Sistema Nacional de Información Territorial.

SNAP: Plataforma de aplicación Sentinel

SINIA: Sistema Nacional de Información Ambiental

| | |
|---|-----------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos 2018 |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 10 de 117 |

I. RESUMEN

El Monitoreo de Cambio de Uso en los Paisajes Productivos en Costa Rica (MOCUPP), es una herramienta de gestión del territorio que desde el 2015 desarrolla los estudios de líneas base para los paisajes productivos de piña, palma aceitera y pastos; así como, sus actualizaciones anuales para determinar el aumento o disminución en las hectáreas de la superficie ocupada por estos, dentro del territorio nacional. Así mismo, el MOCUPP por medio de estudios de análisis de cambio determina los niveles de pérdida, de ganancia o de no cambio de la cobertura arbórea asociada a estos paisajes productivos. Durante el 2018 se inició un estudio piloto para determinar la metodología de trabajo para levantar de manera digital y a bajo costo el paisaje productivo de pastos; a partir de este estudio, se sientan las bases para el desarrollo de la información cartográfica de este paisaje para el año 2018. Para lo cual, se utilizaron imágenes satelitales del sensor Sentinel-2 para todo el año 2018, estas imágenes fueron descargadas y unidas por medio del programa SNAP, utilizando las bandas 2, 3, 4 y 8 a 10 metros de resolución espacial. A partir de un trabajo de selección de las mejores escenas, se elaboró un mosaico digital de imágenes dividido por áreas de conservación; posterior a ello, por medio del programa Berkeley Image Seg se elaboraron segmentos del mosaico de imágenes utilizando los parámetros de 100_0,6_0,2 de umbral, forma y compacidad, respectivamente. Para la clasificación y codificación de los segmentos se creó una leyenda de cinco clases a partir del programa Land Cover Classification System, versión 3 (Food and Agriculture Organization [FAO], 2016); esta leyenda fue implementada en el complemento LCCS3 Basic Coder utilizando el programa QGIS. En una primera etapa de revisión se validaron estas clases utilizando un 95% de confianza y un error aceptado de 10%. Posterior a ello, se corrigieron los errores por omisión o comisión encontrados en el paisaje productivo de pastos, la cual es validada nuevamente aceptando un 90% de confianza y un error de 10%, los errores encontrados fueron corregidos. Finalmente se realizó una unión de todas las áreas de conservación procesadas y se corrigieron todos los errores topológicos en la capa, esta nueva capa contiene revisión de detalles topológicos, comentarios asociados a la presencia de humedales dentro de los polígonos o áreas con características similares a un humedal. La capa total del paisaje productivo de pastos generada cubre una superficie de 1.015.155,26 hectáreas lo que equivale a un 19,84 % del territorio costarricense y es aceptada con un 90% de exactitud y un estadístico kappa de 0,8.

Palabras clave: MOCUPP, PRIAS, Paisajes Productivos, Paisaje Productivo de Pastos, Pastos, Pastos Costa Rica, Pastos 2018

| | |
|---|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 11 de 117 |

II. INTRODUCCIÓN

2.1 Antecedentes

Actualmente, se evidencia la importancia de evaluar eficientemente el uso del suelo, con el objetivo de facilitar la gestión, coordinación, planificación y gobernanza de los ecosistemas de cada país. En el caso de Costa Rica, existen diferentes instituciones dedicadas a generar información en materia agroambiental, no obstante, los estudios efectuados se han realizado de forma independiente (Centro Nacional de Información Geoambiental [CENIGA], 2020).

El Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), es una de las instituciones que ha impulsado el desarrollo cartográfico del país, con información actualizada y de fácil acceso, como ejemplo de ello, se puede mencionar el proyecto Inventario Nacional Forestal (INF) 2013-2014. El objetivo de dicho estudio fue implementar una base de datos para monitorear, reportar y verificar la estrategia de reducción de emisiones por deforestación y degradación de los bosques (REDD) planteada para Costa Rica; además, generar información de calidad para los diferentes sectores forestales enfocado en la búsqueda del manejo y conservación de los recursos en el país (Sistema Nacional de Áreas de Conservación [SINAC], 2015).

Por su parte, el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) en el año 2014 inició las gestiones para consolidar el Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA), como medio oficial para el ordenamiento de la información originada por las instituciones públicas en coordinación con el Centro Nacional de Información Geoambiental (CENIGA). Posteriormente, se crearon el Sistema Nacional de Monitoreo de la Dinámica de Uso de la Tierra (SINAMOCUTE); actualmente Sistema Nacional de Monitoreo de Cobertura y Uso de la Tierra y Ecosistemas (SIMOCUTE), el Sistema Nacional de Métrica de Cambio Climático (SINAMECC) y el Monitoreo de Cambio de Uso de Paisajes Productivos (MOCUPP) (Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], 2015).

| | |
|---|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 12 de 117 |

Por otro lado, debido a que el país no contaba con cartografía actualizada sobre el uso del suelo, el Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA); en el año 2015, propuso el desarrollo de una leyenda Corine Land Cover para Costa Rica (CLC-CR) basada en la metodología establecida en Colombia. Esta leyenda fue validada y adaptada en diferentes talleres con la participación de profesionales de diversas disciplinas y 40 instituciones del sector agrícola y ambiental (Rosales, 2015).

Así mismo, el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) ha buscado apoyar estas iniciativas nacionales bajo la consolidación del MOCUPP, el cual se enfoca en el manejo sostenible de las áreas dedicadas al cultivo de materias primas agrícolas orientadas al comercio local y a la exportación. Para ello, emplea una estrategia que articula y optimiza las capacidades técnicas de tres instituciones gubernamentales, las cuales son el Instituto Geográfico Nacional (IGN) por medio del Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT), la Dirección de Registro Inmobiliario (DRI-Catastro) y el Laboratorio PRIAS del Centro Nacional de Alta Tecnología (CeNAT) (Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], 2015) .

Además, el MOCUPP es una herramienta que ha reforzado y agilizado el trabajo de dichas entidades, contribuyendo al fortalecimiento en la toma de decisiones mediante la generación de capas anuales de paisajes productivos a nivel nacional; así como, las capas de análisis de cambios relacionados con la pérdida, la ganancia o el no cambio de la cobertura arbórea asociada al paisaje productivo. Las cuales son publicadas en el SNIT para facilitar el acceso a la información (Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], 2015).



| | |
|---|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 13 de 117 |

En el año 2016, el MINAE realizó la solicitud al PNUD de plantear el proyecto “Conservación de la biodiversidad a través del manejo sostenible en paisajes productivos en Costa Rica”, con el objetivo de conseguir financiamiento a través del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés), el cual fue obtenido con éxito ese mismo año. El programa de “Green Commodities” del PNUD optó por monitorear los paisajes productivos de piña, palma aceitera y pastos debido a que históricamente han representado una influencia directa sobre la conversión de cobertura arbórea a otros usos, además de la extensión que ocupan en el territorio y la magnitud que representan en la exportación a nivel nacional (Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], 2015).

Uno de los paisajes productivos que representa más extensión del territorio costarricense con área de ocupación, lo conforma los pastos para ganadería; considerados como la actividad humana de mayor extensión territorial sobre la superficie de la tierra. En el ámbito social y político, la actividad ganadera es importante debido a la generación de empleos, siendo un medio de subsistencia para muchas personas en el mundo (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2009). Por otro lado, el sector ganadero ha sido señalado por tener efectos adversos en el ámbito ambiental, haciendo necesario que se generen políticas ambientales de acuerdo con la realidad del paisaje productivo (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2009).

Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2015), en Costa Rica se estima que alrededor de 2.406.418,4 hectáreas (ha) están dedicadas a la producción agropecuaria y 1.044.909,6 ha corresponden al pastoreo; lo que equivale a un 43,4% del total de la superficie productiva. Los datos fueron obtenidos en el año 2014, cuando se realizó el VI Censo Nacional Agropecuario (CENAGRO), con el objetivo de reunir, procesar y difundir datos sobre la estructura de los diferentes paisajes productivos del país.

| | |
|---|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 14 de 117 |

En el año 2018, el Laboratorio PRIAS realizó un estudio piloto para proponer la metodología de monitoreo del paisaje productivo de pastos hasta un 30% de cobertura arbórea, el cual fue conducido en los cantones de Buenos Aires, Pérez Zeledón y Coto Brus dentro del Área de Conservación La Amistad-Pacífico (ACLA-P) la cual es parte del estudio de campo del proyecto Paisajes Productivos del PNUD. En ese mismo año se comenzó con el trabajo de campo y en el año 2019, con el procesamiento de la información (Aguilar, Blanco, Calvo, Vargas, & Vargas, 2019).

Los resultados finales fueron divulgados en febrero de 2020 en el taller "Socialización de los resultados del monitoreo del cambio de uso del suelo en los paisajes productivos (MOCUPP) de piña, pastos sin árboles y palma aceitera, correspondientes al año 2018". La capa vectorial clasificada y validada dio como resultado un total de 111.503,6 hectáreas de pastos menor al 30% de cobertura arbórea a lo largo de los cantones Buenos Aires, Pérez Zeledón, Coto Brus (Aguilar, et al., 2020).

Basado en lo anterior, el MOCUPP ha sido una herramienta que ha ido en crecimiento, tanto en el desarrollo de nuevos productos cartográficos; así como, en la generación de alianzas interinstitucionales, formación de equipo profesional capacitado y aplicación de tecnologías de punta, además de estar siempre de la mano con la aplicación de las normas nacionales e internacionales para la publicación y gestión de los datos. Así mismo, MOCUPP ha logrado la implementación de tecnologías de teledetección de bajo costo por medio de la aplicación de herramientas, técnicas y métodos con rigurosidad científica que han permitido obtener resultados de alta confiabilidad, convirtiendo a la herramienta en un sistema innovador de gestión territorial y en un puente de conocimiento para replicar en otros países.

| | |
|---|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 15 de 117 |

2.2 Uso de tecnologías de teledetección para el monitoreo de paisajes productivos

La teledetección consiste en un sistema de adquisición de datos a distancia desde sensores remotos, basado en las propiedades de la radiación electromagnética y en su interacción con los materiales de la superficie terrestre (Chuvienco, 2008) ; la misma permite adquirir información de forma ágil y rápida, siendo de gran utilidad para investigadores o usuarios, que posteriormente pueden procesarla o utilizarla según sus objetivos (Sacristán, 2006).

Los inicios de la teledetección se dieron en el siglo XIX, cuando el francés Gaspar Félix obtuvo las primeras imágenes aéreas, al utilizar un globo sobre el bosque de Boulogne y el Arco del Triunfo (Chuvienco, 2008) (National Aeronautics and Space Administration, (NASA), 2005a). Posteriormente, con el inicio de la Segunda Guerra Mundial se empiezan a desarrollar cámaras de reconocimiento y la ampliación de nuevos sensores más estables (Vargas C. , 2017). Al conocer los alcances y la visión de desarrollar tareas más complejas, después de la llamada Guerra Fría se da el lanzamiento del satélite soviético Sputnik, seguido de Tyros de la NASA y posteriormente el ERTS, también de la NASA, más conocido como Landsat (Chuvienco, 2008) (National Aeronautics and Space Administration (NASA), 2005b).

La Agencia Espacial Europea (ESA, por sus siglas en inglés) cuenta con el desarrollo de las misiones Sentinel para la operación del programa Copérnico, cada misión Sentinel cuenta con dos satélites que permiten el cumplimiento de los parámetros requeridos para revisar, capturar y proporcionar datos sólidos de las coberturas presentes en la tierra (European Space Agency (ESA), 2018). En específico, la misión Sentinel-2 (S2) de la ESA permite obtener imágenes de alta resolución multiespectral para el monitoreo de la tierra proporcionando información de la cubierta del suelo y el agua, vegetación, vías navegables interiores y áreas costeras (European Space Agency (ESA), 2018).

| | |
|---|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 16 de 117 |

El primer satélite de la misión S2 se encuentra en órbita desde el 23 de junio del 2015 y el segundo fue lanzado el 07 de marzo de 2017, es importante destacar que cada plataforma cuenta con un sensor de tipo “Multi-espectral Image” con 13 bandas espectrales que van desde en rango de lo visible hasta el infrarrojo de onda corta; además, proporciona una resolución espacial de las imágenes de 10, 20 y 60 metros (Weng, 2011).

Dada la importancia de esta tecnología, actualmente se realizan múltiples estudios que datan la trascendencia y eficacia de la información generada por estas herramientas geo-espaciales (Jensen, 2014). Estos estudios no son recientes, han sido investigados a través del tiempo y su uso ha sido aplicado a nivel mundial (Avogadro & Padró, 2019). Por ejemplo, los elementos propios de la teledetección proporcionan datos de gran relevancia, que determinan los tipos de cobertura presentes en la tierra y los eventuales cambios que se producen en la superficie terrestre en determinados lapsos de tiempo (Sacristán, 2006) , siendo una herramienta muy utilizada para resolver problemáticas a nivel mundial como la deforestación y el cambio climático.

Dentro de los principales ámbitos de aplicación de la teledetección destacan el cambio climático, la meteorología, la agricultura, los incendios forestales, la geología, la oceanografía, las aguas continentales, la fotogrametría, la cartografía, el procesamiento y análisis de imágenes, entre otros (Ruis, Estornell, & Erena, 2017). La misma, ha sido utilizada para proporcionar información sobre la comparación de métodos y algoritmos para el procesamiento y análisis de imágenes, así como el análisis del medio ambiente relacionado con el estudio del aire, agua y suelo; además es un sistema útil para la detección de cambios en el uso del suelo y la cobertura (Chuvieco, 2008) (Weng, 2011).

| | |
|---|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 17 de 117 |

Por otra parte, en el ámbito de la investigación es necesaria la actualización de herramientas que automaticen el procesamiento de imágenes satelitales; la segmentación de imágenes es una herramienta que permite contemplar la agrupación de píxeles cercanos con semejanza o similitud en sus características espectrales; lo cual aumenta la homogeneidad del paisaje y disminuye su respectiva heterogeneidad (Benarchid, Raissouni, Sobrino, & El Ayyan, 2015). Una de las principales ventajas del uso de la segmentación es mejorar la combinación de píxeles (efecto sal pimienta) que se genera al realizar una clasificación supervisada y no supervisada (Xie, Roberts, & Johnson, 2008).

Un complemento importante para desarrollar la segmentación, es el uso de la fotointerpretación de imágenes, dado que esta representa una serie de técnicas visuales para el análisis de una imagen, en donde a través de la observación de objetos, se puede extraer la información captada por el sensor (textura, forma, disposición, color, dimensiones, ubicación, entre otros) y con ello asignarle un código o clase a la cobertura analizada visualmente por el foto-intérprete (Avogadro & Padró, 2019). Asimismo, la información generada a partir de la clasificación de las imágenes no está exenta de errores, toda base de datos de información geográfica presenta un grado de incertidumbre que está en función de la metodología empleada para su elaboración y de la calidad de los insumos (François, Reyes, & Pérez, 2003).

El éxito de la clasificación se puede verificar por medio de una matriz de confusión, la cual examina la exactitud global e individual de las clases de usos y coberturas clasificadas, en comparación con las regiones de interés seleccionadas sistemática o aleatoriamente por el validador (Bermúdez, 2018). Esto permite a los usuarios tener confianza para replicar la metodología empleada y hacer uso de la información.



| | |
|---|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 18 de 117 |

Por ejemplo, en un estudio realizado en el Área de Conservación Guanacaste para la clasificación de coberturas de la tierra en el bosque seco tropical, se evaluaron distintos sistemas de clasificación supervisada, al realizar la validación de los métodos se logró determinar que al aplicar un sistema multi-algoritmo se da una mejora en la clasificación de las imágenes proporcionando información con mayor exactitud y donde se nota la disminución de errores en la clasificación (Vargas & Campos, 2018). Asimismo, en un estudio realizado para determinar el cambio de uso de la tierra y la fragmentación de zonas boscosas en el Corredor Biológico Lago Arenal Tenorio, a partir del proceso de validación del área clasificada se obtuvieron los valores de exactitud, dichos valores permiten concluir que, de acuerdo al nivel de confiabilidad propuesto para el estudio, los datos de la clasificación son fiables y presentan concordancia con la realidad (Bermúdez, 2018).

Por lo mencionado, la validación y verificación de los resultados es de gran importancia estadística, ya que aporta transparencia y certidumbre de la información publicada a partir de los estudios relacionados con la generación de datos cuantitativos de cartografía (Emanuelli, Duarte, Milla, Orellana, & López, 2016).

2.3 Justificación

Dada la importancia de realizar la actividad de pastoreo de una forma sostenible y que sea posible frenar los efectos de la degradación y deforestación sobre las áreas propensas a ello (Food and Agriculture Organization (FAO),s.f), es necesario contar con tecnologías de monitoreo espacial y temporal que permitan identificar cambios en el paisaje y realizar análisis de la pérdida, la ganancia o la permanencia de la cobertura arbórea a través de los años.



| | |
|--|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 19 de 117 |

La información planteada en este estudio genera datos gratuitos y de libre acceso para los productores, que permite demostrar cuales fincas mantienen o aumentan la cobertura arbórea y puedan optar por alguna modalidad de Pagos por Servicios Ambientales (PSA); además, certificar ante mercados nacionales e internacionales que el producto que adquieren es sostenible, mediante la preservación de la biodiversidad, la belleza escénica, la conservación del recurso hídrico y la captura de dióxido de carbono. Por otra parte, favorece la planificación de las fincas, al permitir el aprovechamiento óptimo del espacio físico y la diversificación de la producción.

En el país, existen instituciones gubernamentales como el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) que realizan esfuerzos en el ámbito ambiental, ejemplo de ello, es la Estrategia de Ganadería Baja en Carbono en Costa Rica. La cual tiene como meta lograr la sostenibilidad y la reducción de emisiones, mientras se continúa con dicho sector de la economía costarricense tomando acciones hacia la descarbonización de actividades económicas (Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), 2015).

Dicha estrategia fomenta la utilización de prácticas sostenibles dentro de las fincas, incentivando la presencia del componente arbóreo en el paisaje productivo de pastos, ya que proporciona material para crear cercas, y representa un ahorro económico para los dueños de los terrenos por el aprovechamiento de madera; además de frutos, suministro de forrajes y leña. Es importante no dejar de lado el valor ecológico que provee, ya que contribuye con la protección de la vida silvestre, cuencas hidrográficas, el suelo y favorece la calidad del aire (Sibelet, Chamayou, Newing, & Gutierrez, 2017).

| | |
|--|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 20 de 117 |

La información recopilada en este proyecto es un insumo base que puede favorecer el trabajo de instituciones que buscan promover la carbono neutralidad, sostenibilidad en prácticas productivas en el país, entre otros. Por ello, el presente estudio tuvo como objetivo principal la identificación; de manera digital y a bajo costo, del área total del paisaje productivo de pastos hasta un 70% de cobertura arbórea para el año 2018. Se espera realizar la actualización de esta información para el año 2019 y posterior a ello realizar un estudio de análisis de cambios en la cobertura arbórea asociado a dicho paisaje.



III. METODOLOGÍA

3.1 Diagrama de flujo del proceso metodológico

La fase piloto del proyecto llevada a cabo durante los años 2018-2019 permitió establecer y evaluar la metodología más adecuada para la identificación del paisaje productivo de pastos en Costa Rica. En la Figura 1 se muestran los resultados del flujo de trabajo para la elaboración de la capa del paisaje productivo de pastos 2018.

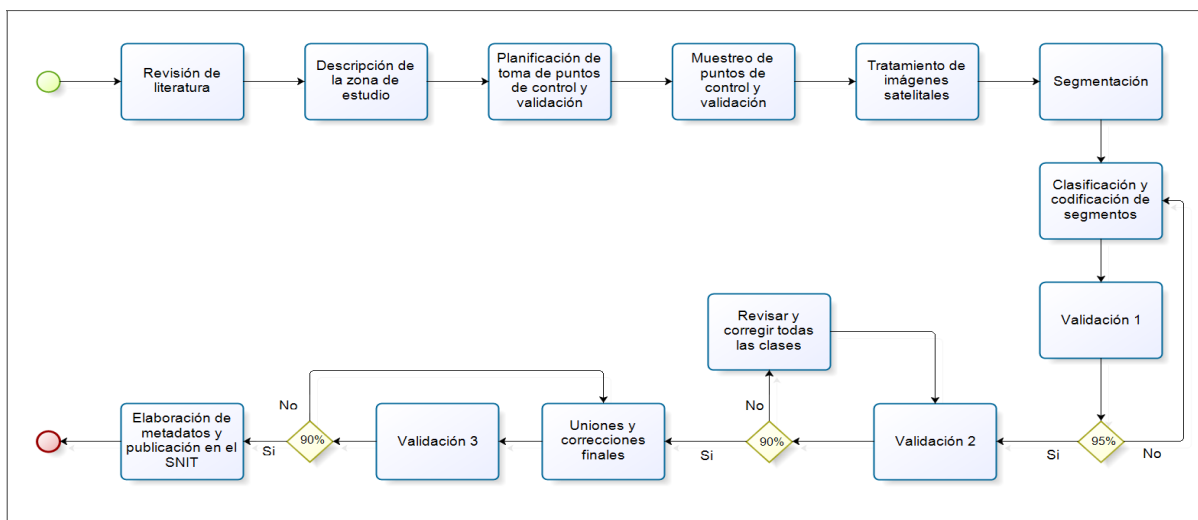


Figura 1. Flujograma de la metodología de trabajo para la elaboración de la capa del paisaje productivo de pastos de Costa Rica en el marco del proyecto MOCUPP. Fuente: Laboratorio PRIAS

| | |
|---|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 22 de 117 |

3.2 Descripción de la zona de estudio

Cabe señalar que las etapas de planificación y toma de puntos de campo, y el procesamiento de la información en la etapa de clasificación y codificación de segmentos se realizaron a partir de las Áreas de Conservación, establecidas por el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC); por otro lado, el trabajo de análisis de los datos se trabajó por cantones según la capa oficial disponible en el SNIT y por regiones según los datos de MIDEPLAN con el objetivo de maximizar el aprovechamiento de la información publicada por diferentes organizaciones y de estandarizar la información generada dentro de los paisajes productivos del MOCUPP.

De acuerdo con la división regional del territorio de Costa Rica, dada mediante los decretos ejecutivos N° 9501-POP del 11 de enero de 1979 y N° 10653-P-OP del 5 de octubre de 1979, el país está conformado por seis regiones socioeconómicas: Región Central, Región Chorotega, Región Pacífico Central, Región Brunca, Región Huetar Caribe y Región Huetar Norte, de esta forma con el objetivo de alcanzar un mejor desarrollo económico y social (Poder Ejecutivo, 1985).

3.2.1 Región Central (RC)

La Región Central, como su nombre lo indica, se localiza en la parte central del país, limita al norte con la región Huetar Norte, al este y noreste con la región Huetar Caribe, al sur con la región Brunca y al suroeste con la región Pacífico Central (Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN), 2017). Esta región comprende más de la mitad de los cantones del país, se subdivide en 45 cantones los cuales pertenecen a las provincias de Cartago, Heredia, San José (excepto el cantón de Pérez Zeledón) y Alajuela (excepto Orotina, Río Cuarto, San Mateo, San Carlos, Upala, Los Chiles y Guatuso, asimismo, se excluyen los distritos de Sarapiquí y Peñas Blancas) (Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN), 2006).

| | |
|--|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 23 de 117 |

Entre las principales actividades económicas, en la producción agropecuaria destaca el cultivo de café, caña de azúcar, plantas ornamentales, fresas, flores, chayotes, papas, cebollas, entre otros, asimismo sobresale la ganadería de leche. Las actividades económicas se relacionan principalmente con el comercio, la venta de servicios, turismo, tecnologías de información e industria manufacturera (textiles, artículos varios, químicos, industrias electrónicas, metalúrgicas y alimentarias) (Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN), 2006).

3.2.2 Región Pacífico Central (RPC)

La región limita al norte con los cantones de Puriscal, Tarrazú, Acosta, Turubares de la provincia de San José, de la provincia de Alajuela con el cantón de San Ramón y con Abangares de la provincia de Guanacaste. Al este limita con los cantones de Pérez Zeledón, Dota y Turubares de la provincia de San José y con el cantón de Osa de la provincia de Puntarenas (Araya, 2015).

La Región Pacífico Central se localiza al centro Oeste de la costa Pacífico. Su división territorial se encuentra conformada por ocho cantones: San Mateo y Orotina de la provincia de Alajuela; Esparza, Quepos, Parrita, Garabito y Montes de Oro de la Provincia de Puntarenas (Araya, 2015).

Es la región más pequeña del país, cuenta con una extensión de 3.910,58 km², que equivalen a 390.272,24 ha y posee un total de 243.295 habitantes (Promotora de Comercio Exterior de Costa Rica (PROCOMER), 2020).

Las principales actividades económicas son las agropecuarias y forestales. En el sector agropecuario se destaca la palma aceitera, el arroz, la caña, la apicultura, el ganado de carne y de leche. Además, se estiman 65.030 ha dedicadas a la actividad forestal y 119.531 ha destinadas a la conservación (Araya, 2015).

| | |
|---|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 24 de 117 |

La actividad ganadera se caracteriza por generar fuentes de trabajo, alrededor de 3.932 empleos directos que van de la mano con la fabricación de quesos, el transporte y las subastas. Así como más de 350 empleos derivados de la comercialización de carne y ventas de insumos pecuarios (Barrantes & Jiménez, 2007).

3.2.3 Región Brunca (RB)

La Región Brunca se localiza al sureste del país, limita con las siguientes provincias: Cartago con los cantones de Paraíso, Turrialba, al noreste con Limón, específicamente el cantón de Talamanca, al noroeste con los cantones de Dota y Tarrazú de la provincia de San José, al suroeste con el cantón de Aguirre de Puntarenas, al sureste con Panamá y al sur con el Océano Pacífico (Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN), 2006).

Esta región la conforman seis cantones: Osa, Buenos Aires, Coto Brus, Corredores, Golfito de la provincia de Puntarenas y Pérez Zeledón de la provincia de San José. Tiene una extensión de 9.528,44 km², que representa un 18,6% del territorio nacional y posee aproximadamente 334.621 habitantes (Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN), 2006).

Entre las principales actividades económicas de la región destaca la producción agropecuaria de cultivos como el café, frijol, raíces y tubérculos, maíz, rambután, mora, piña, hortalizas, plátano, arroz, caña de azúcar y palma aceitera, asimismo, se desarrolla la actividad ganadera, pesquera y acuicultura (Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN), 2017).



| | |
|--|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 25 de 117 |

3.2.4 Región Huetar Caribe (RHC)

La región Huetar Caribe, tiene una extensión de 9.188,52 km², se localiza en la parte oriental del país y abarca toda la provincia de Limón. Limita al norte con Nicaragua, al sureste con Panamá, al sur con la Cordillera de Talamanca de la provincia de Puntarenas, al oeste con Heredia y Cartago y al este con el Mar Caribe. Dentro de la región se encuentran los cantones de Talamanca, Pococí, Limón, Siquirres, Matina y Guácimo. (Mora, 2020).

La actividad económica de la región se basa en el comercio, la prestación de servicios, en la actividad ganadera y en el cultivo de banano, piña, plátano y cacao; en el ámbito económico también se caracteriza por ser el principal punto de acceso al país desde el mar Caribe, lo cual permite el desarrollo portuario del sector transporte y comunicaciones (Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN), 2017).

3.2.5 Región Huetar Norte (RHN)

La Región Huetar Norte limita al norte con Nicaragua, al sur con la región Central, al este con la región Huetar Atlántica y al oeste con la región Chorotega. La conforman el cantón de Sarapiquí de la provincia de Heredia, los cantones de San Carlos, Los Chiles, Guatuso, Río Cuarto, Upala, además de los distritos del cantón de Grecia, Sarapiquí del cantón de Alajuela y Peñas Blancas del cantón de San Ramón; de la provincia de Alajuela. Tiene una extensión de 9.803,4 km² y un total de 304.088 habitantes de acuerdo con el censo de población 2011 (Ministerio de Economía, Industria y Comercio (MEIC), 2013).

La Región Huetar Norte, es una de las regiones con menor desarrollo económico y social, dentro de las principales actividades económicas se encuentra la agricultura, la ganadería y la pesca (Ministerio de Economía, Industria y Comercio (MEIC), 2013).

| | |
|---|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 26 de 117 |

3.2.6 Región Chorotega (RC)

La Región Chorotega se ubica al norte del país, limita al norte con Nicaragua, al sur con la Región Pacífico Central y el Océano Pacífico, al Oeste con la Región Huetar Norte y al este con el Océano Pacífico. Se encuentra dividida en once cantones: Liberia, Bagaces, Abangares, Tilarán, Cañas, Santa Cruz, Carrillo, Nandayure, Hojanca, Nicoya y La Cruz. Tiene una extensión de 10.140 km² y un total de 326.953 habitantes (Comité Sectorial Regional Agropecuario (CSRA), 2017).

El potencial económico de la región se caracteriza por la ganadería y la agricultura, en los que destaca el cultivo de granos básicos como el arroz, maíz y frijol. También el turismo es una de las principales actividades económicas, que ha permitido un mejor desarrollo en la región (Comité Sectorial Regional Agropecuario (CSRA), 2017).



| | |
|---|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 27 de 117 |

3.3 Planificación de toma de puntos de control y validación

La recolección de puntos de control en campo es una fase de suma importancia para el proyecto, ya que permite tener información real del terreno. Especialmente, del paisaje productivo de pastos y otros usos que pueden mostrar comportamientos espectrales similares que tiendan a confundirse con el mismo.

A partir de esta información se facilita la interpretación de las imágenes satelitales Sentinel-2 durante el proceso de clasificación y codificación de segmentos. Es por ello por lo que se planteó una serie de pasos necesarios en la planificación previa de las giras de campo, los cuales se detallan a continuación.

3.3.1 Definición del tamaño de la muestra

La cantidad de puntos a recolectar en las giras de campo debe ser una muestra representativa de la zona de estudio, tomando en cuenta los parámetros de interés a desarrollar en el proyecto.

De acuerdo con Chuvieco (2010), para una imagen clasificada en donde la variable es categórica y no cuantitativa, se recomienda utilizar una distribución binomial de probabilidad. Por esto, para el cálculo de la cantidad mínima de puntos a recolectar en campo se utilizó la fórmula que se utiliza para establecer el tamaño de la muestra para los procesos de validación, con ello se estima un valor de puntos necesarios a recolectar en campo y basado en el criterio experto de los investigadores del Laboratorio PRIAS, se duplica esta cantidad para contar con una cantidad de puntos para ser utilizados en el proceso de clasificación y otra cantidad para el proceso de validación; así mismo, maximizar el aprovechamiento de las giras de campo (Aguilar, et al., 2019).



| | |
|---|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 28 de 117 |

La fórmula está dada por:

Fórmula 1:
$$n = \frac{z^2 pq}{L^2} * 2$$

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)*100)

L: El nivel permitido de errores

El cálculo del tamaño de la muestra se realizó para cada Área de Conservación (AC), donde la variable **z** corresponde a un valor de 1,96 definido a un 95% de probabilidad. Para el caso de **p** y **q** los valores dependen de la cantidad de pastos presentes en cada AC, la cual se obtuvo a partir de una estimación de datos presentes en el CENAGRO 2014 (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), 2015). Por último, **L** se definió con un error permitido de un 5%. En el Cuadro 1 se muestra la cantidad estimada de pastos (en hectáreas y porcentaje), el tamaño de la muestra y el total de puntos para cada AC.



Cuadro 1. Cálculo del tamaño de la muestra de pastos para cada Área de Conservación, proyecto MOCUPP, paisaje productivo de pastos de Costa Rica.

| Área de Conservación | Hectáreas | Porcentaje de hectáreas (%) | Tamaño de la muestra (n) | Total de puntos |
|----------------------|----------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------|
| ACLAP | 60 000 | 18,46 | 231 | 463 |
| ACAHN | 60 000 | 18,46 | 231 | 463 |
| ACAT | 50 000 | 15,38 | 200 | 400 |
| ACC | 5 000 | 1,54 | 23 | 47 |
| ACG | 30 000 | 9,23 | 129 | 258 |
| ACLAC | 5 000 | 1,54 | 23 | 47 |
| ACOSA | 5 000 | 1,54 | 23 | 47 |
| ACOPAC | 20 000 | 6,15 | 89 | 178 |
| ACT | 50 000 | 15,38 | 200 | 400 |
| ACTo | 40 000 | 12,31 | 166 | 332 |
| Total | 325 000 | 100 | 1316 | 2632 |

Fuente: Laboratorio PRIAS.

3.3.2 Diseño de rutas

El área de interés para el monitoreo del paisaje productivo debe ser delimitada, para este caso el establecimiento de la línea base de pastos para Costa Rica surge del estudio piloto (Aguilar, et al., 2020). Una vez definida el área se procede a planificar las rutas para el levantamiento de información de campo, una opción es utilizar la aplicación “Google My Maps” para la creación de las rutas (Figura 2). La plataforma tiene la opción de “Añadir indicaciones”, lo que permite trazar rutas entre dos puntos (uno final y otro inicial), con lo que se pueden agregar tantos puntos como rutas o tramos se desee crear, la utilidad de este es que se genera una ruta previa a la gira que permite en la medida de lo posible abarcar la mayor cantidad de área en la zona de interés (Aguilar, et al., 2019).

| | |
|--|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 30 de 117 |

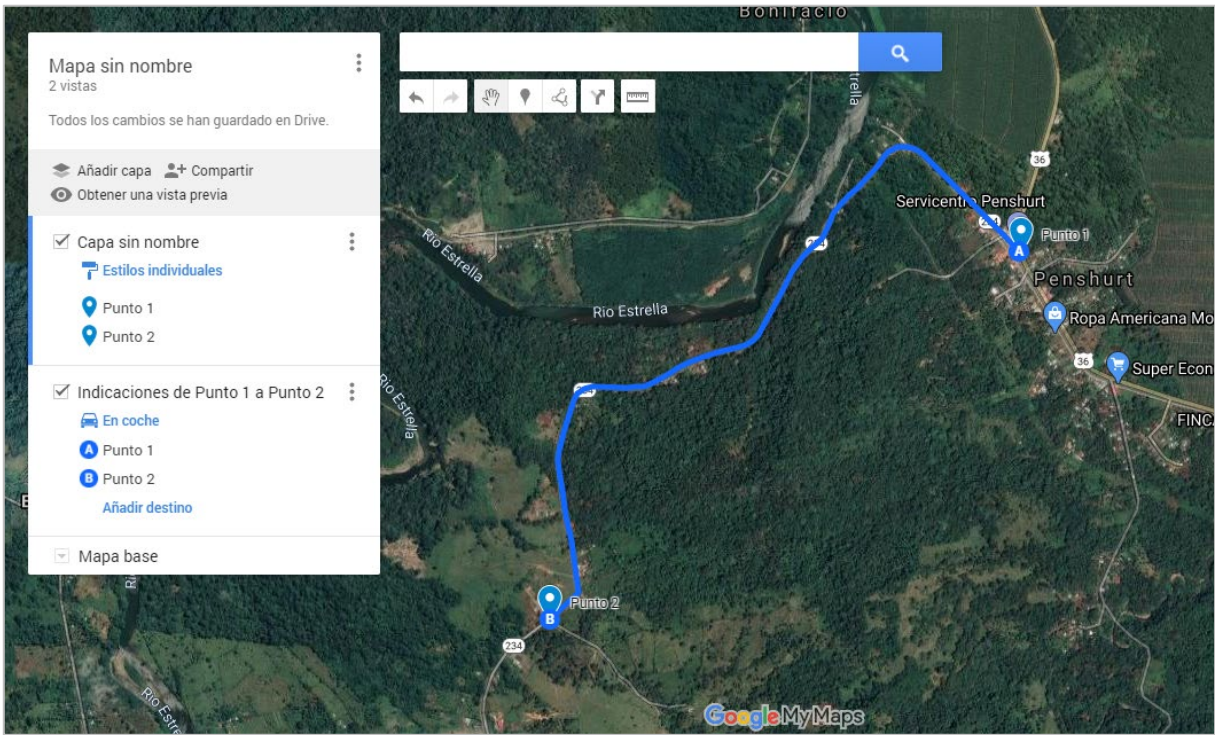


Figura 2. Ventana Google My Maps con un tramo de ruta añadido.

| | |
|--|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 31 de 117 |

3.3.3 Muestreo de puntos de control y validación

La recolección de los puntos en campo se realizó mediante un receptor de señales satelitales llamado Sistema de Posicionamiento Global (GPS, por sus siglas en inglés), permitiendo un error de ± 5 metros (Aguilar, et al., 2019).

En esta fase del proyecto se procedió a recorrer en campo las rutas planificadas, tomando puntos cada dos kilómetros utilizando el odómetro del vehículo. Para la recolección de puntos de control y validación, en el trabajo de campo se utilizó como referencia el camino o la calle tomando un solo punto (denominado punto central), con el GPS y anotando su uso correspondiente en el formulario para datos de campo (Anexo 1). Este punto se clasificó como infraestructura si fue tomado directamente sobre la calle; o bien, si el sitio lo permitía, se ingresó al uso del suelo cercano y se capturó la información observada en el momento (distinto de infraestructura). El resto de los puntos colectados fueron proyectados a partir de este punto central (Aguilar, et al., 2019).

Para tener un orden adecuado en la toma de puntos de campo, se estableció anotar siempre en primer lugar los usos del lado derecho de la calle (según la dirección en la que se recorría la ruta en ese momento). De esta manera, se anotó la información del uso del suelo a los 50, 100 y 150 metros del punto central, a partir de una adaptación del uso del suelo de FAO (Land use/cover classification) (Aguilar, et al., 2019) (FAO, 2012); cada uso tiene asociado un código, por lo que esta información fue la que se registró una vez tomado el punto. Además, se obtuvo el azimut por medio de una brújula y se tomaron fotografías en esta dirección. Al mismo tiempo, esta información también se recolectó para el lado izquierdo de la calle, por lo que los usos correspondían al azimut contrario con una diferencia de 180° (Aguilar, et al., 2019).

En la Figura 3 se ilustra la metodología descrita anteriormente para la obtención de los puntos de muestreo y validación del proyecto.



Figura 3. Metodología para el muestreo de puntos de control y validación, proyecto MOCUPP, paisaje productivo de pastos de Costa Rica. Fuente: Aguilar, et al., 2019

Para las regiones de ACAHN y ACOSA, adicional a la captura de los puntos de GPS, se implementó el uso del drone como un recurso complementario, debido a que son zonas que históricamente presentan más bancos de nubes visibles en las imágenes y que en los procesos de clasificación se convierten en las áreas con más ausencia de información para clasificar. Para ello, se realizaron vuelos fotogramétricos a 120 m de altura, adquiriendo tres fotos oblicuas y una foto perpendicular con vistas a ambos lados de la carretera alineados al borde de la calle. De manera que el punto de partida del vuelo coincide con el punto de muestreo en campo (Aguilar, et al., 2019). Estos datos fueron utilizados posteriormente en la etapa de validación y clasificación de las imágenes satelitales, como insumo adicional.

3.3.4 Procesamiento de datos

Para obtener las coordenadas de cada punto GPS en el sistema de proyección CRTM05, primeramente, se deben copiar los archivos “Waypoints” en formato “gpx” desde la carpeta denominada “GPX” que se ubica dentro de los archivos del receptor GPS a la carpeta de respaldo, luego estos se importan al software QGIS (Figura 4).

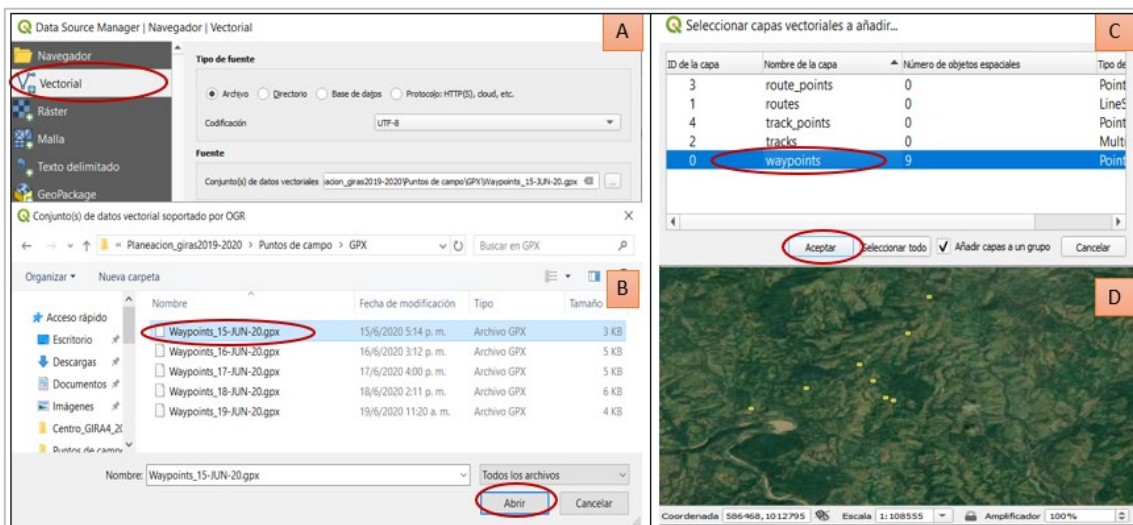


Figura 4. Proceso para importar archivos en formato “gpx” a QGIS. A) Ventana para importar el archivo “gpx”. B) Selección del archivo a importar. C) Selección de capa vectorial. D) Visualización de los puntos GPS en el software QGIS.

Una vez visualizados los puntos en QGIS, se procede a guardar los mismos en formato vectorial tipo “shapefile” (.shp) con sistema de proyección CRTM05 (Figura 5).

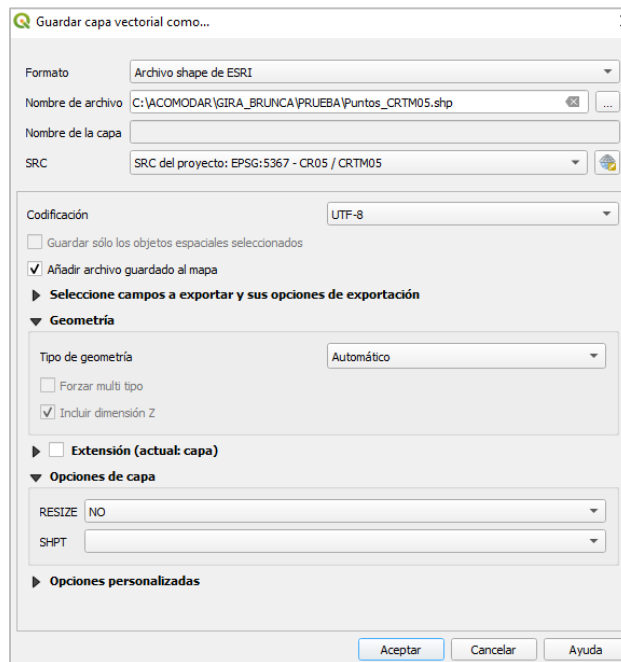


Figura 5. Ventana para exportar puntos en formato “shape” y con sistema de proyección CRTM05.

Cuando la capa se ha guardado se deben calcular las coordenadas en la tabla de atributos para cada punto como se muestra en la Figura 6, utilizando las expresiones “\$X” y “\$Y” según corresponda, si se desea se pueden eliminar de la tabla de atributos aquellas columnas que ya no se necesitarán, posteriormente se abre el archivo en formato “.dbf” para copiar las coordenadas en el formulario donde se digitará la información de campo.

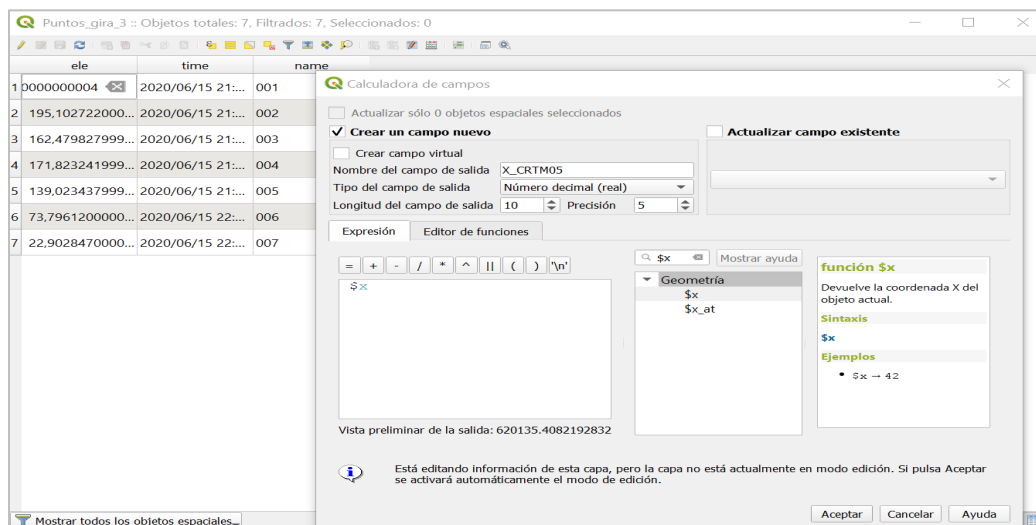


Figura 6. Cálculo de las coordenadas en CRTM05.

Una vez en oficina, se procede a realizar la digitación de los datos de campo (formularios) y a respaldar la información de manera tal que se pueda consultar cuando se considere necesario. Para esto se ha creado una plantilla en Excel que permite una fácil digitación y unificación de la información.

Debido a que en campo únicamente se tomó el punto central con el GPS, es necesario reproyectar los puntos de los usos que se anotaron a los 50, 100 y 150 metros del punto central. Para esto se utilizaron las siguientes fórmulas:

Coordenada X reproyectada:

$$X_{reproyectada} = SEN(a) \times d + X$$

Coordenada Y reproyectada:

$$Y_{reproyectada} = COS(a) \times d + Y$$

Donde:

a: azimut transformado a radianes.

d: la distancia correspondiente a la que se encuentra del punto central ya sea 50, 100 o 150 metros.

X: coordenada geográfica X del punto central.

Y: coordenada geográfica Y del punto central.

Una vez digitados los datos de campo, se procede a guardar el archivo en formato “csv” para ser importado a QGIS.

Para la revisión de los puntos se carga el archivo “csv” a QGIS como se muestra en la Figura 7 .

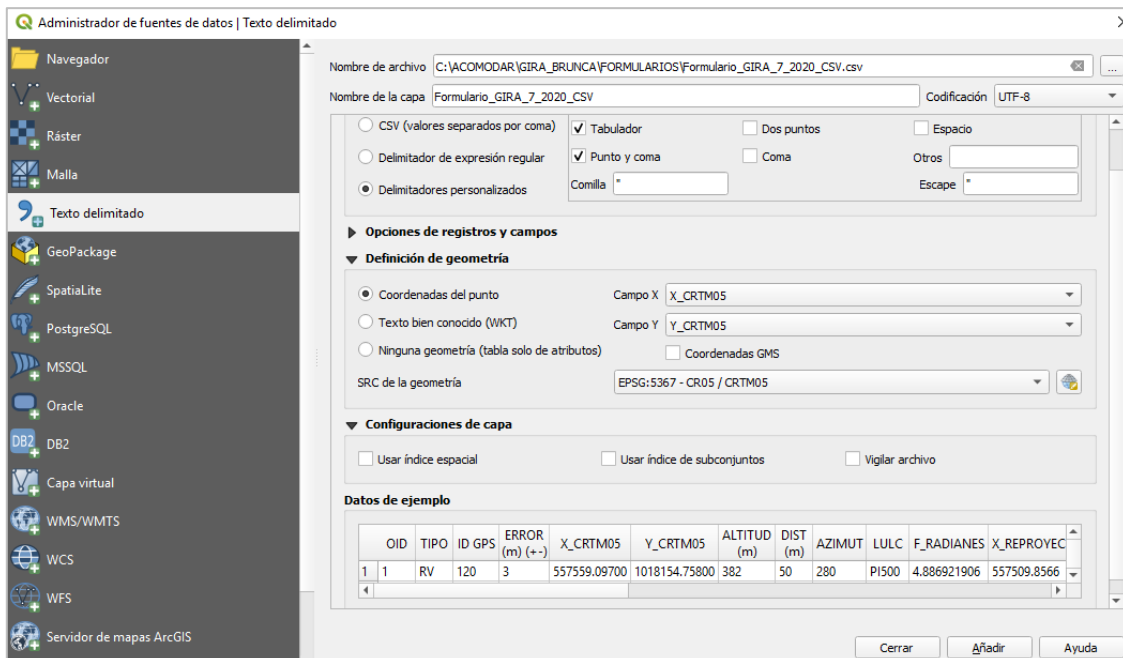


Figura 7. Configuración de la ventana para importar archivos en formato “csv” a QGIS.

| | |
|--|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 37 de 117 |

Una vez cargado el archivo se guarda la capa en formato “shape”, seguidamente se va revisando cada uno de los puntos para verificar y corregir aquellos que no se hayan reprojectado correctamente, ya que en ocasiones se pueden presentar errores que deben ser corregidos en oficina. En total para el año 2018 y 2019 se registraron 16.019 puntos reprojectados para todo el país (Cuadro 2).

Cuadro 2. Total de puntos reprojectados para el procesamiento de la capa del paisaje productivo de pastos 2018.

| Código | Uso | Cantidad de puntos |
|--------------|------------------------|--------------------|
| CF100 | Cobertura arbórea | 4.075 |
| OS200 | Otros usos | 5.980 |
| PS300 | Pastos | 5.954 |
| | Total de puntos | 16.019 |

Fuente: Laboratorio PRIAS

3.4 Tratamiento de imágenes satelitales

Para la elaboración de la capa de pastos del 0 al 70% de cobertura arbórea se realizó un análisis de la disponibilidad de datos para los sensores Landsat 8 y Sentinel 2, de manera que, se seleccionaron y descargaron las mejores imágenes por Área de Conservación. Sin embargo, para todo el proceso de la capa se utilizaron imágenes del sensor Sentinel 2, debido a que tienen una mejor resolución. Es importante destacar que, si para un área en específico se agotan las opciones con Sentinel 2, se puede utilizar como recurso las imágenes Landsat 8.

| | |
|--|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 38 de 117 |

Dichas imágenes requieren de un preprocesamiento para corregir las distorsiones radiométricas, geométricas y atmosféricas. El preprocesamiento para las imágenes Landsat 8, se realiza a través del módulo FLASSH del software ENVI 5.5. Estas 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 (Chuvieco, 2010). Mientras que la corrección atmosférica consiste en eliminar de la imagen los efectos de las condiciones atmosféricas (Chuvieco, 2010).

Para las imágenes del sensor Sentinel 2, el preprocesamiento consistió en la combinación de bandas por medio del programa SNAP. Esta combinación permite obtener un solo archivo con las bandas deseadas y de esta manera procesar la imagen de diferentes formas (como la confección de mosaicos o cortes con un área específica). Para las imágenes del sensor Sentinel 2 se utilizaron las bandas del espectro visible: azul (2), verde (3) y rojo (4), de esta manera es posible ver la imagen en color natural. Además, se incluyó la banda del infrarrojo cercano (8) (Aguilar, et al., 2019).

3.4.1 Descarga de las imágenes

A fin de contar con la información necesaria y adicional para el procesamiento de una misma zona del país se consideró descargar la mejor imagen por mes para el año de estudio, con esto se identificó la cantidad de imágenes necesarias para el proyecto. Para tener un mejor control al momento de descargar y manipular las imágenes se realizó una división del país en cuadrantes, lo cual permite ubicar de manera sencilla la información específica de una zona del país al relacionarla con el cuadrante al que corresponde, en el caso del sensor Sentinel 2 para cubrir todo el país se requieren 16 cuadrantes (Aguilar, et al., 2019).

En la Figura 8, se muestra la distribución de los cuadrantes establecidos en Costa Rica para las imágenes Sentinel 2.



Figura 8. Distribución de los cuadrantes en Costa Rica para las imágenes del sensor Sentinel 2.



| | |
|---|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 40 de 117 |

La descarga de las imágenes utilizadas en el proyecto se realizó desde la plataforma de la ESA para el programa Copérnico (<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>); una vez completado el registro, se procedió a seleccionar las áreas de interés para efectuar la búsqueda y descarga de las mismas. La plataforma tiene una opción llamada “Insert search criteria” que permite al usuario realizar un filtro de acuerdo al orden de búsqueda (“Sort by”), mostrar las imágenes de forma ascendente o descendente (“Order by”), seleccionar la fecha en la que se subió (“Ingestion date”) y se tomó la foto, así como elegir un orden a partir de la cobertura de nubes (“Cloud Coverage”) (Aguilar, Blanco, Calvo, Ortega, & Vargas, 2019).

En el caso de las imágenes Sentinel 2, se seleccionó la opción “Mission: Sentinel 2” (Figura 9) y se visualizaron previamente con la opción “View Product Details”, una vez seleccionada la imagen idónea se procedió a descargarla (“Download Product”) (Aguilar, Blanco, Calvo, Ortega, & Vargas, 2019).



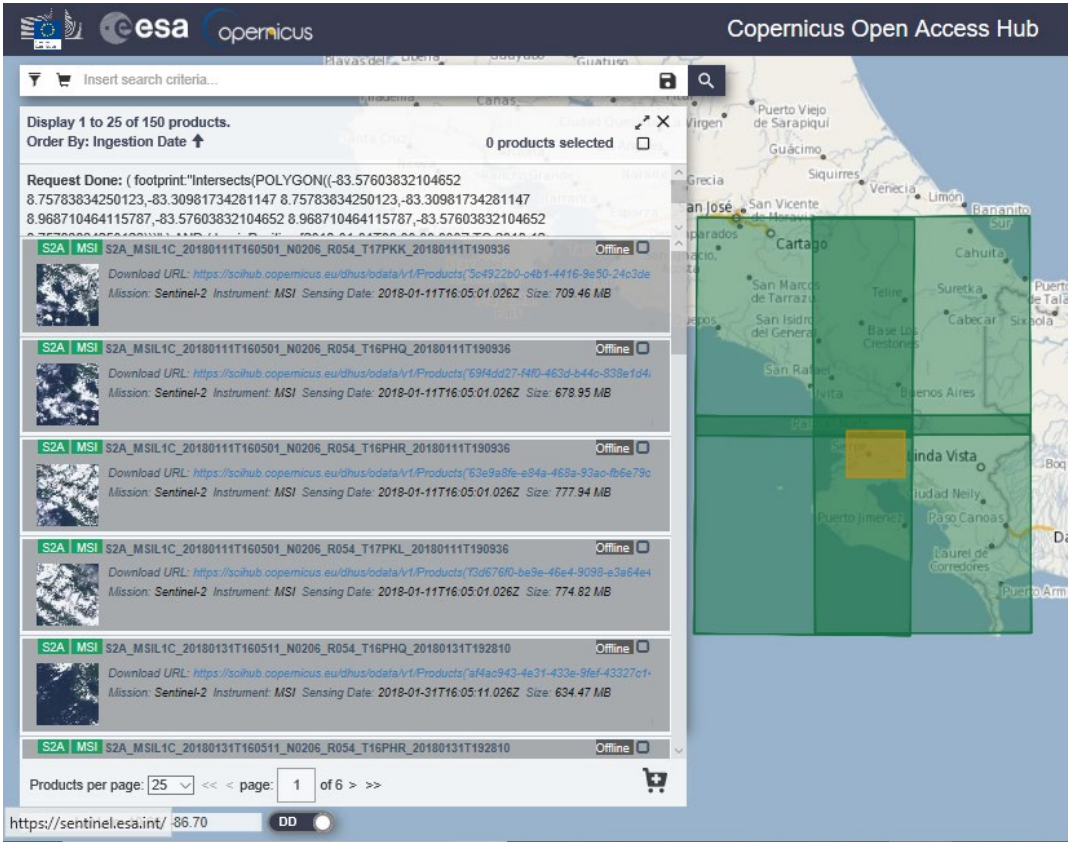


Figura 9. Visualización de las imágenes disponibles para descarga.

3.4.2 Procesamiento de las imágenes satelitales

Para el desarrollo de la capa se descargaron gran cantidad de imágenes, por lo que se desarrolló un script para facilitar el preprocesamiento de estas.

Con el programa ArcGIS 10.6.1, se generó un recorte para cada Área de Conservación a partir de las mejores imágenes, utilizando la herramienta Mosaic to new raster. Como los procesos debían repetirse muchas veces por cada AC para encontrar el mejor resultado, se creó el modelo cartográfico que se muestra en la Figura 10, que automatiza el proceso de realizar un mosaico y un corte a un conjunto de imágenes satelitales (Aguilar, et al., 2019).

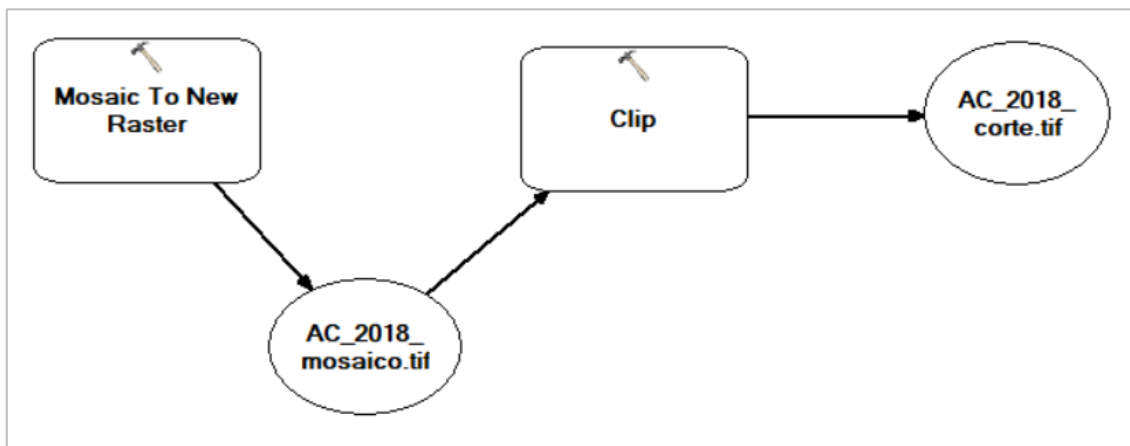


Figura 10. Modelo cartográfico para automatizar el mosaico y corte de las imágenes satelitales.

3.4.3 Segmentación de imágenes

Una vez seleccionadas las mejores imágenes se aplicó el método de segmentación. Según Liu, Guo & Kelly (2008), el método consiste en el análisis orientado a objetos, de manera que la imagen es dividida en regiones u objetos que luego pueden ser clasificados con base a sus atributos espectrales y relaciones espaciales.

| | |
|--|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 43 de 117 |

El método fue empleado por medio del programa para la segmentación de imágenes de Berkeley Image Seg Wizard, el cual utiliza tres parámetros, que son los siguientes:

- Umbral: define el tamaño relativo de los segmentos a crear.
- Forma: es un valor entre 0,1 y 0,9; permite definir si se prefieren formas redondeadas (valores altos, cercanos a 1) o formas alargadas (valores bajos cercanos a 0).
- Compacidad: es un valor entre 0,1 y 0,9 que establece si la segmentación tendrá bordes suavizados (valores altos, cercanos a 1) o bordes dentados (valores bajos, cercanos a 0).

Para definir los parámetros que se utilizarían en la elaboración de la capa de pastos, se realizaron diferentes pruebas en la etapa del piloto, utilizando las siguientes combinaciones para umbral, forma, compacidad:

- a) 80_0,2_0,8
- b) 100_0,6_0,2
- c) 140_0,2_0,2
- d) 140_0,2_0,8
- e) 140_0,6_0,2
- f) 200_0,5_0,5
- g) 200_0,9_0,9

De forma tal que los resultados que se obtuvieron de los parámetros anteriores, se valoró un total de 30 puntos de control y a cada uno se le asignó una categoría de (deficiente, malo, regular y bueno), según a la semejanza con la realidad. Y a partir de ese resultado se determinó que la combinación de 100_0,6_0,2 era la más adecuada.

3.4.4 Extracción de áreas urbanas

Durante el proceso de clasificación se realizó una extracción de las áreas urbanas utilizando el índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), este procedimiento se aplicó para el Gran Área Metropolitana ya que es el sector en donde se concentra más infraestructura. Para realizar el cálculo del NDVI se utilizó el software “ENVI”, en el mismo se abrió la imagen desde **File>Open (elegir ráster)**, luego se buscó en “Toolbox” la herramienta “NDVI” y se completó la ventana de información tal como se muestra en la Figura 11.

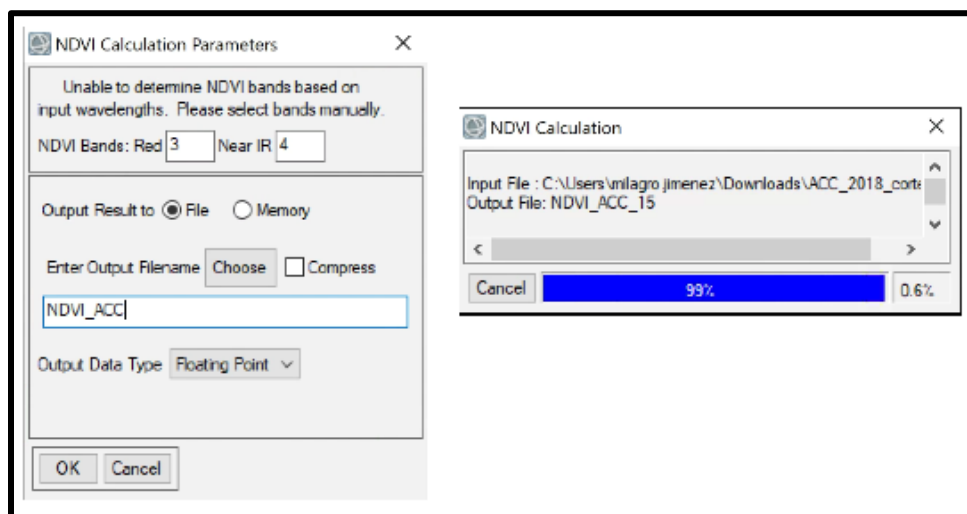


Figura 11. Visualización de la ventana para el cálculo de NDVI utilizando ENVI.

Una vez finalizado el cálculo, se procedió a guardar el archivo (Figura 12), ya que es necesario crear un archivo en formato “.tiff” para poder importar el archivo al programa “QGIS”.

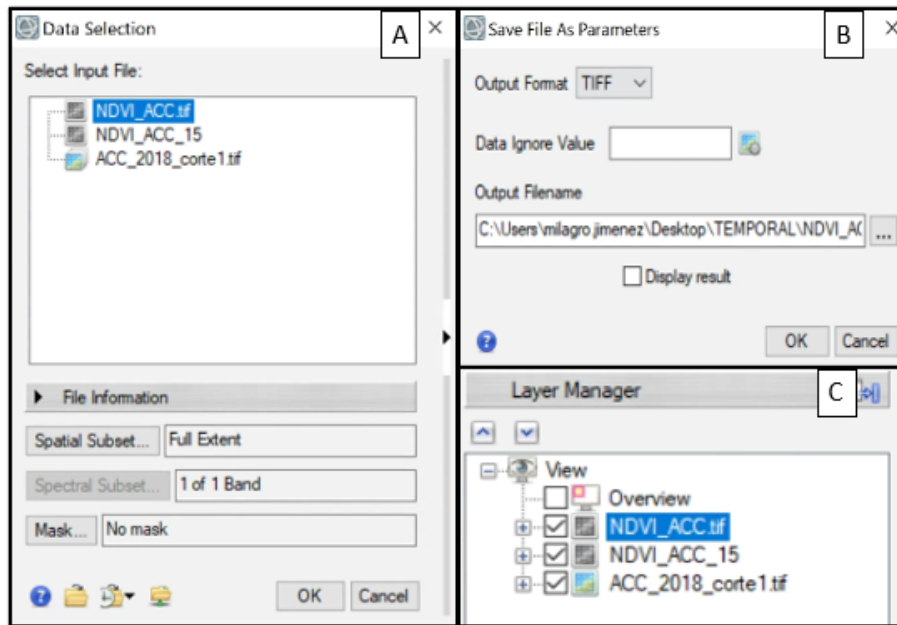


Figura 12. Procedimiento para guardar el resultado generado en ENVI en formato “tiff”. A) Elegir el archivo. B) Seleccionar el formato y la dirección de salida. C) Visualización del archivo guardado en “tiff” en el panel de capas de ENVI.

Luego de guardar el archivo, se procedió a realizar la importación el programa QGIS. Para verificar que el cálculo se haya generado correctamente, se revisó que los valores de NDVI se encontraran dentro del rango -1 a +1 (ver Figura 13).

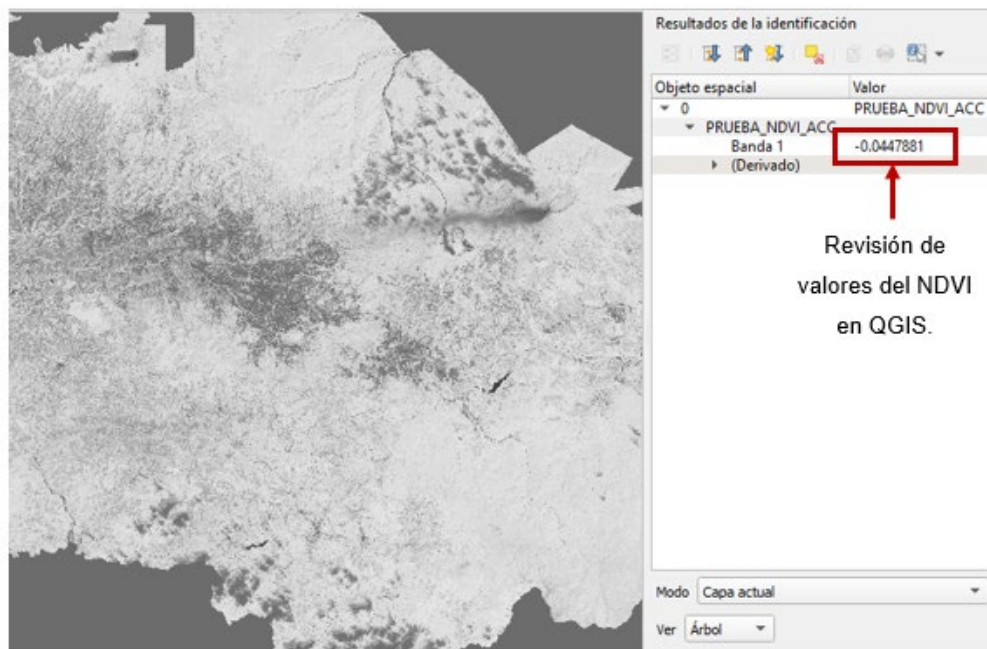


Figura 13. Visualización del resultado del cálculo de NDVI en QGIS.

Posteriormente, se abrió la segmentación utilizada para el proceso de clasificación en QGIS. Como se observa en la Figura 14, al sobreponer la segmentación en el ráster del NDVI, se puede observar que dentro de un polígono se pueden contener varios píxeles del ráster, esto dificulta la identificación del rango idóneo para extraer la infraestructura; ante esta situación y con el fin de analizar de manera práctica el resultado, se utilizó la herramienta “Estadísticas de zona” (Figura 15) para extraer los valores del ráster y agregarlos en la tabla de atributos de la segmentación mediante un cálculo estadístico (valores promedio).

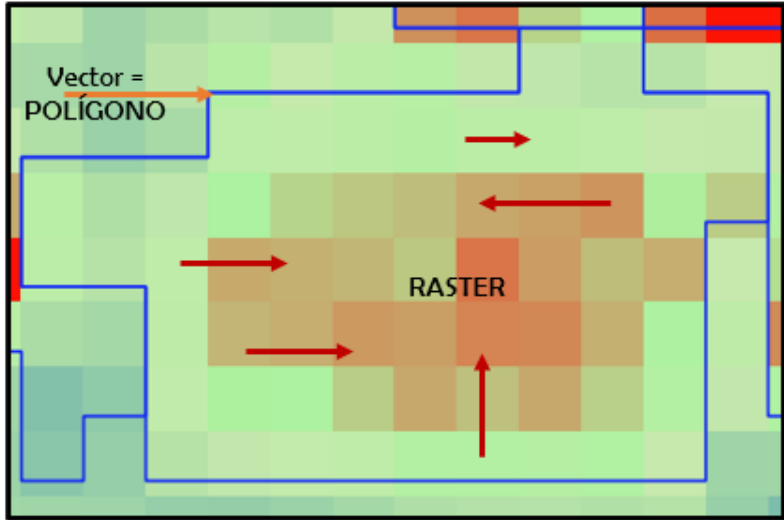


Figura 14. Sobreposición de la capa de segmentación respecto al archivo ráster del NDVI.

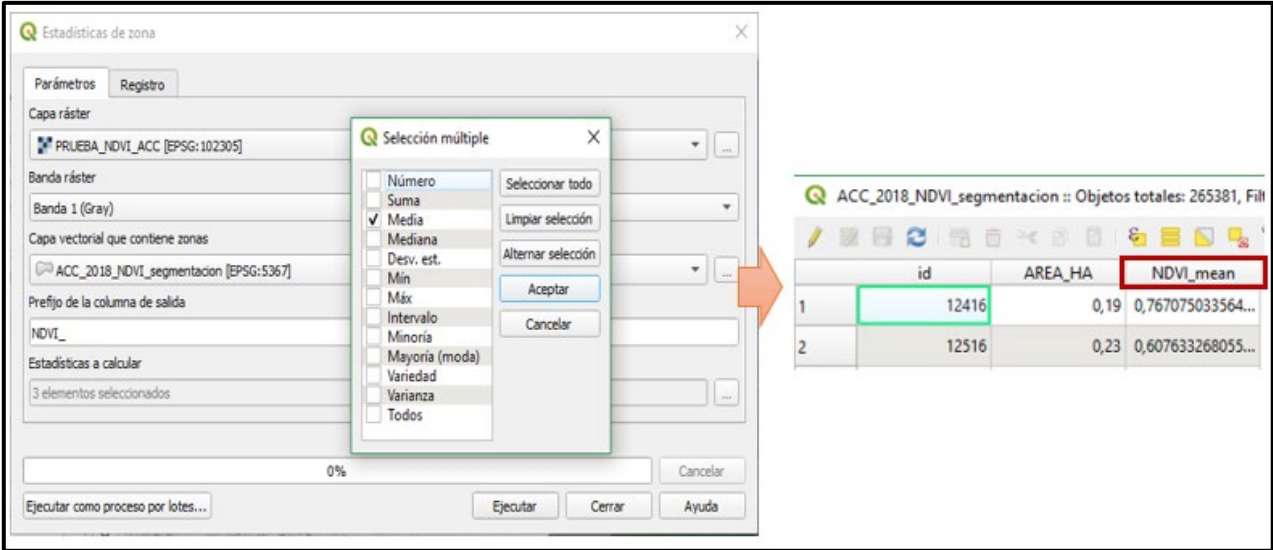


Figura 15. Uso de la herramienta “Estadísticas de zona” y resultado en la tabla de atributos.

Una vez agregados los valores promedio de NDVI para cada polígono en la capa de segmentación, se procede a identificar el rango idóneo para extraer la infraestructura. Para esto se pueden ordenar los valores de NDVI de menor a mayor e ir seleccionando diferentes rangos (Figura 16)(Cuadro 3), una vez seleccionado el rango se exportan solo los objetos seleccionados como una capa de archivo “shape” y con esto se pueden ir comparando los rangos generados y que se desean evaluar (Figura 17).

The screenshot shows a GIS application window titled "ACC_2018_NDVI_segmentacion :: Objetos totales: 265381, Filtrados: 265381, Seleccionados: 21438". The window contains a table with the following columns: id, AREA_HA, and NDVI_mean. The table lists 12 rows of data. A red box highlights the "Seleccionados: 21438" status in the top right corner, with a red arrow pointing to it. Below the table, there is a text box that says "Ir a exportar 'objetos seleccionados solamente'". In the bottom right corner, there is a note in a red-bordered box: "NOTA: Guardar con el nombre del rango (para comparar)".

| id | AREA_HA | NDVI_mean |
|-------|---------|-----------|
| 94411 | 80202 | 1,60 |
| 94412 | 39776 | 1,64 |
| 94413 | 78076 | 2,55 |
| 94414 | 67026 | 0,02 |
| 94415 | 95299 | 0,04 |
| 94416 | 82057 | 1,02 |
| 94417 | 50329 | 0,41 |
| 94418 | 77181 | 0,54 |
| 94419 | 69656 | 0,04 |
| 94420 | 81254 | 0,43 |
| 94421 | 96667 | 0,62 |
| 94422 | 89604 | 0,60 |

Figura 16. Ejemplo de selección de rangos para generar capas de comparación.

Cuadro 3. Rangos evaluados de NDVI para extracción de infraestructura.

| Rango | Observaciones |
|----------------------------|--|
| -0,049575 – 0,19999 | No considera área de pastos, pero no abarca algunas áreas de infraestructura, también considera en el rango las áreas cubiertas por nubes, ríos y caminos. |
| -0,049575 – 0,20999 | Considera algunas áreas de pastos y no abarca ciertas áreas de infraestructura, considera las áreas cubiertas por nubes, ríos y caminos. |
| -0,049575 – 0,27999 | Abarca más infraestructura y cultivos como café, también zonas con suelo desnudo, nubes, ríos y caminos, pero se incluyen zonas de pastos. |
| -0,049575 – 0,29999 | Se logra abarcar la mayoría de infraestructura, sin embargo, incluye áreas de pasto y también nubes, así como áreas de suelo desnudo, cultivos, ríos y caminos. |
| -0,049575 – 0,34999 | Se logra abarcar la mayoría de infraestructura, sin embargo, incluye muchas áreas de pasto y también las nubes, así como áreas de suelo desnudo y otros cultivos. |
| -0,049575 – 0,36999 | Logra abarcar la infraestructura prácticamente en su totalidad, así como suelos desnudos, cultivos, ríos, caminos y también las áreas cubiertas de nubes, pero al mismo tiempo abarca mucha área cubierta por pasto. |
| -0,049575 – 0,39999 | Logra abarcar la infraestructura prácticamente en su totalidad, así como suelos desnudos, cultivos, ríos, caminos y también las áreas cubiertas de nubes, pero al mismo tiempo abarca mucha área cubierta por pasto. |
| -0,049575 – 0,49999 | Logra abarcar la infraestructura prácticamente en su totalidad, así como suelos desnudos, cultivos, ríos, caminos y también las áreas cubiertas de nubes, pero al mismo tiempo abarca área cubierta por pasto. |

Fuente: Laboratorio PRIAS

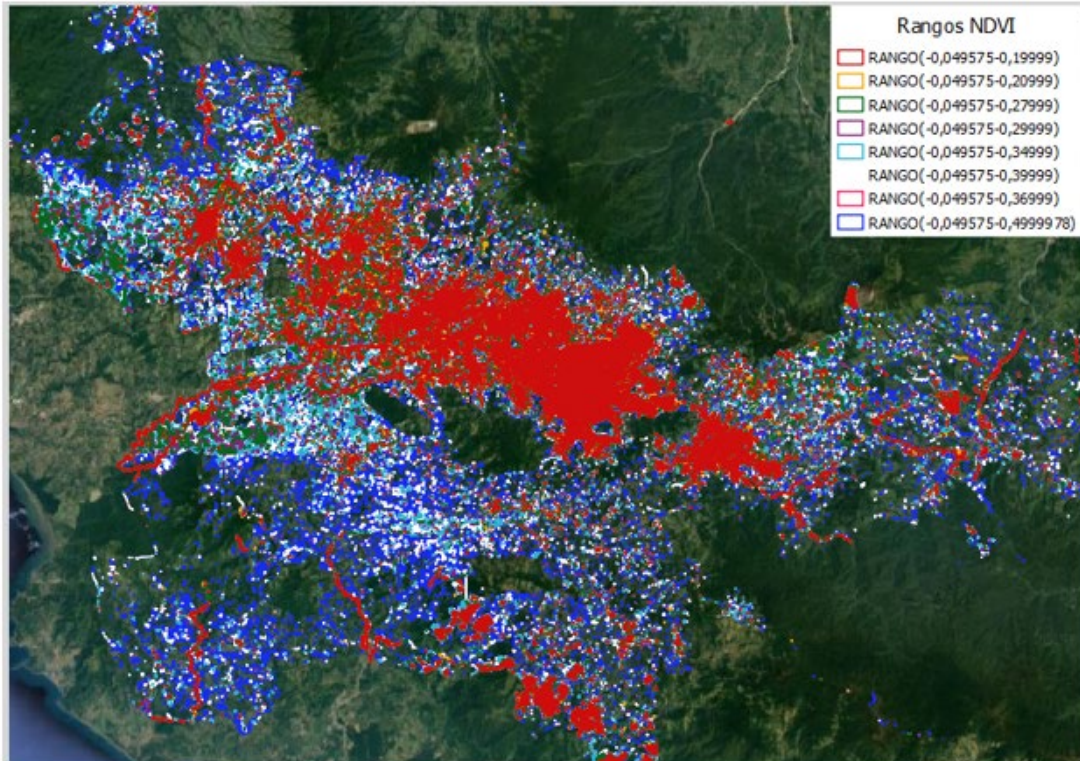


Figura 17. Rangos ordenados en forma ascendente para visualizar las principales diferencias generadas en los valores de NDVI para la capa de ACC.

Una vez identificados los rangos idóneos se propuso una escala con cuatro grandes grupos, basado en las diferentes pruebas realizadas (ver Cuadro 4, Figura 17, Figura 18). Finalmente, se logró identificar el rango idóneo para realizar la extracción del área urbana, que para el caso del PPP se identificó el valor de 0,49575 a 0,49999. Se debe considerar el área sobre la cual se va a extraer la infraestructura, debido a que al utilizar el NDVI sobre la totalidad del área se tendrá como resultado que la capa de segmentación presentará muchos cortes en la misma, e incluso se podrían extraer áreas de pastos u otros usos, por lo cual es necesario utilizar capas “máscara” para delimitar el área de extracción.

Cuadro 4. Resumen rangos evaluados de NDVI para extracción de infraestructura.

| Rango | Observaciones |
|---------------------------|--|
| -0,049575 – 0,1999 | No considera área de pastos, pero no abarca algunas áreas de infraestructura, también considera en el rango las áreas cubiertas por nubes, ríos y caminos. |
| -0,049575 – 0,2999 | Se logra abarcar la mayoría de infraestructura, sin embargo, incluye áreas de pasto y también nubes, así como áreas de suelo desnudo, cultivos, ríos y caminos. |
| -0,049575 – 0,3499 | Se logra abarcar la mayoría de infraestructura, sin embargo, incluye muchas áreas de pasto y también las nubes, así como áreas de suelo desnudo y otros cultivos. |
| -0,049575 – 0,4999 | Logra abarcar la infraestructura prácticamente en su totalidad, así como suelos desnudos, cultivos, ríos, caminos y también las áreas cubiertas de nubes, pero al mismo tiempo abarca mucha área cubierta por pasto. |

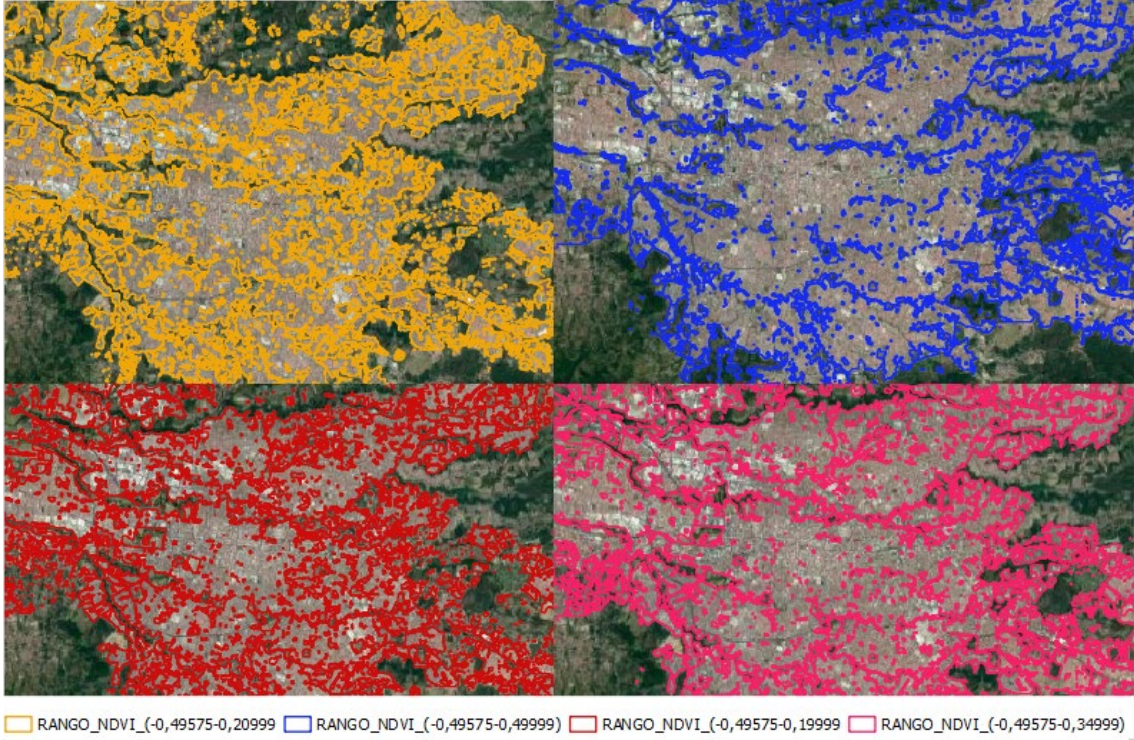


Figura 18. Ejemplo de las principales diferencias generadas al disolver las capas de algunos rangos de NDVI calculados para ACC.

Para el Gran Área Metropolitana (GAM), se utilizó una capa con los distritos donde se concentra la mayor cantidad de área urbana (Figura 19). Con ello se procedió a cortar el rango seleccionado, una vez listo el corte de la infraestructura a extraer (Figura 20) se procedió a realizar una diferencia de la capa de segmentación respecto a la capa de infraestructura obtenida con el cálculo del NDVI, con lo cual se obtuvo el resultado final (Figura 21), este procedimiento se puede realizar con la herramienta “Diferencia” de QGIS o bien con “Erase” de ARCGIS.



Figura 19. Distritos del GAM con mayor concentración de área urbana.

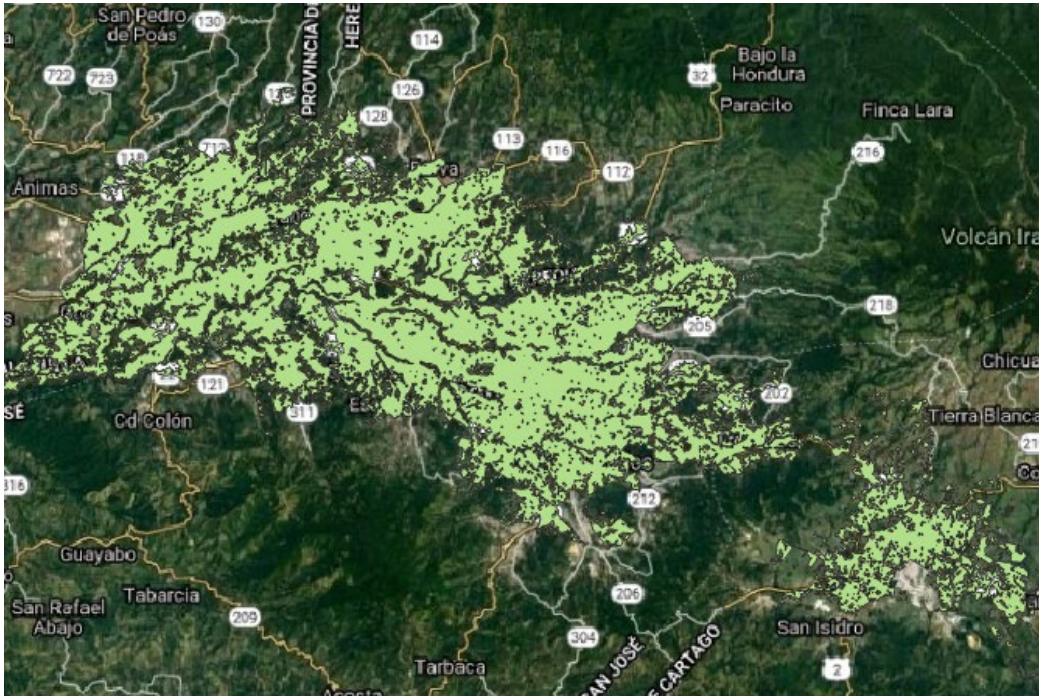


Figura 20. Resultado de la capa final para realizar la extracción de infraestructura a la segmentación.

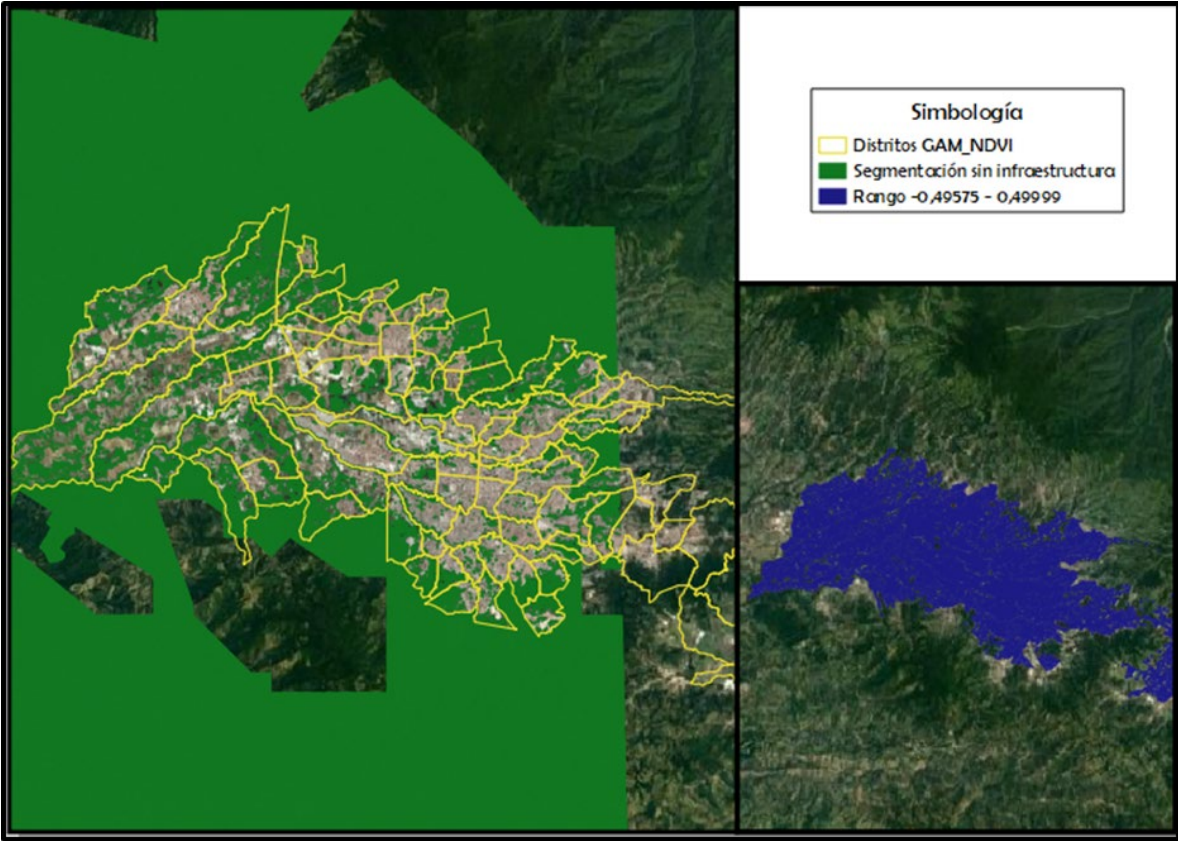


Figura 21. Visualización del resultado final al extraer la infraestructura para la capa de segmentación del Área de Conservación Central.



| | |
|---|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 56 de 117 |

3.4.5 Revisión de nubes

Durante el proceso de clasificación y codificación de segmentos se creó una clase llamada “Nubes y sombras”. De esta forma, las áreas del mosaico de Sentinel-2 que se encuentran cubiertas por nubes deben ser codificadas bajo esta clase preliminarmente. En muchas ocasiones el uso real que se encuentra debajo de las nubes corresponde al PPP. Por lo tanto, con el objetivo de disminuir en el mayor grado posible la cantidad de pastos omitidos debido a las nubes, se establecieron dos metodologías de revisión de áreas con presencia de nubes, una sencilla y otra detallada.

3.4.5.1 Revisión sencilla de nubes

Durante el proceso de descarga de imágenes satelitales se establecieron los cuadrantes que cubren el país y se descargaron las mejores imágenes, para el mosaico utilizado en la clasificación, se seleccionó la mejor imagen por cuadrante para cada mes del año 2018. A partir de esta guía de cuadrantes y con los polígonos clasificados como nubes, se facilitó la tarea de identificar cuáles imágenes, que no se hayan utilizado en el mosaico, se utilizarían para la revisión de nubes y proceder con la descarga.

Posteriormente, se realizó la revisión de los segmentos clasificados como nubes, utilizando como insumo las imágenes adicionales descargadas. Estas se analizaron para observar si se encuentran libres o con un menor porcentaje de nubes que permitiera tener un mejor acceso visual y realizar la interpretación de las áreas. De manera que se logró identificar si correspondían a áreas con presencia del PPP y se procedió a realizar las ediciones respectivas en los segmentos.



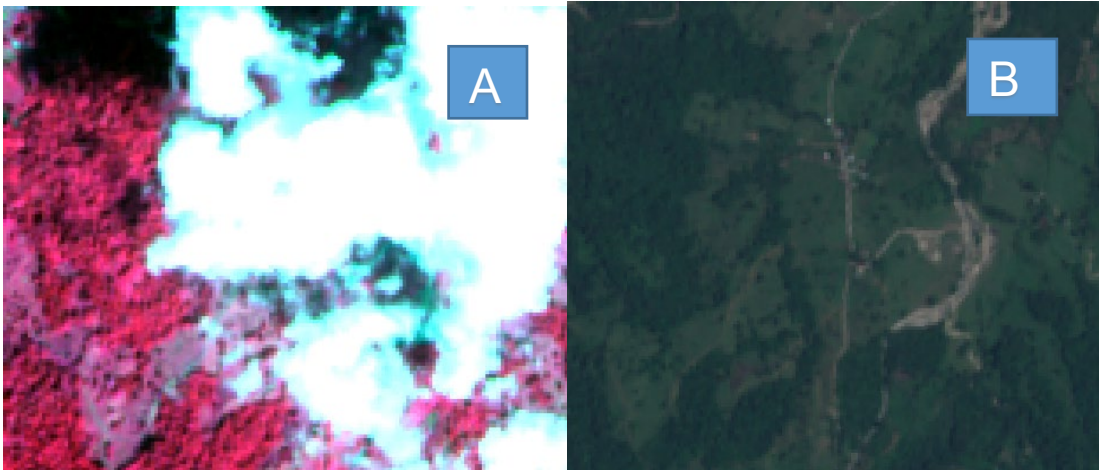


Figura 22. Imágenes utilizadas para la revisión de nubes. A: mosaico original; B: imagen Sentinel-2 descargada sobre el área de alta nubosidad.

3.4.5.2 Revisión detallada de nubes

Para las áreas extensas con un alto porcentaje de área de nubes en el mosaico de Sentinel-2, se estableció la revisión detallada de nubes ya que no fue posible su clasificación con el procedimiento establecido “revisión sencilla de nubes”. Con la extensión del área identificada se procede a generar un mosaico libre de nubes con la plataforma de Google Earth Engine (GEE).

Dado que el segmentador Berkeley Image Seg Wizard genera una gran cantidad de segmentos, de tamaño y forma irregular, sobre las áreas cubiertas de nubes o sombra de nubes, fue necesario generar una nueva segmentación sobre estas áreas, que facilite la interpretación del uso y la codificación de los segmentos. Para esto se utilizó nuevamente el segmentador Berkeley, pero ingresando como insumo el mosaico generado con GEE, mientras que los parámetros de segmentación se mantuvieron en los mismos valores utilizados para segmentaciones anteriores (Umbral = 50, Forma = 0.6, Compacidad = 0.2).

Esta nueva segmentación debió ser cortada para evitar que existieran traslapes con los polígonos ya clasificados en la segmentación original. Para realizar esto fue necesario utilizar como capa de corte, los polígonos sin codificar o codificados como “nubes y sombras” de la segmentación original. De esta manera, se asegura que haya una completa coincidencia espacial entre los polígonos de ambas capas y que luego se puedan unir para obtener la clasificación completa del área de estudio. A continuación, se presenta un diagrama con la instrucción de este proceso (Figura 23).

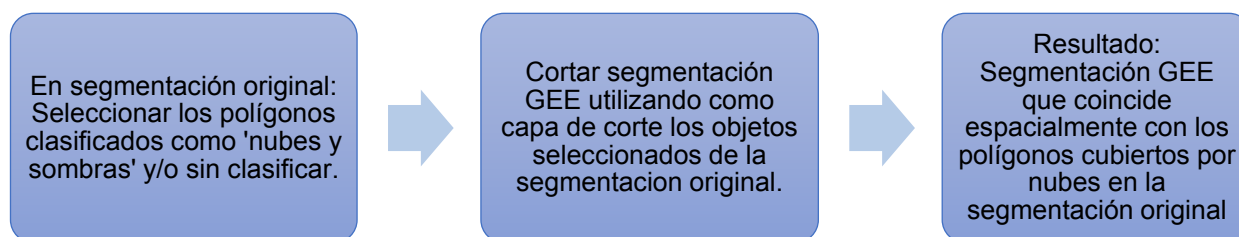


Figura 23. Diagrama del procedimiento para obtener una segmentación que coincida espacialmente.

Dado que el mosaico generado con GEE puede contener nubes y en algunas áreas el uso del suelo no es evidente debido a la mezcla de píxeles de diferentes imágenes, se procedió en estos casos a aplicar una “revisión sencilla de nubes”. De esta forma, el investigador pudo hacer uso de ellas para encontrar una imagen que no presentara nubes en el área de interés con la cual fue posible hacer la interpretación.

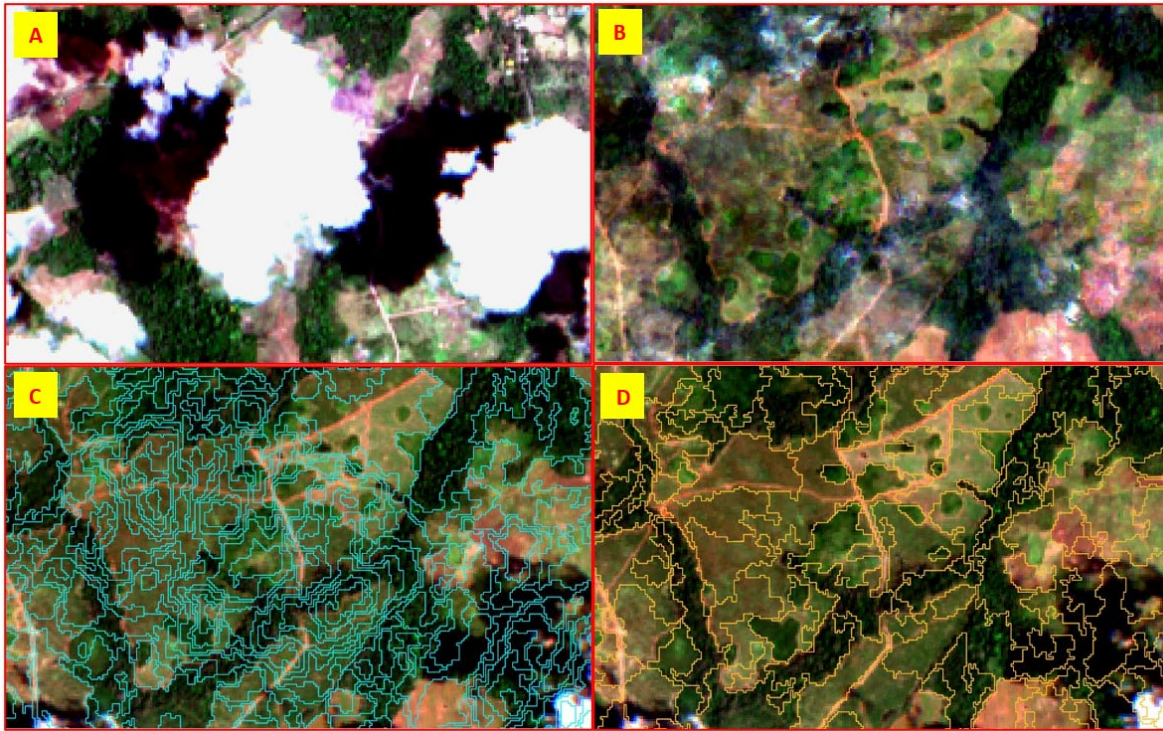


Figura 24. Ejemplo del resultado de la revisión detallada de nubes. A: mosaico inicial; B: mosaico GEE; C: imagen Sentinel-2 descargada con el área de interés libre de nubes y con la segmentación original; D: imagen Sentinel-2 descargada con el área de interés libre de nubes y con la segmentación generada a partir del mosaico GEE.

| | |
|---|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 60 de 117 |

3.4.6 Intersección entre pastos y humedales

Durante el procesamiento de la información se identificó que, algunas áreas clasificadas como pastos se encontraban parcial o totalmente cubiertas por humedales. Esto se logró evidenciar a partir de la disponibilidad de la información geoespacial elaborada por el Inventario Nacional de Humedales (INH) del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) del SNIT.

Así mismo, debido a que los pastos en condiciones de alta humedad pueden interpretarse como ecosistemas de humedales y por solicitud de la coordinación del Programa Nacional de Humedales del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). Se trabajó una columna de observaciones que contiene los comentarios asociados a los humedales, en cuyo caso, cuando un humedal sea clasificado dentro del paisaje productivo de pastos en la columna de observaciones se mostrará el comentario “El segmento contiene un área correspondiente a un humedal, según la capa INH_2016-2018”, así mismo, cuando dentro la clasificación de las imágenes y el trabajo de campo levantado, se hayan identificado áreas que no se encuentran en la capa de humedales y que tanto espectralmente como con datos adicionales se observó características similares a un ecosistema de humedales se colocó el comentario “El segmento contiene un área con características similares a un humedal”.

El procedimiento que se siguió para la identificación de estos polígonos fue el siguiente:

a) Se utilizó la herramienta “Cortar” del programa QGIS de manera que se realizó un corte de la capa de humedales con la capa de pastos (Figura 25). El resultado correspondió a los polígonos de humedales que se encontraban superpuestos con los pastos.

| | |
|--|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 61 de 117 |

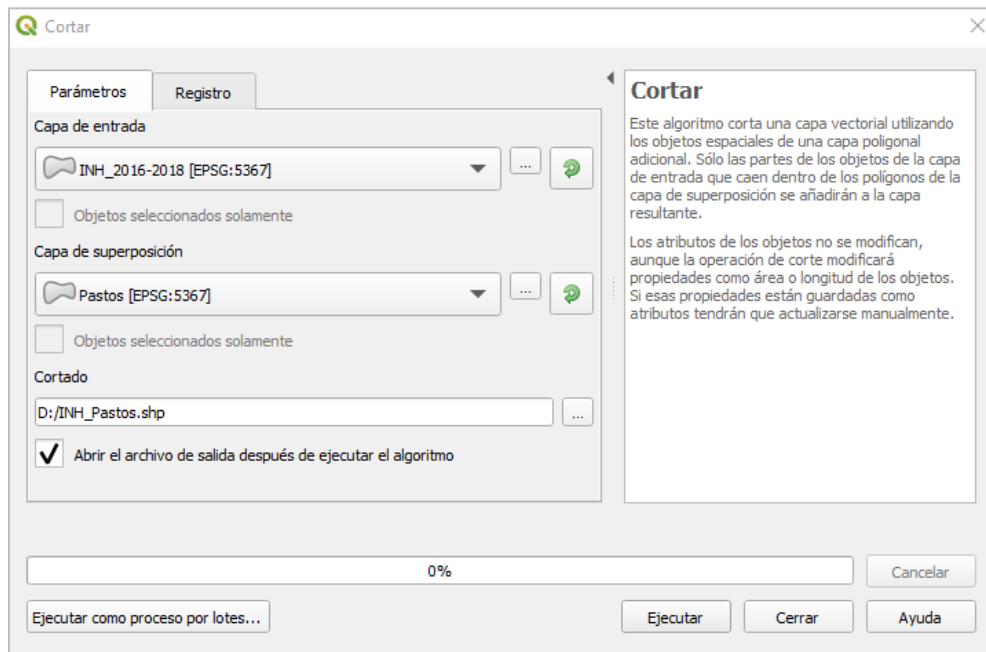


Figura 25. Herramienta cortar para la capa de humedal con la capa de pastos.

b) Seguidamente se utilizó la herramienta “Selección por localización” indicando al proceso que se requiere seleccionar los polígonos de pastos que se intersecan con el corte de la capa de humedales (Figura 26).

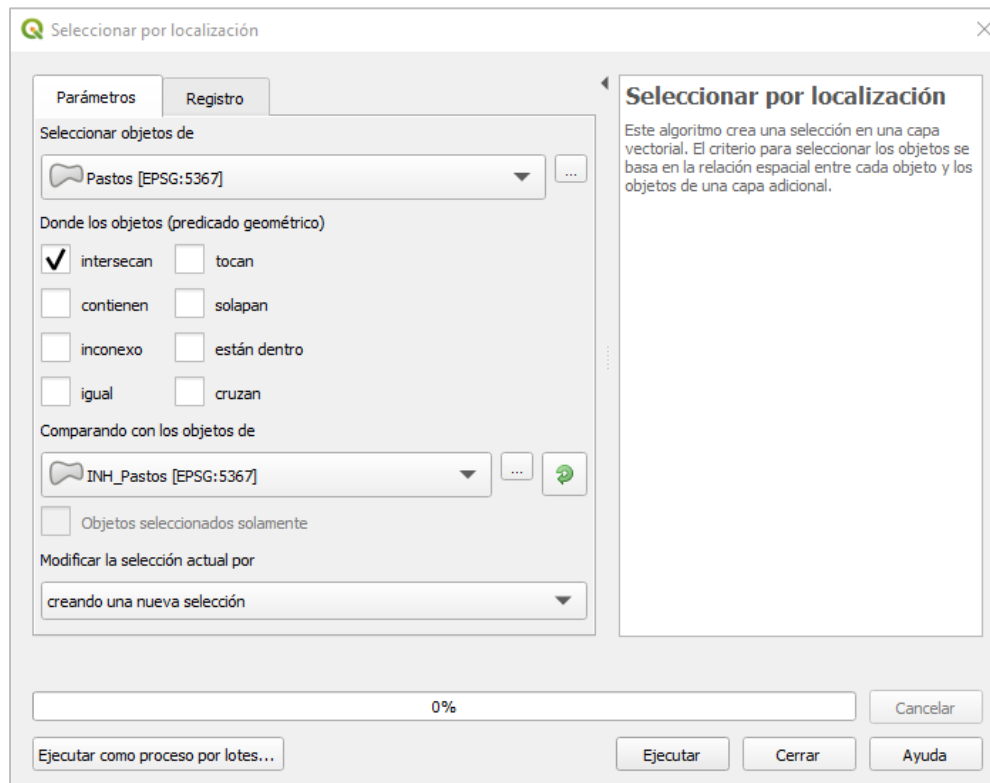


Figura 26. Herramienta de selección por localización.

Por último, con los polígonos de pastos seleccionadas se procedió a utilizar la calculadora de campo y colocar automáticamente la observación en los campos seleccionados (Figura 27).

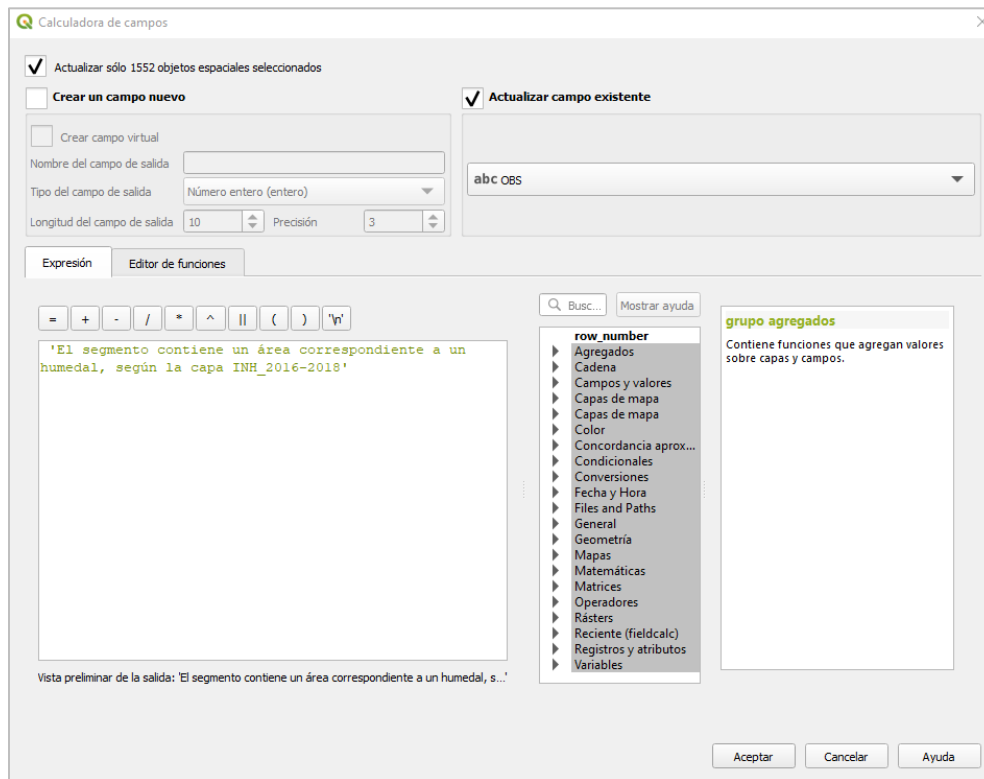


Figura 27. Colocación de la observación a partir de la calculadora de campos.

De igual forma, a partir de la interpretación de la información y características como la coloración y el perfil espectral; se logró observar algunas áreas que poseían características de humedal. Estos segmentos también fueron diferenciados colocando la siguiente observación “El segmento contiene un área con características similares a un humedal”.

| | |
|---|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 64 de 117 |

3.5 Validación de la clasificación

Con el fin de asegurar una alta confiabilidad en los datos reportados de la capa del paisaje productivo de pastos, se procedió a realizar tres diferentes validaciones, antes de obtener el producto final a publicar en el SNIT.

Para estos procesos de validación, se aplicó nuevamente la fórmula para definir el tamaño de la muestra (Fórmula 1), dado que anteriormente la muestra fue calculada para la realización del trabajo de campo, con datos estimados basado en la información del CeNAGRO del INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), 2015). Para esta etapa de validaciones se trabaja sobre los valores de las áreas realmente encontradas o clasificadas con el uso observado en la imagen y las correcciones realizadas según se avanza en el proceso de validación.

Una vez recalculados los puntos se crea la base de información en un archivo “.dbf” que puede ser utilizado en Excel o en un programa SIG, con esta base se van validando los puntos de campo o puntos aleatorios contra los usos clasificados en la imagen. Para este proceso se considera la imagen Sentinel-2 e insumos adicionales de alta resolución como las imágenes de Google Earth, la Ortofoto del IGN, entre otros; de manera que se pueda tener una mejor visión del área clasificada.

Una vez generada esta base, se calcula la matriz de error (Cuadro 5) a partir de la metodología de Chuvieco (2010). Con la información de esta matriz es posible calcular la exactitud global, exactitud del productor, del usuario, y el estadístico kappa.



Cuadro 5. Ejemplo de matriz de confusión generada para los diferentes procesos de validación.

| Clasificado/Validado | Cobertura arbórea | Otros usos | Pastos | Total |
|----------------------|-------------------|------------|--------|-------|
| Cobertura arbórea | 293 | | 2 | 295 |
| Otros usos | | 370 | | 370 |
| Pastos | 4 | 23 | 348 | 375 |
| Total | 297 | 393 | 350 | 1011 |

Fuente: Laboratorio PRIAS

El cálculo de estos valores se realiza sobre la diagonal mayor de la matriz de error, la exactitud global se calcula dividiendo el total de puntos clasificados correctamente para todas las clases entre el total de puntos de control, por otra parte, la exactitud del productor (errores por comisión), se calcula dividiendo los puntos clasificados correctamente por clase respecto al total de puntos muestreados para la clase (total por columna) y la exactitud del usuario (errores por omisión), se calcula dividiendo el número total de puntos clasificados correctamente por clase entre el total de puntos del proceso de clasificación para la clase (total por fila). Estos tres cálculos son representados en porcentaje, por lo que deben ser multiplicados por 100.

Posteriormente, se calcula el estadístico Kappa (Fórmula 2), el mismo permite conocer la concordancia inter-observador con valores entre -1 y +1, entre más cercano a +1 mayor será el nivel de concordancia entre lo clasificado y la realidad del terreno.

| | |
|---|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 66 de 117 |

Fórmula 2:
$$K = \frac{N * \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r (X_{i+} * X_{+i})}{N^2 - \sum (X_{i+} * X_{+i})}$$

Donde:

K: Estadístico Kappa

N: Número total de puntos de control usados en la validación.

r: Número de filas en la matriz.

X_{ii}: Suma de observaciones en la fila i y columna i, es decir los valores en la diagonal mayor.

X_{i+}: Total de observaciones en la fila i, es decir a la derecha de la matriz.

X_{+i}: Total de observaciones en la columna i, es decir debajo de la matriz.



| | |
|---|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 67 de 117 |

3.5.1 Validación 1

De los datos recolectados en campo, un 50% de cada clase fue destinado únicamente para su uso en el proceso de validación 1 de la clasificación. En los casos en los que estos puntos de campo no fueron suficientes para cumplir con el valor obtenido según el tamaño de la muestra, se aplica un muestreo aleatorio con las herramientas de QGIS “Random Sample” para generar puntos aleatorios y alcanzar el nivel de confianza buscado. Se debe tener en cuenta que, al utilizar la fórmula del tamaño de la muestra para calcular la cantidad de puntos a utilizar en el proceso de validación 1, se consideró un 5% de error con un 95% de confiabilidad.

Al utilizar la metodología de la matriz de confusión, para la validación 1 se utilizaron tres clases: 1) cobertura arbórea, 2) Otros usos y 3) pastos. En el caso de esta validación, cuando la exactitud global es igual o mayor a 95%, la capa es aprobada y se procede a revisar y corregir únicamente los puntos en donde se encontró discordancia entre el clasificador y el validador. Por otro lado, si la exactitud se encuentra entre un 90% y un 95%, además de revisar los puntos de discordancia, también se deben revisar la clase de pastos y de cobertura arbórea si la exactitud del productor es inferior al 95%; en el caso de la exactitud del usuario se revisan todas las clases con un valor inferior al 95%. Por último, se realiza una revisión general de la capa que permita identificar y corregir errores.

En el caso de que la exactitud obtenida sea menor al 90% se deben revisar todas las clases, corregir los errores encontrados y volver a realizar la validación 1.



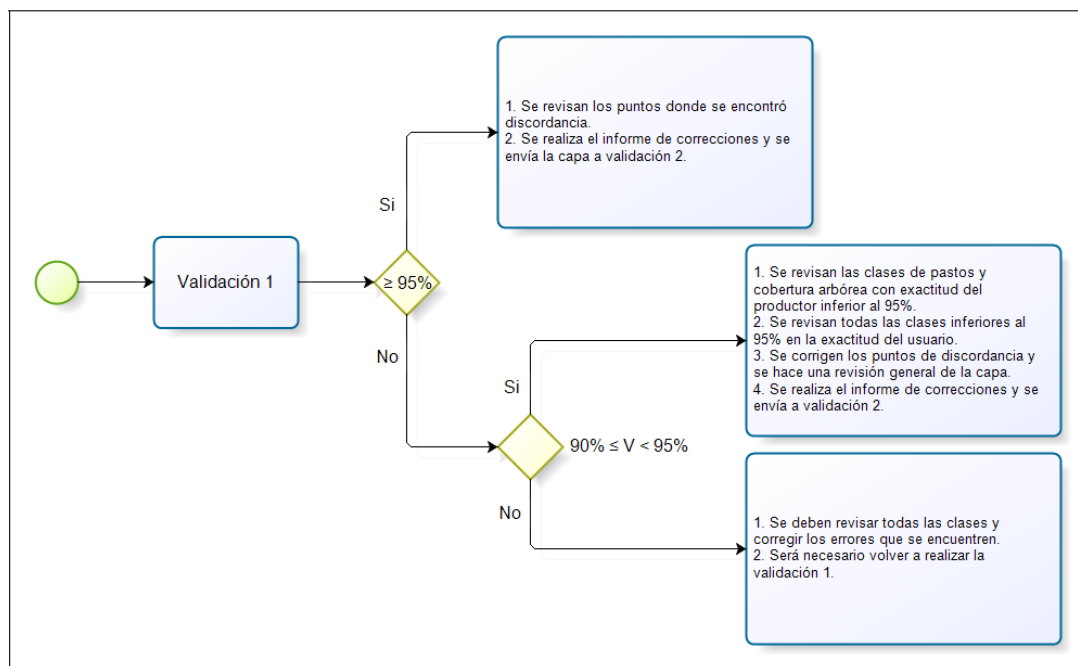


Figura 28. Validación 1 para la capa del paisaje productivo de pastos.

Debido a la modificación en el proyecto MOCUPP para incluir los pastos hasta un 70% de cobertura arbórea, se procedió a revisar las áreas previamente trabajadas y validadas, ya que la clase de importancia anteriormente correspondía a los pastos hasta un 30% de cobertura arbórea. Por este motivo, se desarrolló el método por puntos para realizar la revisión únicamente de los nuevos segmentos identificados, ya que las otras clases establecidas en el inicio del proyecto habían superado satisfactoriamente la validación.

Se utilizó la herramienta “Puntos aleatorios dentro de polígonos” del software QGIS para generar un punto dentro de cada polígono de interés, seguidamente con la herramienta “Selección aleatoria” se identificó la cantidad de puntos a revisar, la cual se obtuvo a partir de la fórmula del tamaño de la muestra.

| | |
|---|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 69 de 117 |

Se procedió a revisar los puntos aleatorios seleccionados, identificando si los polígonos a los que correspondían debían ser corregidos o no, de manera que al final se realizó un cálculo del porcentaje de exactitud de los segmentos.

Para identificar el porcentaje de exactitud ideal se procedió a revisar la primera validación de las áreas ya trabajadas y calcular el porcentaje de exactitud para cada clase por separado. Donde se identificó que el promedio corresponde a un 80%. De esta manera se estableció que, para aceptar la revisión en el método por puntos, el porcentaje de exactitud mínimo debe ser igual o superior al 80%.

En total para todo el proceso de validación 1 se utilizaron 18.895 puntos, de los cuales 8.008 corresponden a puntos re proyectados y los restantes 10.887 a puntos generados aleatoriamente.

3.5.2 Validación 2

Para esta validación se consideraron 2 clases (pastos y no-pastos), para la generaron de puntos para la verificación, además se estableció un error permitido del 10% con un nivel de confianza del 90%. A partir de esto se calculó el tamaño de la muestra a utilizar (Fórmula 1). Para asegurar la representatividad y confiabilidad de los datos se establece un tamaño mínimo de muestra de 30 puntos para los casos en que el resultado del cálculo sea un valor inferior a este.

De acuerdo con el tamaño de muestra obtenido se crean puntos aleatorios para cada una de las clases con la herramienta “Create Random Points” de ArcGIS y sobre ellos generar los datos de referencia de la validación. Para evaluar el uso en estos puntos se utilizó, además de las imágenes Sentinel 2, insumos adicionales como imágenes de alta resolución de Google Earth y Planet.



En esta validación, cuando la exactitud global es igual o mayor a 90%, la capa es aprobada y se revisan y corrigen únicamente los puntos en donde no haya existido concordancia según la matriz de confusión. Si la exactitud es menor a 90% pero mayor o igual a 80%, además de revisar los puntos de discordancia, también se debe revisar la clase de pastos si la exactitud del productor es inferior al 90%; en el caso de la exactitud del usuario se revisan todas las clases con un valor inferior al 90%. Por último, se realiza una revisión general de la capa que permita identificar y corregir errores.

En el caso de que la exactitud obtenida sea menor al 80% se deben revisar todas las clases para corregir errores y se realiza nuevamente el proceso de validación 2 (Figura 29). Para todo el proceso de validación 2 se utilizaron 1008 puntos generados aleatoriamente.

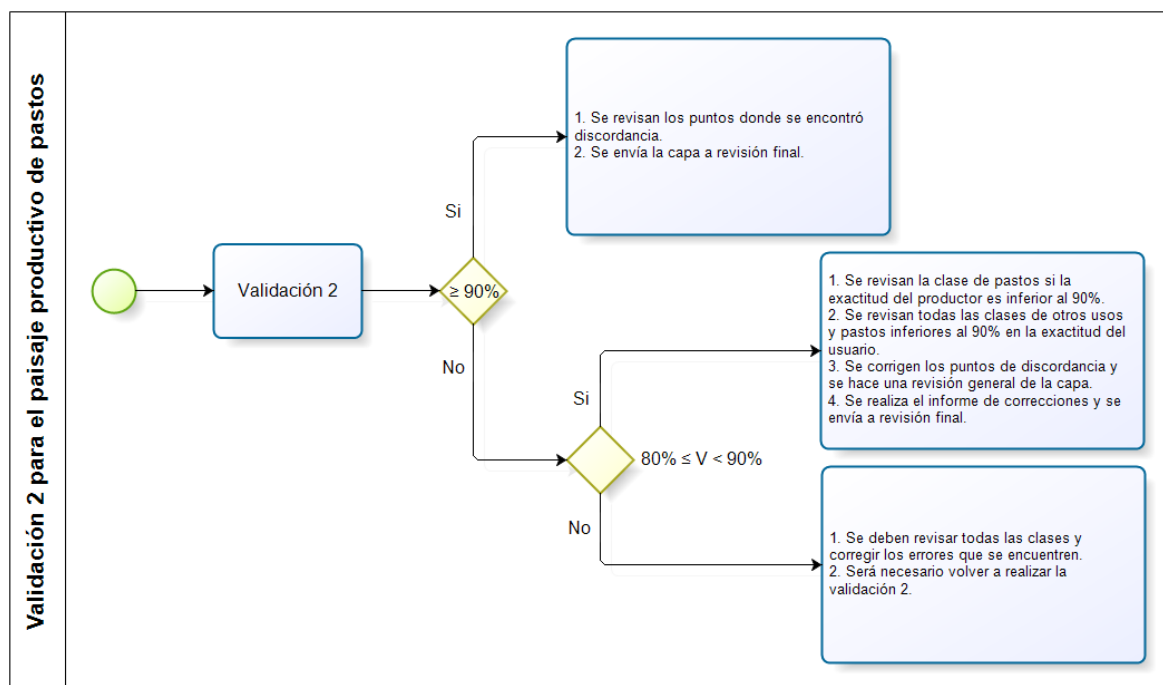


Figura 29. Validación 2 para la capa del paisaje productivo de pastos

| | |
|---|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 71 de 117 |

3.5.3 Validación 3

Para la validación 3 se consideraron dos clases pastos y no-pastos; la clase de pastos cubre el área total del paisaje productivo de pastos desarrollada por PRIAS para el MOCUPP y la clase de no pastos comprende el área restante que abarca el país, se estableció un error permitido del 10% con un nivel de confianza del 99 %. Asimismo, se calculó el estadístico kappa para incluir el componente aleatorio. A partir de esto para calcular la cantidad de puntos necesarios se utilizó la fórmula de tamaño de la muestra (Fórmula 1), a fin de asegurar la representatividad y confiabilidad de los datos, se estableció un tamaño mínimo de muestra de 30 puntos en dado caso en que el resultado sea un valor inferior a este.

Para esta validación a fin de considerar la mayor cantidad de áreas validadas en los procesos de validación 1 y 2, se tomaron los puntos validados anteriormente y se aplicó un “Buffer” a los mismos con QGIS. A la nueva capa se le aplicó un “Erase” en ARCGIS para eliminar las áreas validadas del polígono de Costa Rica y sobre la capa resultante se crearon los puntos aleatorios con la herramienta “Puntos aleatorios dentro de polígonos” de QGIS, de acuerdo con el tamaño de la muestra obtenido.

Una vez creados los puntos aleatorios, utilizando la plataforma Planet se asignó la clase correspondiente a cada punto (pastos y no pastos), posteriormente se compararon los puntos con las clases asignadas en la clasificación de la capa de pastos para todo el país.

Cuando la exactitud global es igual o mayor a 90%, la capa es aprobada y se revisan y corrigen únicamente los puntos en donde no exista concordancia según la matriz de confusión y estadísticos calculados. Si la exactitud es menor a 90% pero mayor o igual a 80%, además de revisar los puntos de discordancia, también se revisa la clase de pastos si la exactitud del productor es inferior al 90%; en el caso de la exactitud del usuario se revisan todas las clases con un valor inferior al 90%.

Por último, se realiza una revisión general de la capa que permita identificar y corregir errores.

Para validación 3 se utilizó un total de 212 puntos generados aleatoriamente, en la Figura 30 se muestra la distribución de los puntos.

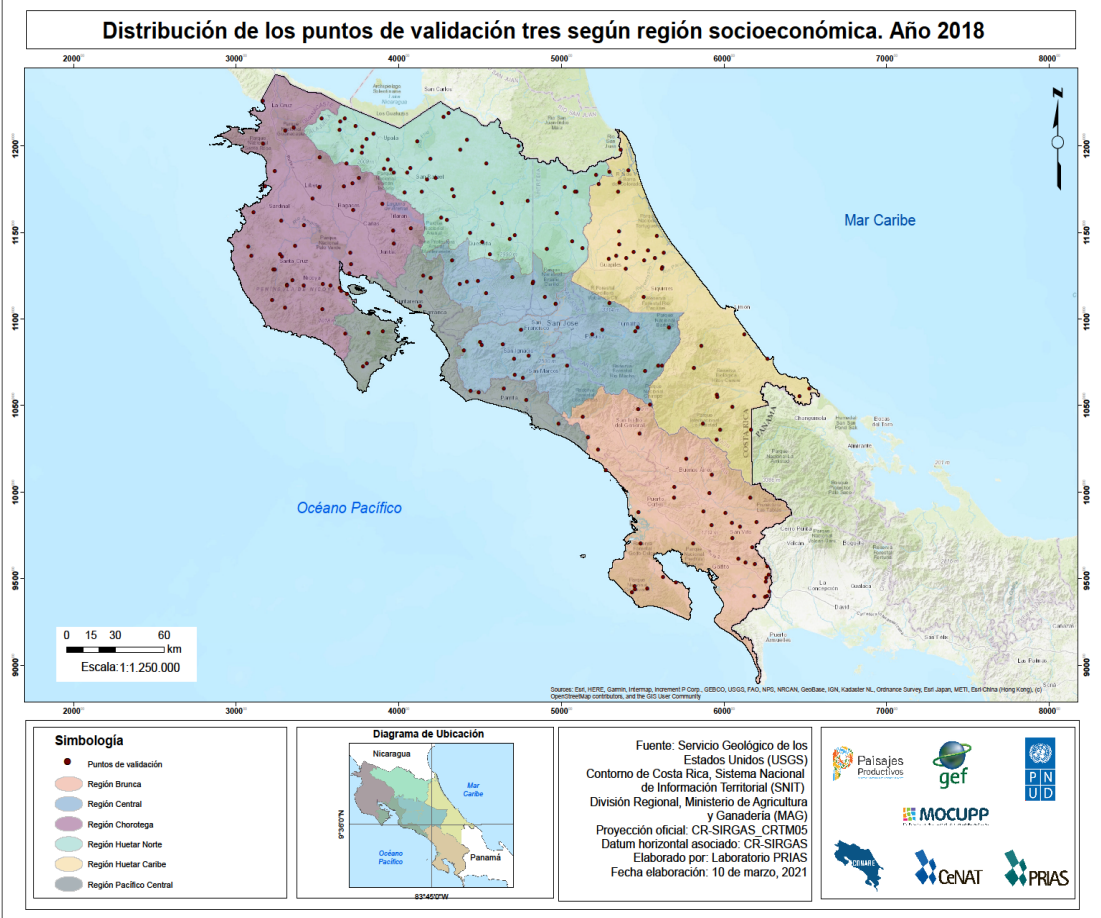


Figura 30. Distribución de los puntos de validación 3 según región socioeconómica para el año 2018.

| | |
|--|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 73 de 117 |

IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS DEL PAISAJE PRODUCTIVO DE PASTOS PARA EL AÑO 2018 EN COSTA RICA

Basado en los resultados obtenidos en este estudio, Costa Rica presenta una extensión de 1.015.155,26 hectáreas del Paisaje Productivo de Pastos (PPP) para el año 2018, la cual se encuentra distribuida a lo largo del territorio nacional (Figura 31). La exactitud calculada para esta capa corresponde a un 91% y un kappa de 0,8. En términos de porcentaje de ocupación, el área encontrada corresponde a un 19,84% de la superficie total del país.

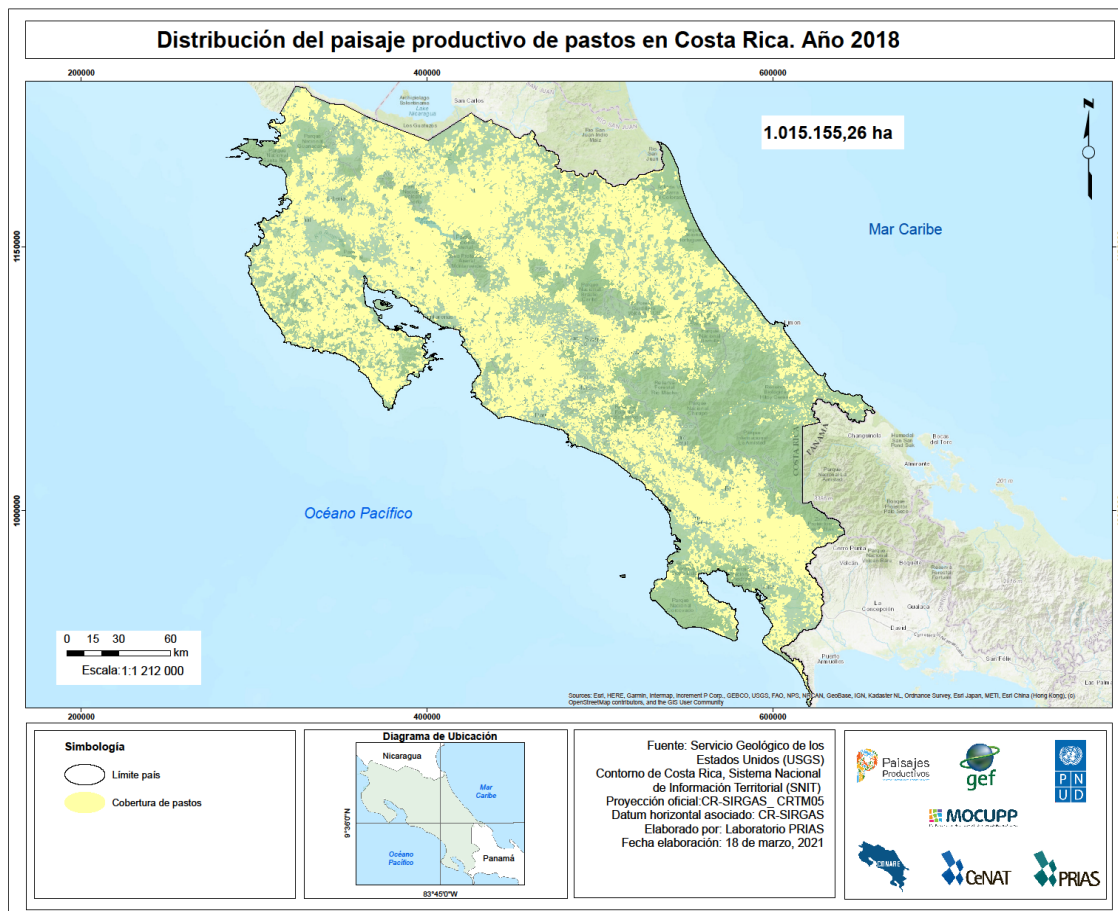


Figura 31. Distribución del paisaje productivo de pastos en Costa Rica para el año 2018.
Fuente: Laboratorio PRIAS.

Al segmentar los datos por cantón, con base en la división oficial nacional establecida en la ley número 4366 de la División Territorial Administrativa, se encontró que el PPP está presente en los 82 cantones del país. En la Figura 32 se muestra la concentración del PPP por cantón para el territorio de Costa Rica.

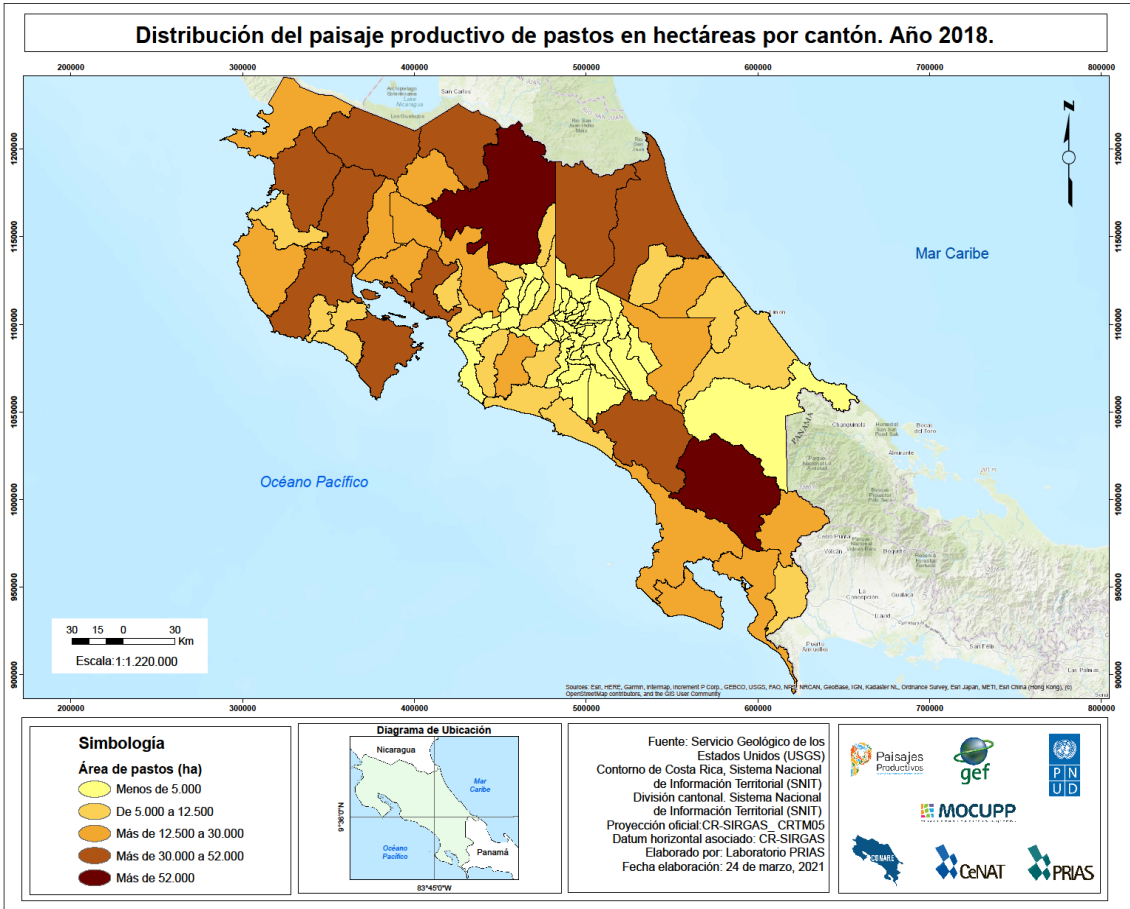


Figura 32. Distribución del paisaje productivo de pastos en hectáreas por cantón para el año 2018. Fuente: Laboratorio PRIAS.

En la Figura 33 se detallan los 10 cantones que presentan mayor cantidad del PPP a nivel nacional. San Carlos destaca como el cantón con más área de pastos en el país con un total de 104.011,32 hectáreas, seguido por Buenos Aires y Pococí con un total de 69.018,77 y 51.402,99 hectáreas respectivamente. En contraste, los cantones del país que registraron menor área de PPP fueron Tibás (0,0015 ha), Curridabat (5,42 ha), Flores (13,31 ha), San Pablo (15,43 ha) y Santo Domingo (44,36 ha).

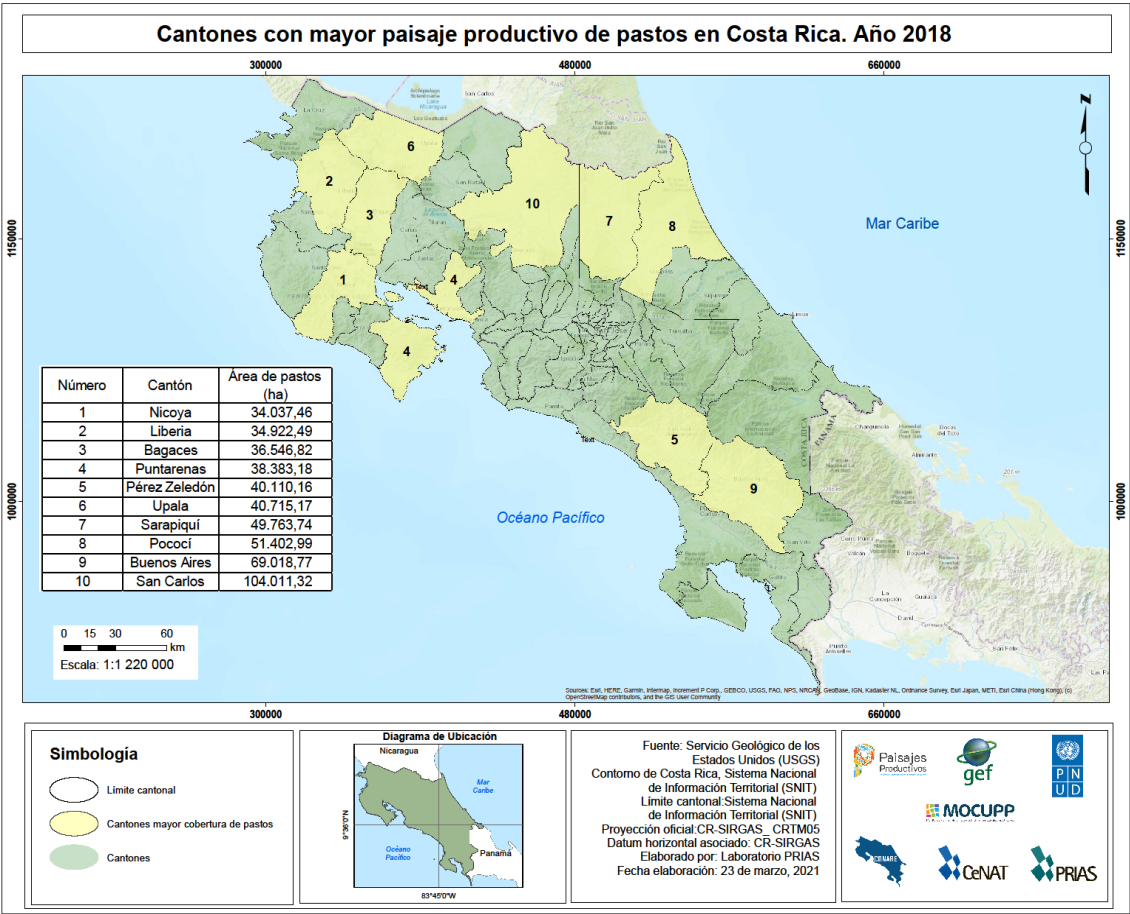


Figura 33. Cantones con mayor distribución del paisaje productivo de pastos en hectáreas por cantón para el año 2018. Fuente: Laboratorio PRIAS.

En términos de porcentaje, los 10 cantones con mayor extensión del PPP conforman el 49,15% de las 1.015.155,26 hectáreas identificadas para todo el país. Es decir, cerca de la mitad de la extensión total del PPP en Costa Rica se encuentra concentrada en 10 cantones, mientras que el otro 50,85% se distribuye en los 72 cantones restantes (Figura 34).

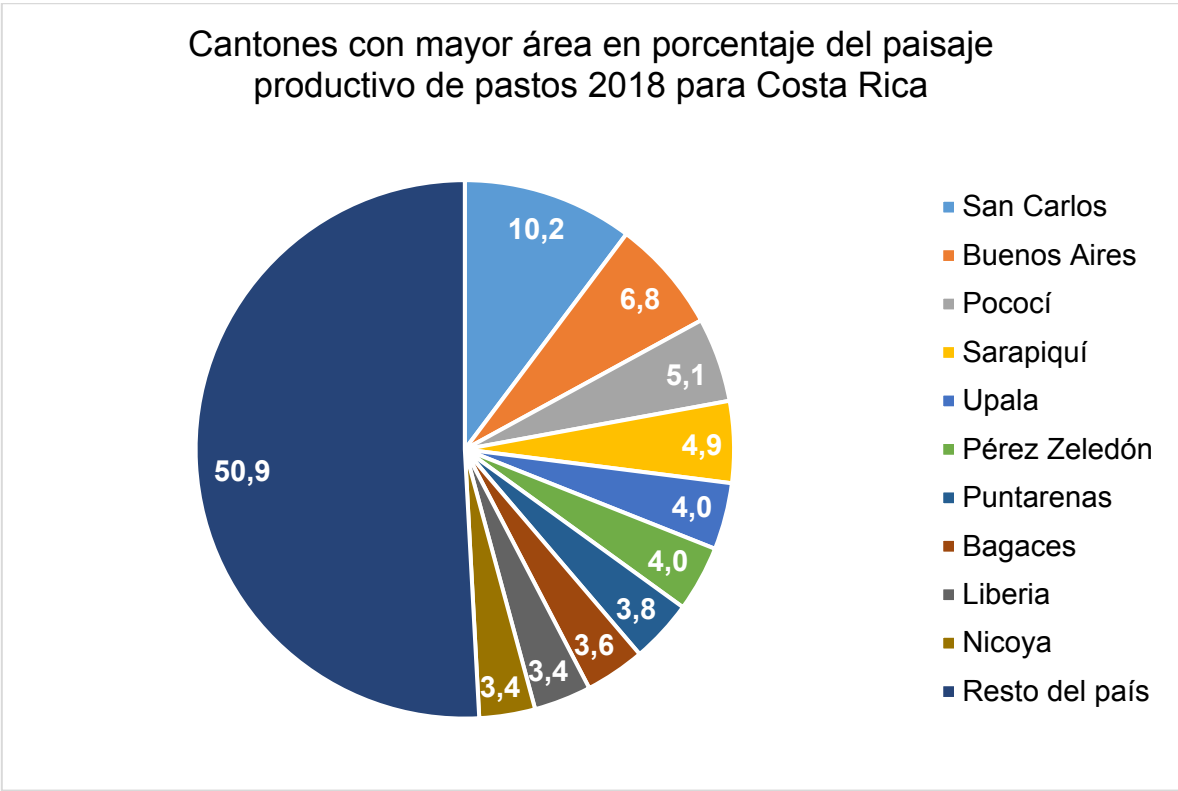


Figura 34. Análisis porcentual de los cantones con mayor paisaje productivo de pastos por cantón para el año 2018. Fuente: Laboratorio PRIAS.

Al analizar el porcentaje de área ocupado por el PPP a nivel cantonal, resaltan algunos cantones que no necesariamente destacan en términos de cantidad de hectáreas a nivel país. En la Figura 35, se muestra la sectorización de los 82 cantones del país, los cuales se dividieron en cinco rangos porcentuales para analizar la proporción de ocupación del PPP en relación con la superficie total de cada territorio. Zarcero aparece como el único cantón del país que presenta más de un 40% de ocupación de la superficie de la tierra con el PPP.

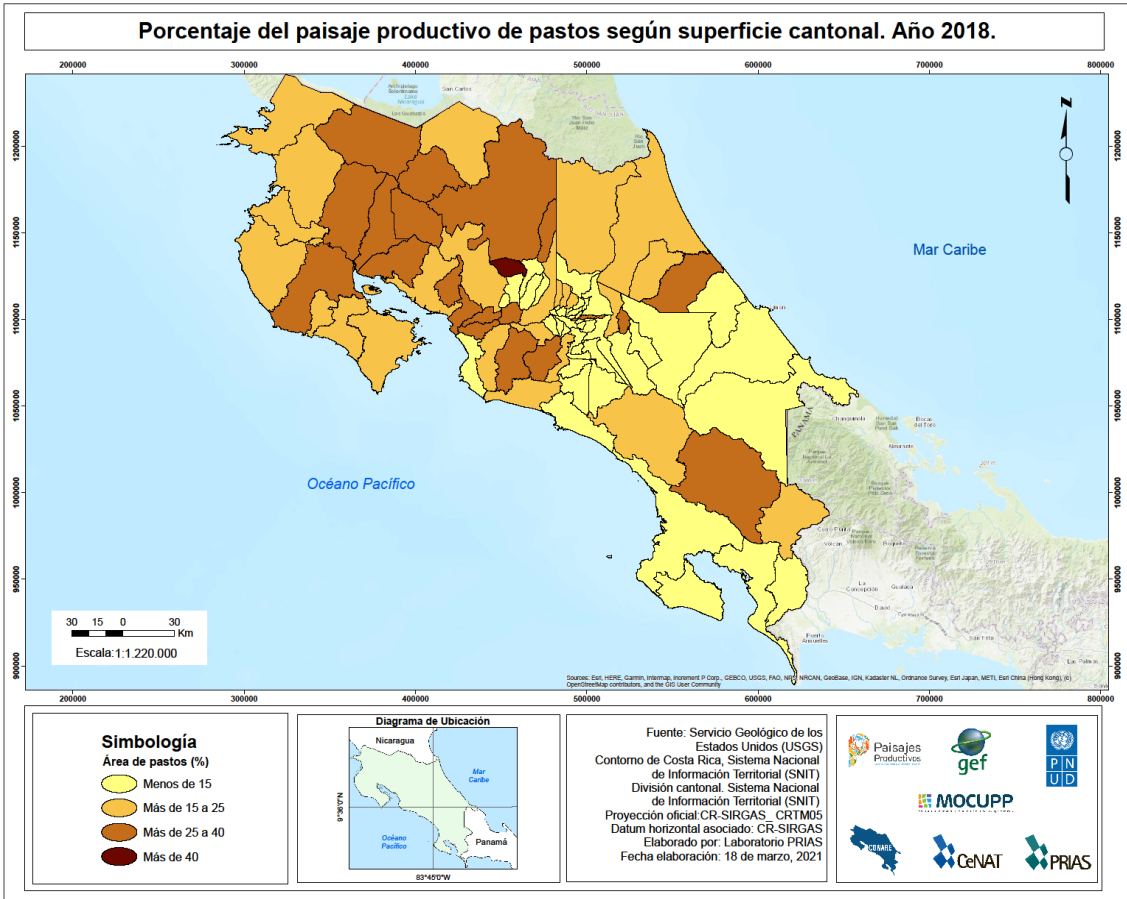


Figura 35. Porcentaje del paisaje productivo de pastos según superficie cantonal para el año 2018. Fuente: Laboratorio PRIAS.

La Figura 36 presenta los diez cantones con mayor representatividad en términos de extensión y ocupación del PPP. Como se mencionó anteriormente, Zarcero es el cantón con mayor proporción de ocupación del PPP en relación con su superficie total con un 52,07%, no obstante, se sitúa en la posición 31 en términos de cantidad de hectáreas por cantón. Mientras que San Carlos que es el cantón con mayor cantidad de hectáreas en el país, se ubica en la posición 11 en términos de porcentaje de ocupación del paisaje dentro del área total del cantón. Otros ejemplos son los casos de Tilarán y Guatuso que ocupan el segundo y tercer lugar en términos de porcentaje con un 39,39% y 37,54% del PPP dentro de su territorio, pero en términos de cantidad de hectáreas se encuentran en los puestos 12 y 13 respectivamente.

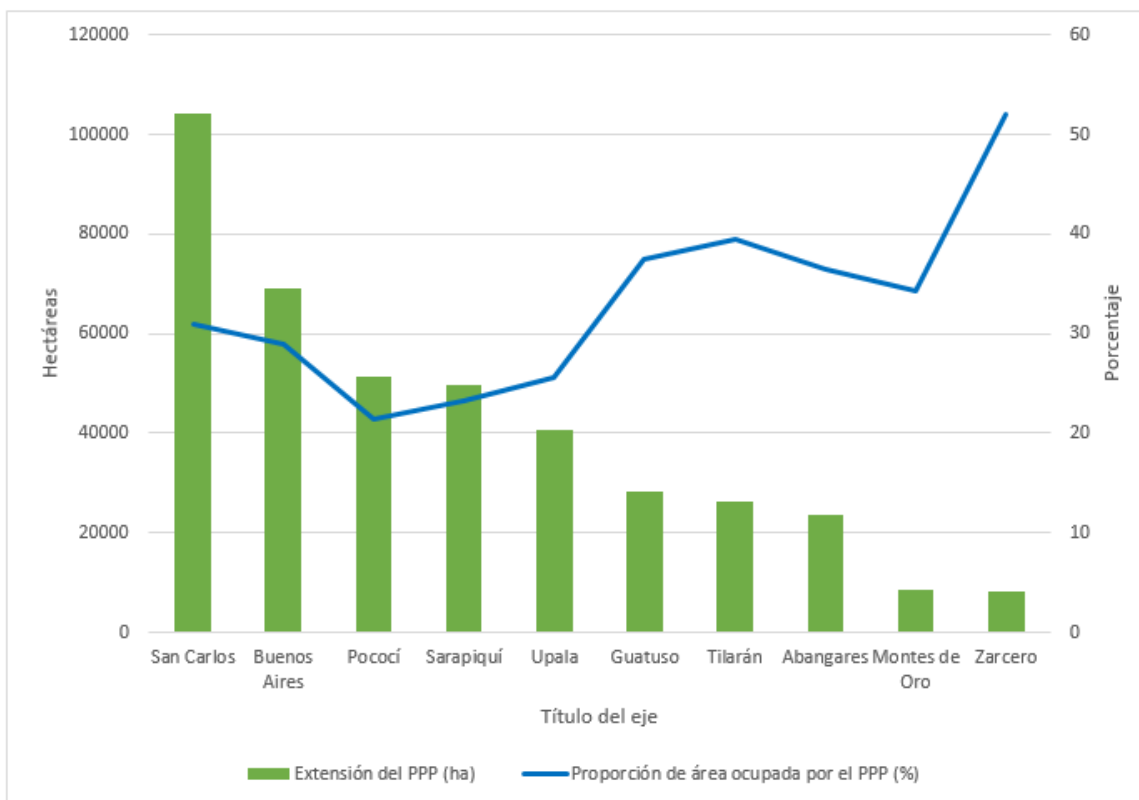


Figura 36. Diagrama de doble escala representando los cinco cantones con mayor extensión del PPP en el país y los cinco cantones de mayor porcentaje del PPP según superficie cantonal para el año 2018. Fuente: Laboratorio PRIAS.

| | |
|---|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 79 de 117 |

4.1 Resultados Regionales

En la siguiente sección se analizan los resultados obtenidos para el PPP por cantón, asociando los datos cantonales con la respectiva región, según la información tabular disponible para la división territorial administrativa de MIDEPLAN.

La Región Huetar Norte (RHN) cuenta con la mayor concentración del PPP, ya que suma un total de 259.517,94 ha y representa el 25,56% del área total del paisaje productivo de pastos registrado a nivel nacional; seguida por la Región Chorotega con un total de 255.765,33 ha, que equivale al 25,19% de la superficie del país. Estos datos concuerdan con los resultados del último CENAGRO (Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), 2015) los cuales revelaron en su momento, que estas dos regiones son las más importantes del país en cuanto a la actividad pecuaria; donde predomina la ganadería bovina para la producción de carne y leche; así como la producción porcina.

La región Brunca se ubica en el tercer lugar con un total de 173.308,32 hectáreas del PPP que representa el 17,07% de la cobertura total a nivel nacional. Por otra parte, las regiones en donde se identificó una menor extensión del PPP son la Región Central, Huetar Caribe y Pacífico Central con un área total en hectáreas de 138.098,27 (13,60%), 108.548,22 (10,69%) y 79.917,19 (7,87%) respectivamente (Cuadro 6).



| | |
|--|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 80 de 117 |

Cuadro 6. Resultados obtenidos para el PPP por región según la división territorial administrativa de MIDEPLAN para el año 2018.

| Región | Superficie total (ha) | Área del paisaje productivo de pastos (ha) | Proporción Nacional (%) | Proporción Regional (%) |
|------------------|-----------------------|--|-------------------------|-------------------------|
| Huetar Norte | 942.981,11 | 259.517,94 | 25,56 | 27,52 |
| Chorotega | 1.019.630,12 | 255.765,33 | 25,19 | 25,08 |
| Brunca | 953.731,40 | 173.308,32 | 17,07 | 18,17 |
| Central* | 889.764,04 | 138.098,27 | 13,60 | 15,52 |
| Huetar Caribe | 917.696,02 | 108.548,22 | 10,69 | 11,83 |
| Pacífico Central | 393.241,63 | 79.917,19 | 7,87 | 20,32 |
| Total | 5.117.044,32 | 1.015.155,26 | 100,00 | |

*Los resultados se analizaron con base en la división oficial de cantones en el país, los cuales se agruparon por región, se hace la salvedad de que los distritos de Sarapiquí del cantón de Alajuela y Peñas Blancas del Cantón de San Ramón que pertenecen a la Región Huetar Norte fueron contemplados en el análisis espacial dentro de la Región Central.

Fuente: Laboratorio PRIAS.

| | |
|---|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 81 de 117 |

4.2 Análisis de resultados por región (agrupación de cantones)

4.2.1 Región Huetar Norte

De acuerdo con los datos del INEC (2015), la Región Huetar Norte es la más sobresaliente del país en cuanto a la actividad pecuaria (ganadería bovina, producción láctea, y producción porcina). En la RHN confluyen una serie de factores que dan razón a la importancia de la ganadería. Por un lado, las condiciones agroecológicas (clima y suelos) presentes en los diferentes cantones de la RHN son muy favorables para el desarrollo de actividades agropecuarias (Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN), 2014a).

Por otra parte, según (León & Blanco, 2018), el patrón de asentamiento de la RHN, iniciado en el último tercio del siglo XIX, propició que las primeras generaciones de colonos se establecieran y explotaran la tierra basando su economía en la ganadería, lo cual luego se acentuó en el primer tercio del siglo XX con la introducción de tecnologías mejoradas que facilitaron la apertura al mercado internacional de carnes y potenció al sector ganadero con la expansión de sistemas más eficientes en la producción de carne y leche. Aunado a esto, otro gran factor es la presencia de múltiples organizaciones locales como cooperativas y cámaras de producción, que fomentan la actividad agropecuaria, dentro de las cuales destaca la Cooperativa Dos Pinos que convirtió a la región en la principal suplidora de leche a nivel país (Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN), 2014a) (León & Blanco, 2018).

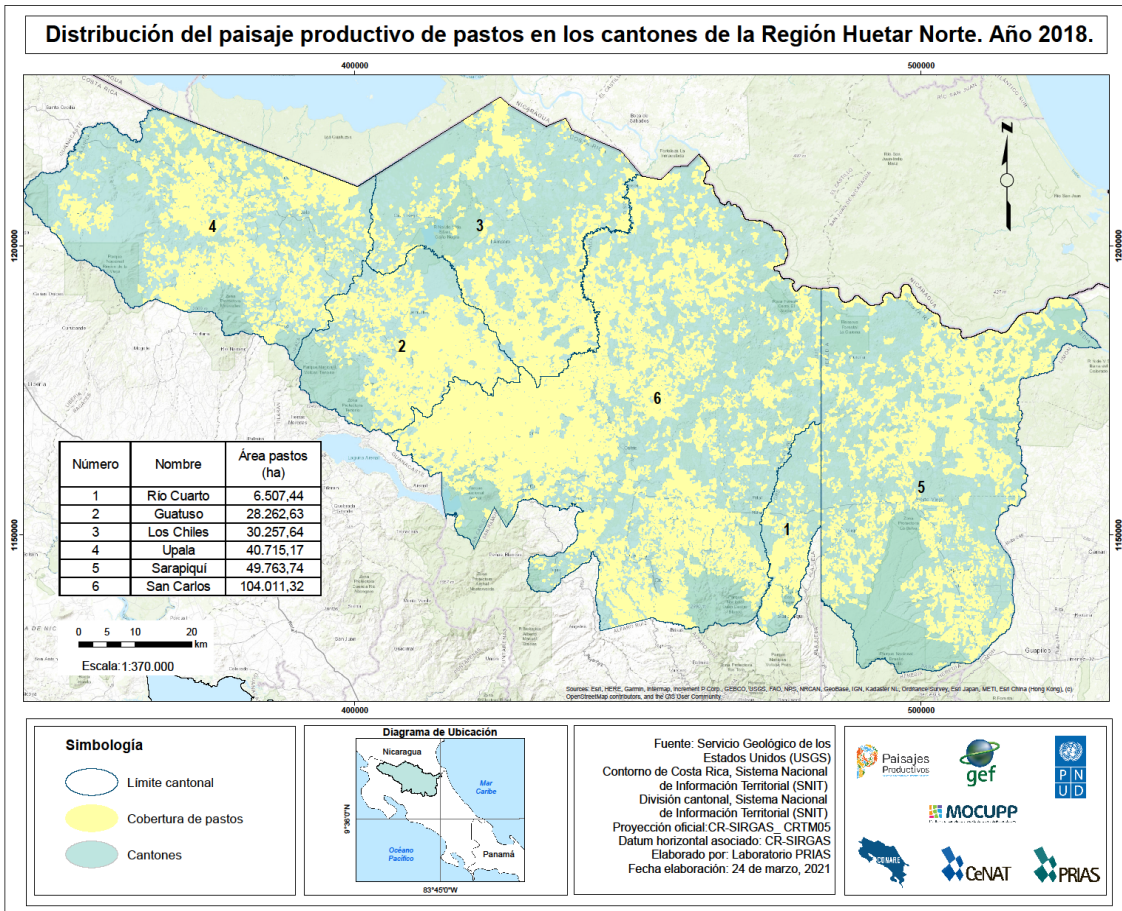


Figura 37. Distribución del paisaje productivo de pastos en los cantones de la región Huetar Norte para el año 2018. Fuente: Laboratorio PRIAS.

A nivel de cantones, la RHN reúne a cuatro de los diez cantones con mayor cantidad del PPP a nivel país, en donde destaca San Carlos como el cantón número uno en Costa Rica para este apartado (Figura 37). De acuerdo con la (Municipalidad de San Carlos, 2014), la ganadería es la principal industria de este cantón, el cual produce el 65% de la leche y más de la mitad de la carne que se consume en todo el país. La dispersión de los cantones en términos de cantidad de hectáreas y porcentaje de su área dedicada al PPP se muestra en la Figura 38, en donde se refleja la preponderancia de San Carlos en cantidad de hectáreas, sin embargo, el cantón de Guatuso presenta mayor porcentaje de ocupación del PPP. Una observación que evidencia la importancia de la RHN con respecto al PPP es que todos los cantones presentan más del 20% de su territorio dedicado a este paisaje, lo cual está por encima de la media nacional (19,84%).

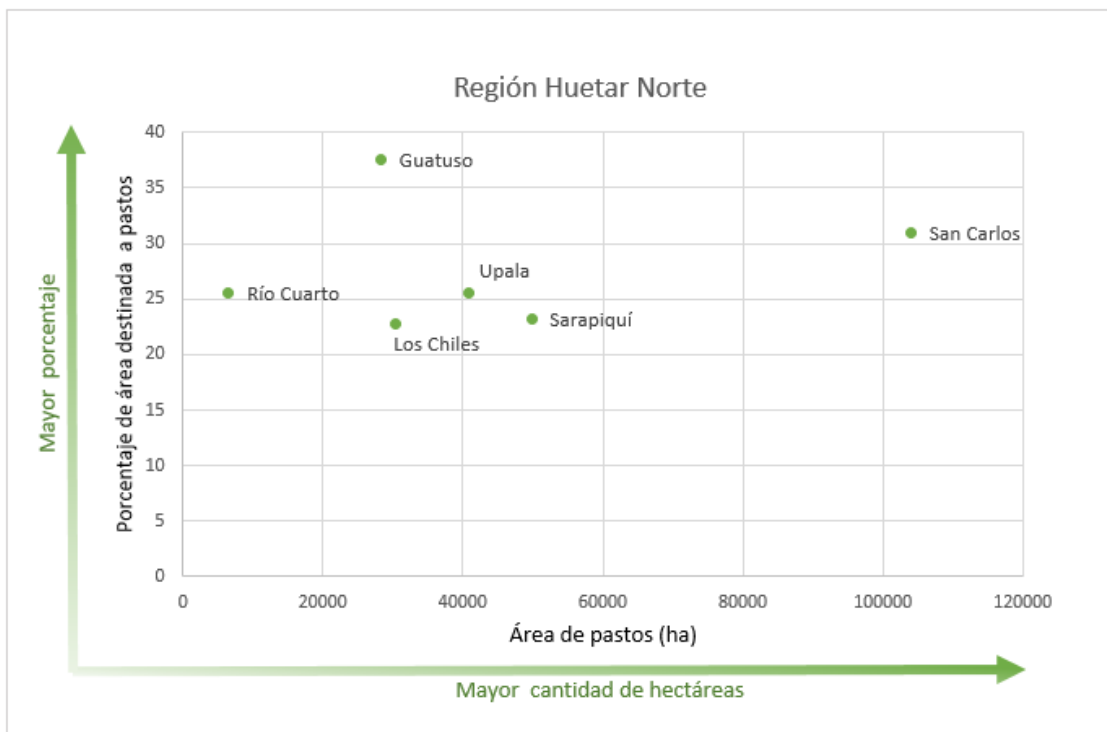


Figura 38. Gráfico de dispersión de los cantones de la región Huetar Norte según el área (ha) de PPP y el porcentaje de área dedicado al PPP para el año 2018. Fuente: Laboratorio PRIAS.

4.2.2 Región Chorotega

La región Chorotega, cuenta con un total de 11 cantones, los cuales concuerdan con la división cantonal de la provincia de Guanacaste. La distribución espacial del PPP en estos cantones se puede observar en la Figura 39.

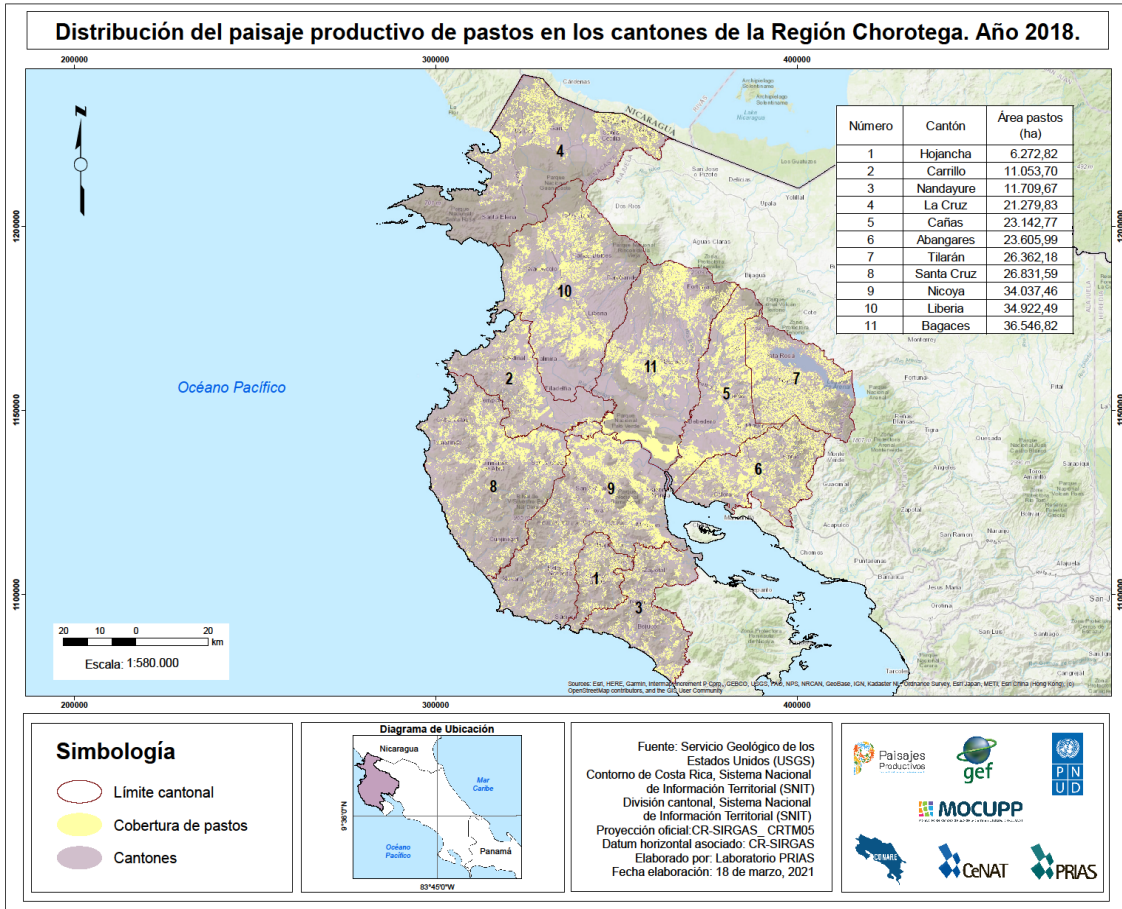


Figura 39. Distribución del paisaje productivo de pastos en los cantones de la región Chorotega para el año 2018. Fuente: Laboratorio PRIAS.

| | |
|---|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 85 de 117 |

Históricamente la ganadería ha sido una actividad de suma importancia en la región Chorotega. De acuerdo con (Arias, Sánchez, & Torres, 2011) para el año 1979, el 30% del territorio de la región correspondía a pastos, y para 1992 este uso de la tierra alcanzó a representar 44,5% del territorio, sin embargo, a partir de dicho año comenzó una seria disminución de esta tendencia debido a la crisis ganadera.

Según los datos del último CENAGRO (Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), 2015), el sector agropecuario genera aproximadamente el 22,9% de los empleos totales de la provincia de Guanacaste, y del total de productores de este sector, un 34% están dedicados a la ganadería bovina. Otras actividades económicas que han tomado relevancia en la región son la generación de energías limpias (hidroeléctrica, geotérmica y eólica), el turismo y ecoturismo (Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN), 2014b).

En la Figura 40 se puede observar que el cantón de Bagaces cuenta con la mayor cantidad de área del PPP en la región, seguido de Liberia y Nicoya. Sin embargo, es importante señalar que el cantón de Tilarán es el que presenta mayor porcentaje de su área total dedicada al PPP con un 39,39%, seguido por Abangares y Cañas con 36,54% y 33,68% respectivamente. Al otro lado del espectro se encuentra el cantón de Hojancha con la menor cantidad del PPP en la región con 6.272,82 ha y el cantón de La Cruz con el menor porcentaje de ocupación del cantón (15,36%).



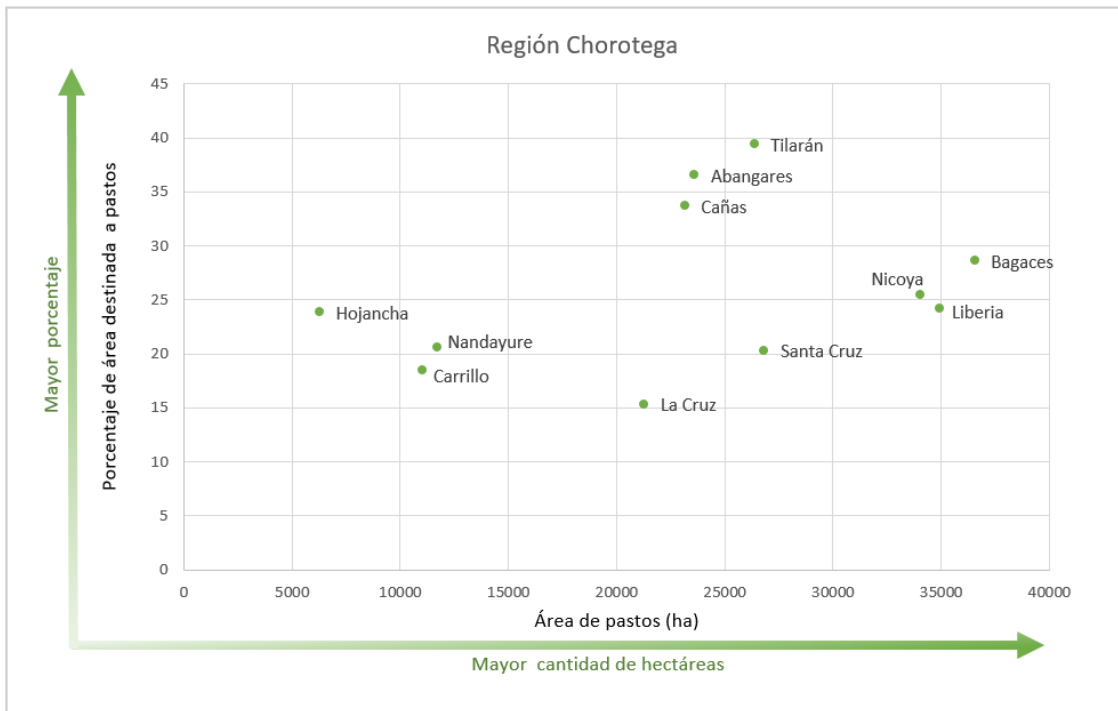


Figura 40. Gráfico de dispersión de los cantones de la región Chorotega según el área (ha) del PPP y el porcentaje de área dedicado al PPP para el año 2018. Fuente: Laboratorio PRIAS.

4.2.3 Región Brunca

La región Brunca se caracteriza por ser el segundo territorio de mayor área a nivel nacional con un total de 953.731,40 hectáreas y se posiciona como la tercera región con mayor ocupación del territorio cubierto por el PPP dentro de los resultados encontrados en este estudio, ya que en la región se identificaron un total de 173.308,32 ha del paisaje productivo de pastos, lo que representa un 17,07% de la superficie Nacional. Además, cubre un 18,17% de la superficie total de la región.

Al comparar los resultados con estudios previos, se obtuvo una menor cantidad de hectáreas dedicadas al pastoreo, ya que según MIDEPLAN (2014c) aproximadamente un 32,4% de las tierras están dedicadas a pastos. Por su parte, el Comité Sectorial Regional Agropecuario (CSRA) (2015) menciona que la región presenta aproximadamente 200.444 ha que son utilizadas para la ganadería. Este último estudio, considera que uno de los parámetros que han influido en la disminución de áreas de pastos se pueda deber a la expansión y cambio de uso del suelo para desarrollar cultivos como palma aceitera y piña en la región.

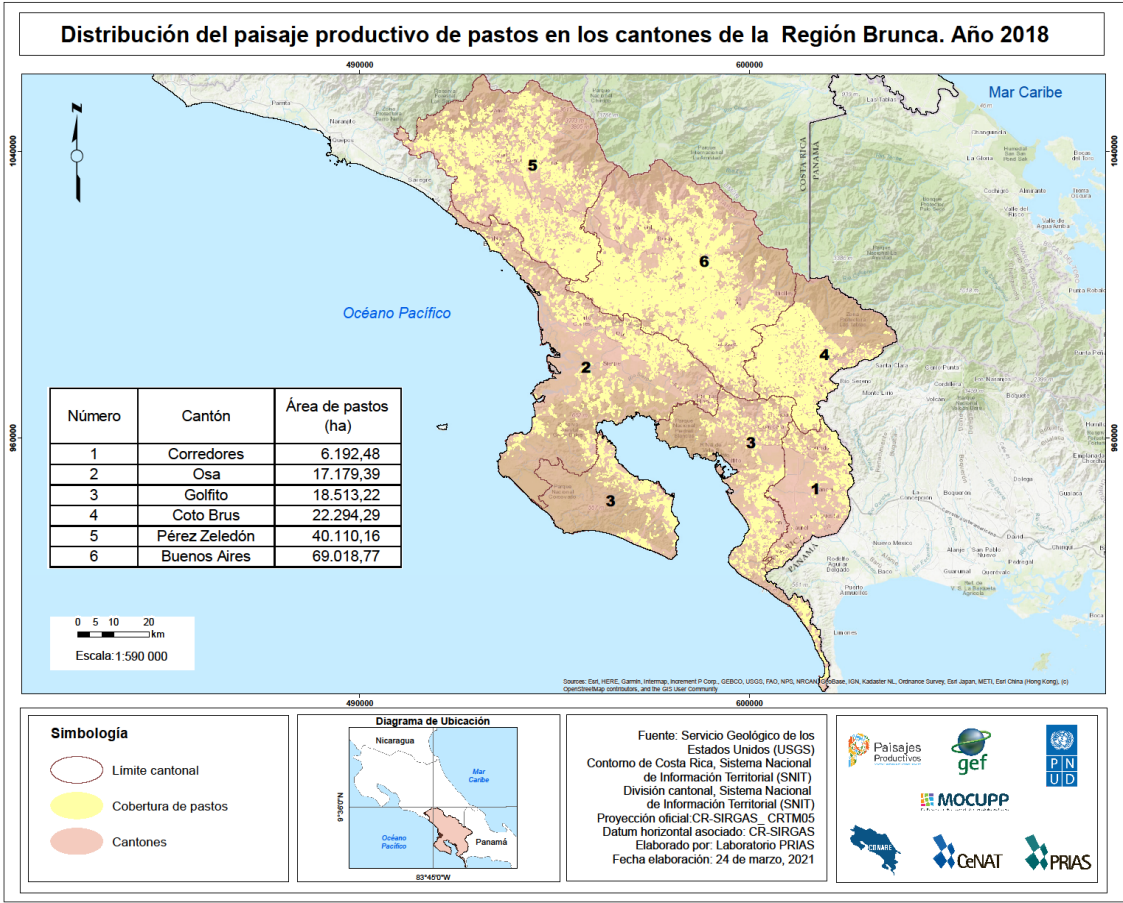


Figura 41. Distribución del paisaje productivo de pastos en los cantones de la región Brunca para el año 2018. Fuente: Laboratorio PRIAS.

| | |
|---|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 88 de 117 |

A nivel cantonal, como se puede observar en la Figura 41, el estudio identificó que el paisaje productivo de pastos está distribuido por toda la región Brunca y el cantón que presenta mayor área es Buenos Aires con 69.018,77 hectáreas, seguido de Pérez Zeledón, con 21,10% de pastos productivos, lo que significa un total de 40.110,16 ha. Según el MAG (2007), las zonas con más cabezas de ganado y fincas pecuarias de mayor extensión y población ganadera se localiza en el cantón de Buenos Aires con un 28% de la región, seguido de Pérez Zeledón con un 24%. Por su parte, el cantón de Corredores presenta menor índice poblacional de bovinos y fincas ganaderas con apenas un 7%.

Para el cantón de Coto Brus se determinó un total de 22.294,29 hectáreas de PPP, siendo el tercer cantón de la región con mayor superficie ocupada. El Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (2013), menciona que los cantones de Buenos Aires y Coto Brus comparten muchas similitudes en el ámbito geográfico y cultural, donde la economía se basa en el desarrollo agropecuario, principalmente en la ganadería y agricultura. Sin embargo, el cantón de Coto Brus se caracteriza por ser una zona óptima para el desarrollo del café y por basar parte de la economía en este cultivo.

El estudio encontró que los cantones con menor superficie del paisaje productivo de pastos son Golfito con 18.513,22 ha, Osa con 17.179,39 ha y Corredores con 6.192,48 ha. A nivel territorial estos cantones presentan menor área en comparación a Buenos Aires, Pérez Zeledón y Coto Brus; además, divisionalmente están agrupados por el INDER como un solo territorio (Sur bajo) debido a las condiciones étnicas, sociales, culturales, naturales y económicas (Román & Angulo, 2013).



En el ámbito agropecuario, los cantones basan su producción en los cultivos de plátano, arroz y rambután en menor escala, en mayor proporción sobresalen la ganadería y el cultivo de palma aceitera (Instituto de Desarrollo Rural (INDER), 2014a); este último, según Vargas, Miller, Hernández & Madrigal (2020) con el pasar de los años ha reflejado un crecimiento favorable en el territorio, posicionando a la región Brunca como la zona de mayor producción de aceite de palma a nivel nacional.

Lo anterior se puede verificar en la Figura 42, donde se demuestra que los cantones de mayor superficie territorial de la región Brunca (Buenos Aires, Pérez Zeledón y Coto Brus), son los cantones con mayor presencia del PPP y de mayor ocupación dentro del territorio. Sin embargo, es importante mencionar que Coto Brus tiene mayor ocupación de superficie de pastos (23,61%) en comparación con Pérez Zeledón que tiene mayor extensión de PPP que Coto Brus con un 21,10%.

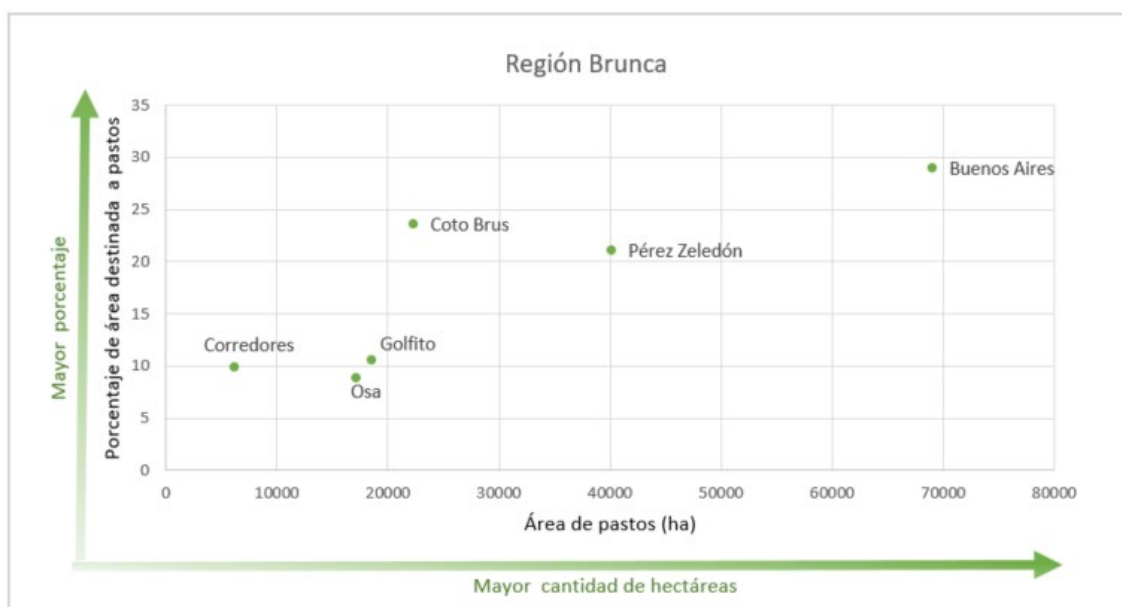


Figura 42. Gráfico de dispersión de los cantones de la región Brunca según el área (ha) de PPP y el porcentaje de área dedicado al PPP para el año 2018. Fuente: Laboratorio PRIAS.

| | |
|---|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 90 de 117 |

4.2.4 Región Central

De acuerdo con MIDEPLAN (2014d), en la región central el 65% de su población se dedica al sector servicios (sector terciario), lo cual es un comportamiento típico de una población urbana; mientras que el 20% se dedica al sector secundario y tan solo el 15% al sector primario.

La región Central contiene a la Gran Área Metropolitana (GAM), la cual concentra el 52,7% de la población de Costa Rica en tan solo el 3,73% del territorio nacional (Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos (MIVAH), 2013); sin embargo, la periferia de la región está constituida por poblados históricamente rurales en donde hay una mayor cantidad de espacios naturales y cuyas economías se basan principalmente en actividades como la ganadería y la agricultura (Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN), 2014d).

En la Figura 43 se muestra la distribución del PPP para el año 2018 a lo largo de los cantones que integran la región central. Es importante señalar que los distritos de Sarapiquí del cantón de Alajuela y Peñas Blancas del cantón de San Ramón pertenecen a la región Huetar Norte.



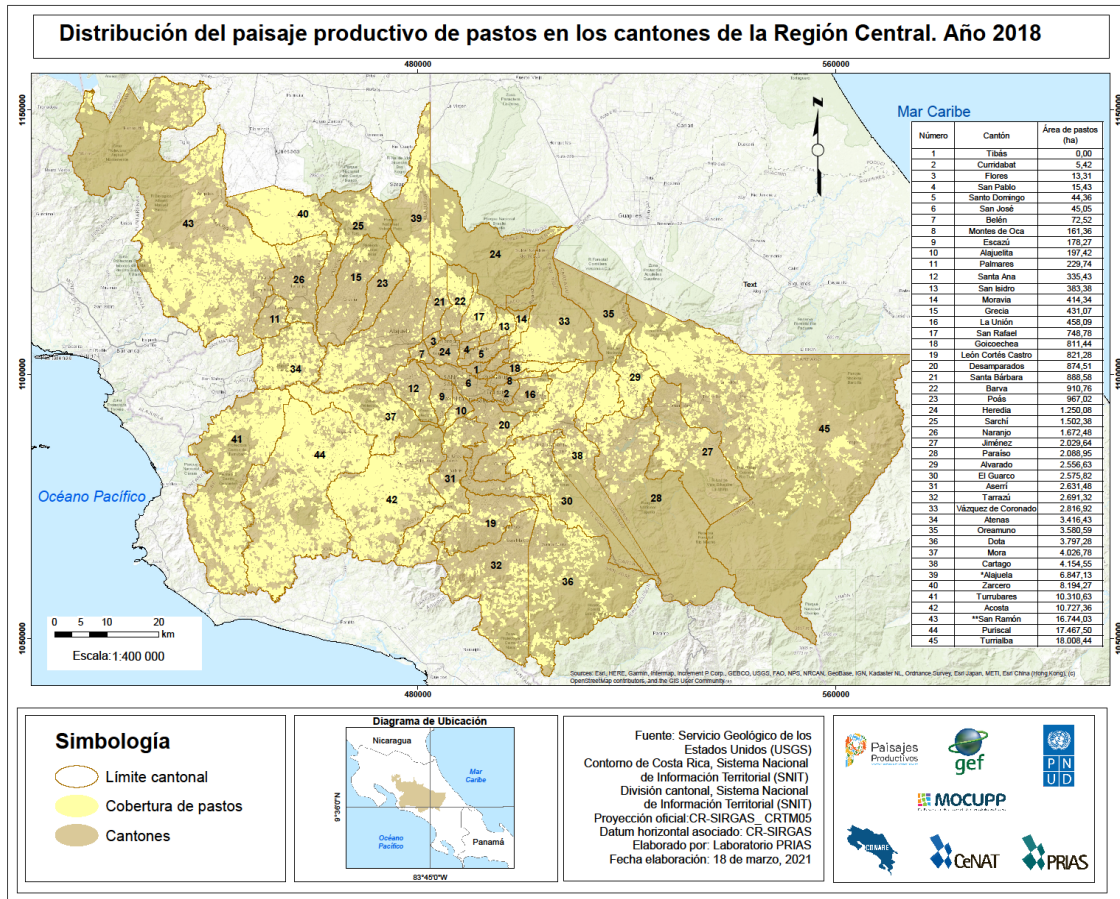


Figura 43. Distribución del paisaje productivo de pastos en los cantones de la región Central para el año 2018. Fuente: Laboratorio PRIAS.

La Figura 44 precisa a los cantones de la región con mayor cantidad de PPP. Coincidentemente, se puede apreciar que estos cantones están todos fuera de los límites de la GAM. Turrialba destaca como el cantón con más extensión PPP en toda la región. De acuerdo con el INDER (2014b), en las zonas altas de Turrialba se desarrolla principalmente la actividad de ganadería para lácteos, donde sobresale el distrito de Santa Cruz, reconocido a nivel nacional por la producción del “queso Turrialba”, producto con denominación de origen. Por otra parte, en cuanto a proporción de área, es importante resaltar al cantón de Zarcero el cual contiene un 52,07% de su territorio cubierto por el PPP, siendo inclusive el cantón con mayor porcentaje de ocupación de pastos en el país.

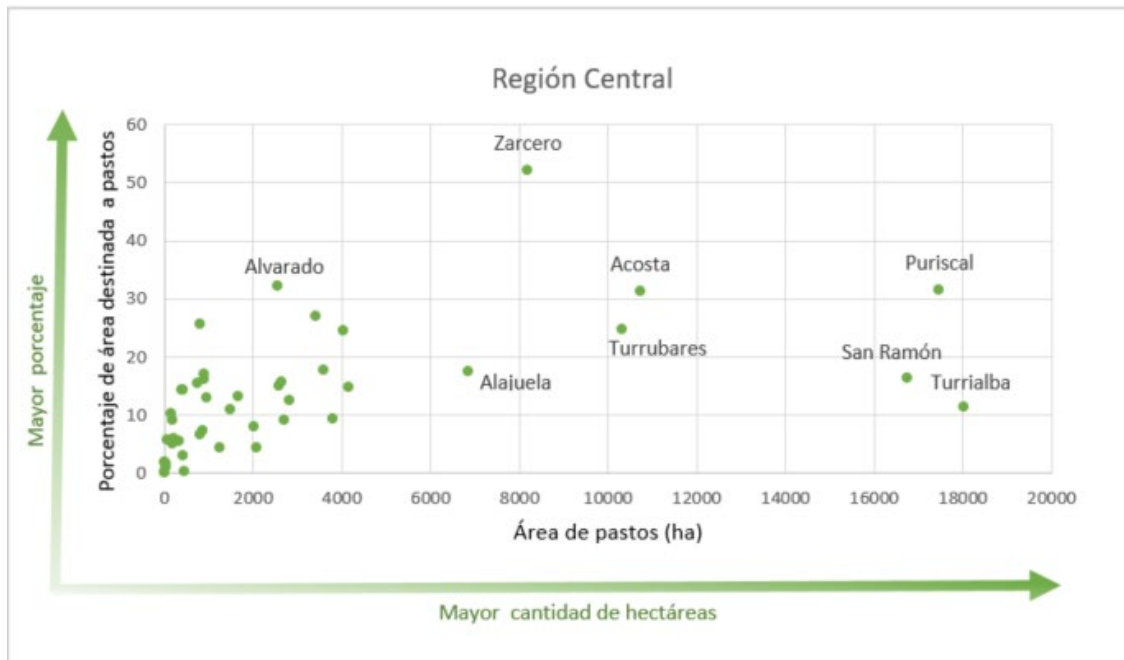


Figura 44. Gráfico de dispersión de los cantones de la región Central según el área (ha) de PPP y el porcentaje de área dedicado al PPP para el año 2018. Fuente: Laboratorio PRIAS.

4.2.5 Región Huetar Caribe

La Región Huetar Caribe es la que presenta un menor porcentaje de su superficie dedicada al paisaje productivo de pastos. A nivel nacional, la región se encuentra en la cuarta posición con una extensión territorial de 917.696,02 hectáreas; de las cuales el MOCUPP identificó 108.548,22 hectáreas que corresponden al PPP (Figura 45). A pesar de poseer una gran unidad territorial, presenta el menor porcentaje en relación con su superficie total, con apenas un 11,83%. Estos resultados pueden estar vinculados con el espacio ocupado por las Áreas Silvestres Protegidas que están presentes en la región; ya que según el MIDEPLAN (2014e), el territorio presenta un 38,8% del área bajo esta esta modalidad.

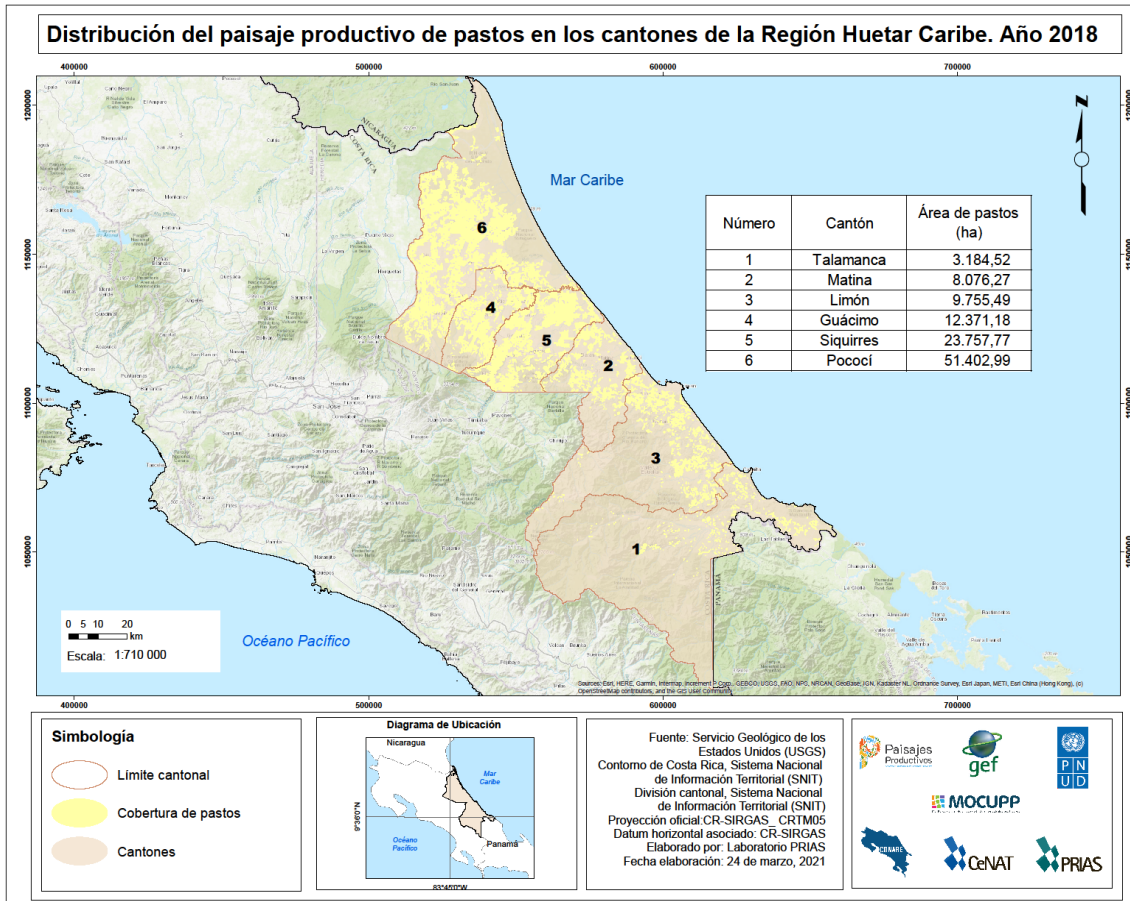


Figura 45. Distribución del paisaje productivo de pastos en los cantones de la región Huetar Caribe para el año 2018. Fuente: Laboratorio PRIAS.

No obstante, en la región se encuentra el tercer cantón con mayor superficie dedicada a la producción de pastos en el país, como lo es Pococí con aproximadamente 51.402,99 hectáreas utilizadas en el desarrollo del sector, lo que equivale a un 47.3% de la región (Figura 45). Según el estudio realizado por el MIDEPLAN (2014e), la relación económica y productiva del cantón de Pococí está basada en la diversidad productiva en el desarrollo ganadero y uso de pastizales; a diferencia de otros cantones como Matina y Siquirres donde la actividad principal está enfocada en la producción de piña y banano.

| | |
|---|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 94 de 117 |

Por otro lado, los datos obtenidos se pueden correlacionar con el índice de la población económicamente activa del cantón, donde un 45% de las personas laboran en el sector agropecuario, principalmente en la ganadería. Esta actividad se considera como baluarte en la economía del territorio, debido a la comercialización de 3.000 animales por semana en promedio, en los tres centros establecidos para subastar ganado como lo son ExpoPococí, Río Blanco y Palermo de Cariari; lo que ha beneficiado a los dueños de fincas y colaborado en las crisis relacionadas a la actividad (Instituto de Desarrollo Rural (INDER), 2015).

A nivel territorial, Talamanca es el cantón con mayor superficie de la región Huetar Caribe con 279.222,49 ha, sin embargo, como se muestra en la Figura 46, es el cantón con menor área y porcentaje de ocupación de la región con 3.184,52 ha y 1,14% respectivamente. Por su parte, se observa que Siquirres es el segundo cantón con mayor extensión del PPP con 23.757,77 ha y el primero con mayor porcentaje de área destinada a pastos con 27,78%.



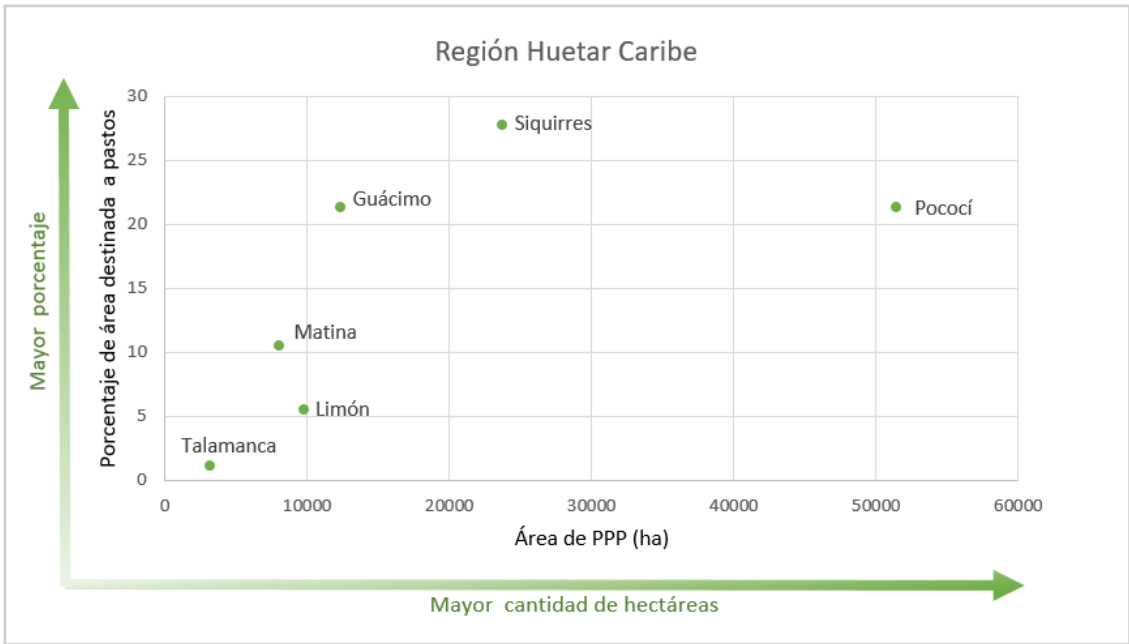


Figura 46. Gráfico de dispersión de los cantones de la región Huetar Caribe según el área (ha) de PPP y el porcentaje de área dedicado al PPP para el año 2018. Fuente: Laboratorio PRIAS.



| | |
|---|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 96 de 117 |

4.2.6 Región Pacífico Central

A nivel nacional, el estudio determinó que la región Pacífico Central es el territorio que presenta menor cantidad de área del PPP con 79.917,19 hectáreas, lo que representa un 7,87% del paisaje productivo del país (Figura 47). Dicho resultado, se relaciona con los datos publicados por el (Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN), 2014f), el cual menciona que Pacífico Central es la región de menor extensión territorial con 3.910,6 Km², lo que equivale al 7,6% del país. No obstante, al analizar los resultados obtenidos del PPP en relación con la superficie total del territorio, se determinó que Pacífico Central se ubica como la tercera región con mayor presencia del PPP respecto a su extensión territorial con 20,32%.

La región Pacífico Central se caracteriza por fomentar el uso de los diferentes sistemas de producción ganadera como lo son el sistema de producción de carne, sistema de producción de leche y sistema de doble propósito; este último, es el más utilizado en la región con un 84,7% del total de fincas ganaderas, dato que comparte con Huetar Norte, región con mayor extensión de pastos en el país (Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA), 2013).

A nivel regional, como se muestra en la Figura 47, Puntarenas se ubica como el cantón de mayor superficie territorial con un 47%, mientras que el cantón de San Mateo ocupa la menor extensión con apenas un 3% de la región, en comparación con el presente estudio, existe una correlación entre el tamaño del área procesada con los pastos identificados, ya que el cantón que presenta mayor presencia del PPP en la RPC es Puntarenas con 38.383,18 hectáreas y el de menor presencia corresponde a San Mateo con 3.544,22 ha.

Distribución del paisaje productivo de pastos en los cantones de la Región Pacífico Central. Año 2018.

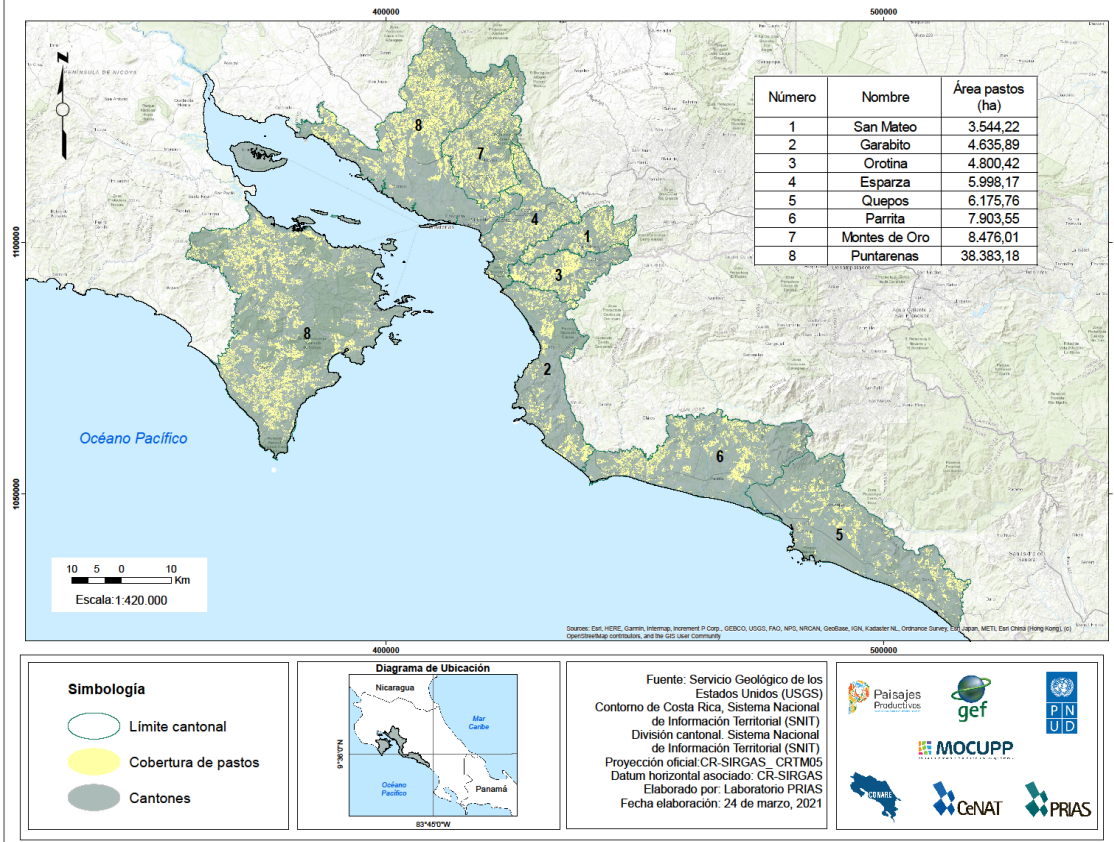


Figura 47. Distribución del paisaje productivo de pastos en los cantones de la región Pacífico Central para el año 2018. Fuente: Laboratorio PRIAS.

Montes de Oro se ubica como el segundo cantón con mayor presencia del PPP con 8.476,01 hectáreas; sin embargo, es el cantón que posee mayor proporción de pastos en relación con la extensión total por cantón con 34,23%; por encima de Orotina con 33,08%, San Mateo con 28,35%, Esparza con 27,61% y Puntarenas con 20,86%. Esto evidencia que Puntarenas a pesar de contener la mayor cantidad de pastos en la región, no es el cantón con mayor porcentaje de ocupación del PPP (Figura 48).

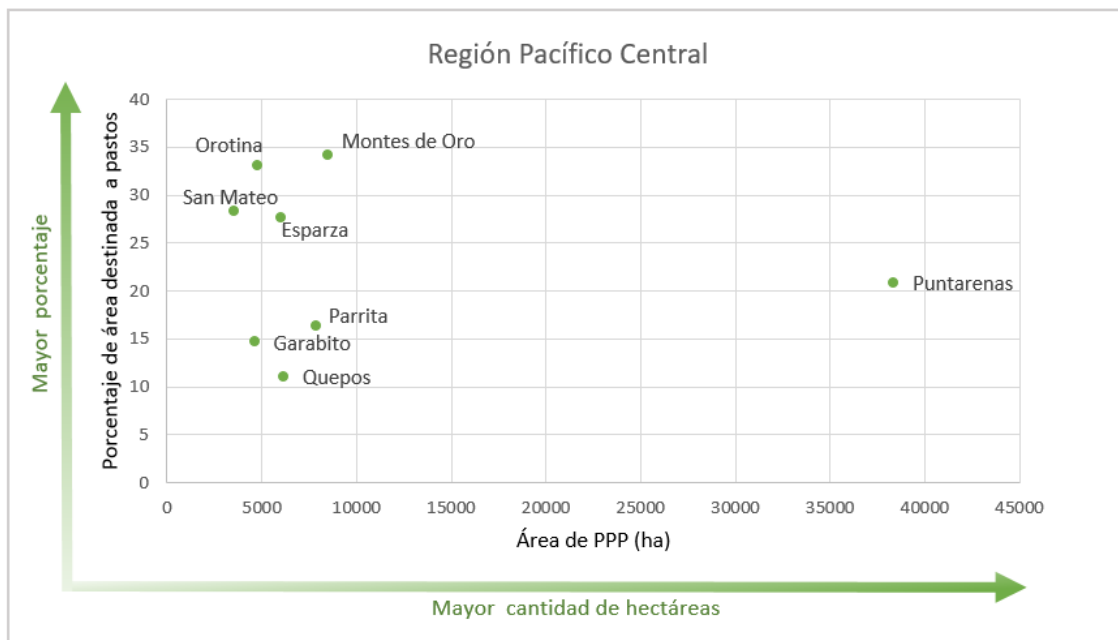


Figura 48. Gráfico de dispersión de los cantones de la región Pacífico Central según el área (ha) de PPP y el porcentaje de área dedicado al PPP para el año 2018. Fuente: Laboratorio PRIAS.

| | |
|---|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 99 de 117 |

V. CONCLUSIONES

El estudio logró identificar un total de 1.015.155,26 hectáreas del paisaje productivo de pastos, el cual se encuentra distribuido en los 82 cantones del país.

La validación de la capa se basa en la verificación de las áreas clasificadas utilizando el método de la matriz de confusión con un nivel de confianza de 99% y un error permitido de 10%. La exactitud calculada para esta capa corresponde a un 91% y una kappa de 0,8.

Los cantones con mayor extensión de pastos productivos en Costa Rica son San Carlos (104.011,32 ha), Buenos Aires (69.018,77 ha) y Pococí (51.402,99 ha).

Los cantones con menor extensión de pastos productivos en Costa Rica son Tibás (0,0015 ha), Curridabat (5,42 ha), Flores (13,31 ha), San Pablo (15,43 ha) y Santo Domingo (44,36 ha).

El estudio evidencia que prácticamente la mitad de la extensión del PPP (49,15%) se concentra en los 10 cantones con mayor cantidad de hectáreas de pastos productivos (San Carlos, Buenos Aires, Pococí, Sarapiquí, Upala, Pérez Zeledón, Puntarenas, Bagaces, Liberia, Nicoya), mientras que el 50,85% se distribuye en los 72 cantones restantes.

El cantón con mayor proporción de ocupación del PPP es Zarcero con un 52,07% de su superficie total.

A nivel regional, se determinó que las regiones Huetar Norte y Chorotega comprenden más del 50% del total del PPP.



| | |
|---|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 100 de 117 |

VI. RECOMENDACIONES

En este estudio se contempló un análisis cantonal para la presentación de los resultados obtenidos en la capa del paisaje productivo de pastos 2018. Debido a la inexistencia de un archivo vectorial de carácter oficial con los límites de las regiones de MIDEPLAN, los datos se calcularon mediante la agrupación de cantones según la capa del IGN publicada en el SNIT. Lo anterior dificultó el análisis de los datos por región, tal como se ha realizado en otros paisajes productivos del MOCUPP, ya que los límites regionales no corresponden a límites cantonales sino distritales. El análisis por distritos no fue contemplado para este proyecto debido al tiempo que abarca, por lo que se recomienda:

- Realizar posterior un análisis distrital del comportamiento del paisaje productivo de pastos para el país.
- Realizar un análisis posterior por regiones actualizando los datos distritales.
- Hacer del conocimiento al MIDEPLAN la necesidad de contar con una capa digital disponible en el SNIT que contenga las divisiones regionales para que la información tabular y espacial pueda tener concordancia y se faciliten los procesos de tratamiento y análisis de los datos espaciales.

Se recomienda para estudios futuros mantener el nivel académico del personal a cargo del procesamiento de datos espaciales, con el objetivo de asegurar la confiabilidad del dato que se genera.

Se recomienda mantener el muestreo de datos en campo para la utilización de información en los procesos de clasificación y validación de la información para asegurar la confiabilidad de los datos.

| | |
|---|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 101 de 117 |

Para la interpretación de áreas con alta nubosidad se implementó la utilización de mosaicos de imágenes con GEE y revisión de imágenes de todo el año de estudio. Como oportunidad de mejora es necesario explorar la posibilidad de incorporar datos radar para el monitoreo de los paisajes, en áreas que con frecuencia presentan alta nubosidad durante todo el año y que dificulta la interpretación del dato.

Basado en el muestreo de campo se recomienda la incorporación de personal atinente al paisaje productivo, ya sea personal del MAG, del MINAE, o bien los mismos productores. Esto podría mejorar la interpretación del dato de campo, el acceso a áreas privadas, la clarificación del comportamiento anual del paisaje, por ejemplo, en casos donde hay rotación anual de los cultivos, áreas en las que se combinan sistemas pastoriles, árboles en potrero con otros cultivos como chile, chayote o incluso palma aceitera, entre otros.

Se recomienda mantener la infraestructura tecnológica para el procesamiento de los datos a futuro, tanto en conexiones de red como en equipo de cómputo para las estaciones de trabajo y equipo de almacenamiento y procesamiento automatizado para el centro de datos; esto permitió mantener el flujo de trabajo durante la pandemia por la COVID-19 y culminar con los resultados en el tiempo esperado.

Se recomienda socializar los conceptos generados para el MOCUPP, como información de alta confiabilidad para ser utilizada en la toma de decisiones por las autoridades de las diferentes instituciones con el fin de optimizar el aprovechamiento de los recursos en las estrategias de atención a metas país.

Este estudio contempló una revisión sobre áreas de humedales que concuerda con la capa proporcionada por el SNIT con nombre “Registro Nacional de humedales” dentro del nodo del SINAC y otras áreas que, de acuerdo con la interpretación de los datos de los investigadores encargados, presentan características similares a

| | |
|--|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 102 de 117 |

un humedal. Se recomienda que dichas áreas sean evaluadas por personal del SINAC para valorar su incorporación en las actualizaciones de la capa del INH.

Se recomienda considerar al personal del Laboratorio PRIAS para la socialización de los datos del MOCUPP y para las capacitaciones a otras instituciones, como parte de la masa crítica formada durante la ejecución del proyecto.

Se recomienda explorar análisis de datos en donde se considere la capa del paisaje productivo de pastos con datos de producción que ayuden a comprender mejor la dinámica del paisaje y genere nueva información inexistente para instituciones como PROCOMER, MAG, Cooperativas ganaderas, lecheras y otras.

Se recomienda explorar la utilización de la capa del PPP en análisis de estudios de denominación de origen.



| | |
|--|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 103 de 117 |

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- National Aeronautics and Space Administration, (NASA). (2005a). *Observation satellites*. NASA. Obtenido de <https://history.nasa.gov/conghand/satobsrv.htm>
- Agencia Espacial Europea (ESA). (2000-2021). *Sentinel en línea*. Recuperado el 01 de 03 de 2021, de <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions/sentinel-2/overview>
- Aguilar, H., Blanco, B., Calvo, Y., Ortega, M., & Vargas, A. &. (2019). *I Entrega: Informe I - Pastos sin árboles Costa Rica*. . CeNAT-PRIAS.
- Aguilar, H., Blanco, B., Calvo, Y., Ortega, M., Vargas, A., & Vargas, Y. (2019). *Pastos sin árboles Costa Rica*. San José: CeNAT-PRIAS.
- Aguilar, H., Blanco, B., Calvo, Y., Vargas, A., & Vargas, Y. (2019). *Piloto Pastos sin árboles ACLAP*. San José: CeNAT-PRIAS.
- Aguilar, H., Brandon, B., Calvo, Y., Ortega, M., Romero, D., Vargas, A., & Vargas, Y. (2020). *Informe piloto del paisaje productivo de pastos menor al 30% de cobertura arbórea para el año 2018*. CeNAT-PRIAS. San José: CeNAT-PRIAS.
- Araya, J. L. (2015). *Plan Regional de Desarrollo Agropecuario y Rural 2016-2018*. Obtenido de http://www.infoagro.go.cr/InfoRegiones/Documents/PRDAR_2015-2018_PacificoCentral.pdf
- Arias, R., Sánchez, L., & Torres, J. (2011). *Análisis de Competitividad Territorial y Mercado de Trabajo*. Universidad de Costa Rica. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Rafael-Arias-4/publication/316526818_Analisis_de_Competitividad_Territorial_y_Mercado_de_Trabajo_en_la_Region_Chorotega/links/59023340aca2725bd7222854/Analisis-de-Competitividad-Territorial-y-Mercado-de-Trabajo-en-la-R
- Arroyo, L., Cocero, D., Manzanera de la Vega, J., & García, L. &. (2005). El empleo de clasificadores de contexto para la obtención de cartografía en la interfase urbano forestal. *Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*(5), 115-128. Recuperado el 03 de marzo de 2021
- Avogadro, E., & Padró, J. (2019). Diferenciación de plantaciones forestales en Entre Ríos (Argentina): Comparación de métodos de clasificación aplicados a imágenes sentinel-2 y lan. *GeoFocus* 24. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.21138/GF.652>

| | |
|---|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 104 de 117 |

- Barrantes, J., & Jiménez, R. (2007). *Caracterización de la agrocadena de carne bovina*. Obtenido de <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/E70-10276.pdf>
- Benarchid, O., Raissouni, N., Sobrino, J., & El Ayyan, A. (2015). Aplicación del estimador de parámetros de segmentación por media-desplazada (EPSM) a las imágenes de satélite de muy alta resolución espacial: Tetuán (Marruecos). *Revista de teledetección*, 91-96. Obtenido de <https://polipapers.upv.es/index.php/raet/article/view/3511/4089>
- Bermúdez, G. (2018). *Evaluación del cambio de uso de la tierra y fragmentación de la cobertura forestal en el Cooredor Biológico Lago Arenal Tenorio, mediante técnicas de teledetección, Costa Rica. Universidad Nacional de Costa Rica*. Obtenido de https://www.repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/14282/1_Tesis%200%28Final%2020180226%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Catuna, R. (1995). La percepción remota y el análisis del espacio geográfico. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 5(2), 83-106. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rcg/article/view/70766>
- 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.
- Centro Nacional de Información Geoambiental [CENIGA]. (2020). Descripción del Sistema de Clasificación de Uso y cobertura de la Tierra propuesto para el SIMOCUTE. *Ambientico*, 273,23,24.
- Chuvieco, E. (2008). *Teledetección ambiental: La observación de la Tierra desde el Espacio* (Tercera ed ed.). España: Ariel SA.
- Chuvieco, E. (2010). *Teledetección ambiental: La observación de la Tierra desde el espacio*. Ariel S.a.
- Comité Sectorial Regional Agropecuario (CSRA). (2015). *PLAN REGIONAL DE DESARROLLO AGROPECUARIO Y RURAL 2015-2018*. Obtenido de http://www.infoagro.go.cr/InfoRegiones/Documents/PRDAR_2015-2018_Brunca.pdf
- Comité Sectorial Regional Agropecuario (CSRA). (2017). *Plan de acciones climáticas y gestión de riesgo 2018-2022*. Obtenido de http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/Documents/PACGR_2018-2022_RegionChorotega.pdf

| | |
|--|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 105 de 117 |

- Emanuelli, P., Duarte, E., Milla, F., Orellana, O., & López, S. (2016). *Sitio piloto cantón de Puriscal: Validación del mapa de cobertura forestal y uso de la tierra del año 2012*. doi:10.13140/RG.2.2.32894.59204
- Escobar, F., Hunter, G., Bishop, I., & Zerger, A. (S.f). *Introducción a los SIG*. Obtenido de https://www.geogra.uah.es/gisweb/1modulosespanyol/IntroduccionSIG/GISModule/GIST_Vector.htm
- ESRI. (2016). (Q. e. shapefile, Productor, & ArcMap) Recuperado el 01 de marzo de 2021, de <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/shapefiles/what-is-a-shapefile.htm>
- ESRI. (S.f). (A. d. ArcGIS, Productor) Obtenido de <https://www.esri.com/es-es/arcgis/about-arcgis/overview>
- European Space Agency (ESA). (2018). *Copernicus Overview*. ESA. Recuperado el 26 de 02 de 2021, de http://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Overview4
- FAO. (2012). *National Forest Monitoring and Assessment – Manual for integrated field data collection*. Roma.
- Food and Agriculture Organization (FAO),s.f. (s.f.). *Ganadería y deforestación*. Recuperado el 03 de 03 de 2021, de <http://www.fao.org/3/a0262s/a0262s.pdf>
- François, J., Reyes, J., & Pérez, A. (2003). Evaluación de la confiabilidad temática de mapas o de imágenes clasificadas: una revisión. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, (51)*, 53-72. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n51/n51a5.pdf>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta ed.). McGRAW-HILL. Obtenido de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Instituto de Desarrollo Rural (INDER). (2014a). *Informe de caracterización básica del territorio sur bajo (Corredores, Golfito, Osa)*. Obtenido de <https://www.inder.go.cr/osa-golfito-corredores/Caracterizacion-Osa-Corredores-Golfito.pdf>
- Instituto de Desarrollo Rural (INDER). (2014b). *Informe de Caracterización Integral Básica, Territorio Turrialba-Jiménez*. Obtenido de <https://www.inder.go.cr/turrialba-jimenez/Caracterizacion-Turrialba-Jimenez.pdf>

| | |
|--|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 106 de 117 |

- Instituto de Desarrollo Rural (INDER). (2015). *Plan de desarrollo rural territorial de Pococí 2015-2020*. Obtenido de <https://www.inder.go.cr/pococi/PDRT-Pococi.pdf>
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). (2013). *Desarrollo territorial con enfoque de sistemas Agroalimentarios localizados (AT-SIAL) SurAlto, Costa Rica*. Obtenido de <http://repiica.iica.int/docs/B3353e/B3353e.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2015). *VI Censo Nacional Agropecuario 2014*. Obtenido de <http://inec.cr/sites/default/files/documentos/agropecuario/publicaciones/reagroecenagro2014-ti-006.pdf>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). (2015). *IV Censo Nacional Agropecuario 2014*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2015). *VI Censo Nacional Agropecuario 2014*. Obtenido de <http://inec.cr/sites/default/files/documentos/agropecuario/publicaciones/reagroecenagro2014-ti-006.pdf>
- Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA). (2013). *Diagnóstico de la ganadería bovina de carne, doble propósito y engorde para la identificación y selección de fincas en el proyecto “plataforma regional de información para la ganadería sostenible”*. San José, Costa Rica.
- Jensen, J. (2014). *Remote Sensing of the Environment An Earth Resource Perspective*. Obtenido de <https://www.pdfdrive.com/advances-in-environmental-remote-sensing-sensors-algorithms-and-applications-e168530139.html>
- León, J., & Blanco, N. (2018). *Análisis de factores que influenciaron el desarrollo de la región Norte de Costa Rica*. Universidad de Costa Rica. Obtenido de <http://iice.ucr.ac.cr/informes/B8271.pdf>
- Liu, Y., Guo, Q., & Kelly, M. (2008). A framework of region-based spatial relations for non-overlapping features and its application in object based image analysis. *Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 461-475. doi:doi:10.1016/j.isprsjprs.2008.01.007
- Marquina, J., & Mogollón, A. (2018). Niveles y escalas de levantamiento de información geográfica en sensores remotos. *Revista Geográfica Venezolana*, 59(1), 42-52. Obtenido de <https://www.redalyc.org/jatsRepo/3477/347760307004/html/index.html>

| | |
|--|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 107 de 117 |

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). (2007). *PLAN ESTRATEGICO DE LA CADENA PRODUCTIVA DE CARNE BOVINA*. Obtenido de <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/E70-4276.pdf>

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). (2015). *Estrategia para la Ganadería Baja en Carbono en Costa Rica*. MAG. Obtenido de <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/L01-11006.pdf>

Ministerio de Economía, Industria y Comercio (MEIC). (2013). *Agenda de competitividad para la Región Huetar Norte: Caracterización Socioeconómica de la Región Huetar Norte*. Obtenido de <https://www.munisc.go.cr/documentos/NuestraMunicipalidad/Caracterizaci%C3%B3n%20Socioecon%C3%B3mica%20de%20la%20Regi%C3%B3n%20Huetar%20Norte.pdf>

Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN). (2006). *Diagnóstico socioeconómico Región Brunca, 2006*. Obtenido de <http://www.infoagro.go.cr/Info regiones/RegionBrunca/Documents/DIAGN%C3%93STICO%20REGION%20BRUNCA%202006%20VERSION%20FINAL.pdf>

Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN). (2014a). *Región Huetar Norte plan de desarrollo 2030*. Obtenido de <https://documentos.mideplan.go.cr/share/s/NOU4cm0sShK72vT8xZ3WQQ>

Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN). (2014b). *Región Chorotega, Plan de desarrollo 2030*. Obtenido de <https://documentos.mideplan.go.cr/share/s/r5n-AC-LR9evM7CYXIYPsg>

Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN). (2014c). *Región Brunca. Plan de desarrollo 2030*. Obtenido de <http://www.sia.eurosocial-ii.eu/files/docs/1400674027-Region%20Brunca.pdf>

Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN). (2014d). *Región Central. Plan de desarrollo 2030*. Obtenido de <http://www.sia.eurosocial-ii.eu/files/docs/1400674771-Region%20Central.pdf>

Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN). (2014e). *Región Huetar Caribe, Plan de desarrollo. Competitividad y ordenamiento territorial al 2030*. Obtenido de <http://www.japdeva.go.cr/transparencia/canon/Region%20Huetar%20Caribe%20plan%20de%20Desarrollo.pdf>

| | |
|--|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 108 de 117 |

- Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN). (2014f). *Región Pacífico Central. Plan de desarrollo 2030*. Obtenido de https://documentos.mideplan.go.cr/share/s/Xvhmk_mcSlal2GRZPB7arQ
- Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN). (2017). *Costa Rica: estadísticas Regionales 2010-2015*. Obtenido de <http://obturcaribe.ucr.ac.cr/documentos-publicaciones/planes-y-programas/mideplan-1/312-costa-rica-estadisticas-regionales-2010-2015/file>
- Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN). (2017). *Costa Rica: Estadísticas Regionales 2010-2015*. Obtenido de <http://obturcaribe.ucr.ac.cr/documentos-publicaciones/planes-y-programas/mideplan-1/312-costa-rica-estadisticas-regionales-2010-2015/file>
- Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos (MIVAH). (2013). *Plan GAM 2013. Capítulos introductorios*. Obtenido de https://www.mivah.go.cr/Documentos/PlanGAM2013/01-DIMENSIONES/Capitulos_Introductorios.pdf
- Mora, V. (2020). *Caracterización Regional de la Región de Desarrollo Huetar Caribe 2020*. Obtenido de <https://www.mag.go.cr/regiones/rha/Caracteriazacion-regional.pdf>
- Municipalidad de San Carlos. (2014). *Actualización del Plan de Desarrollo Cantonal, San Carlos 2014-2024*. Obtenido de <https://www.munisc.go.cr/documentos/NuestraMunicipalidad/Plan%20de%20Desarrollo%20Cantonal%202014%20-%202024.pdf>
- National Aeronautics and Space Administration (NASA). (2005b). *Sputnik and the Origins of the Space Age*. NASA. Obtenido de <https://history.nasa.gov/sputnik/sputorig.html>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO]. (2009). *La larga sombra del ganado, problemas ambientales y opciones. Food and Agriculture Organization*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a0701s/a0701s.pdf>
- Poder Ejecutivo. (1985). *Reforma División Regional del Territorio de Costa Rica, para los efectos de investigación y planificación del desarrollo socioeconómico. N°16.068*. Obtenido de http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=59724&nValor3=66813&strTipM=TC

| | |
|--|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 109 de 117 |

- Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD]. (2015). *MOCUPP: monitoreo de cambio de uso en paisjes productivos*. Obtenido de <http://mocupp.org/sites/default/files/documento-mocupp-es.pdf>
- Promotora de Comercio Exterior de Costa Rica (PROCOMER). (2020). *El privilegio de la ubicación geográfica Central*. Obtenido de <https://www.procomer.com/noticia/exportador-noticia/blog-el-privilegio-de-la-ubicacion-geografica-de-pacifico-central/>
- QGIS. (S.f). (D. QGIS, Productor, & QGIS) Recuperado el 1 de Marzo de 2021, de <https://www.qgis.org/es/site/about/index.html>
- Rodríguez, D., & Sánchez, N. &. (2015). *Cuestiones de teledetección*. Universida Estatal a Distancia. Obtenido de <https://elibro.net/es/ereader/conare/48836>
- Román, M., & Angulo, J. (2013). *Panorama socioeconómico de los cantones de Osa y Golfito: tendencias y desafíos para el desarrollo sostenible*. San José, Costa Rica. Obtenido de https://inogo.stanford.edu/sites/default/files/Informe%20econ%C3%B3mico%20INOGO%20Feb%202013_2.pdf
- Rosales, A. (2015). *LEYENDA CLC-CR PARA LA GENERACIÓN DE MAPAS DE USO Y COBERTURA DE LA TIERRA DE COSTA RICA*. MAG-INTA. Obtenido de <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/P32-10829.pdf>
- Ruis, L., Estornell, J., & Erena, M. (2017). *Nuevas plataformas y sensores aplicados a la gestión del agua, la agricultura y el medio ambiente*. España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Sacristán, F. (2006). *La Teledetección satelital y los sistemas de protección ambiental*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/26479103_La_Teledeteccion_satelital_y_los_sistemas_de_proteccion_ambiental
- Sada, S., & Sanz, J. (2015). *Tratamiento de imágenes con ruido impulsivo mediante reglas difusas y algoritmos genético*. Universidad Pública de Navarra. Obtenido de <http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/19033/MemoriaTFG--SergioSada.pdf?sequence=1>
- SegemAR. (S.f). (C. b. Remotos, Productor) Recuperado el 2 de Marzo de 2021, de <http://www.segemar.gov.ar/igrm/sensores-remotos/>
- Sibelet, N., Chamayou, L., Newing, H., & Gutierrez, I. (2017). *Perceptions of Trees Outside Forests in Cattle Pastures: Land Sharing Within thhe Central*

| | |
|---|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 110 de 117 |

Volcanic Talamanca Biological Corridor, Costa Rica. doi:10.1007/s10745-017-9924-3

Sistema Nacional de Áreas de Conservación [SINAC]. (2015). *Cartografía base para el Inventario Forestal Nacional de Costa Rica 2013-2014.*

Space-Based Positioning Navigation & Timing. (S.f). Recuperado el 1 de Marzo de 2021, de El Sistema de Posicionamiento Global. GPS.GOV: <https://www.gps.gov/systems/gps/spanish.php>

Tec Digital. (2014). *Acerca de la GAM. Plan GAM.* Obtenido de <https://tecdigital.tec.ac.cr/servicios/gam//?q=node/11>

Vargas, C. (2017). *Evaluación del uso de la teledetección para determinar parámetros de la calidad del agua en el embalse de la planta Hidroeléctrica de Cachí.* Obtenido de <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/13406/1/41007.pdf>

Vargas, C., Miller, C., Hernández, K., & Madrigal, G. (2020). *Informe: Monitoreo del estado de la Palma Aceitera en las principales regiones productoras de Costa Rica para el año 2018. Laboratorio PRIAS. Centro Nacional de Alta Tecnología (CENAT).* PRIAS-CeNAT.

Vargas, D., & Campos, C. (2018). Sistema multi-algoritmo para la clasificación de coberturas de la tierra en el bosque seco tropical del Área de Conservación de Guanacaste, Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 31(1), 58-69.

Weng, Q. (2011). *Advances in Enviromental Remote Sensing: Sensores, Algoritms and Apllications.* Obtenido de <https://www.pdfdrive.com/advances-in-environmental-remote-sensing-sensors-algorithms-and-applications-e168530139.html>

Xie, Z., Roberts, C., & Johnson, B. (2008). Object-based target search using remotely sensed data: A case study in detecting invasive exotic Australian Pine in south Florida. *ISPRS Journal of Photogrametry & Remotte Sensing*, 63(6), 647-660.

| | |
|--|------------------------------|
| CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Paisaje Productivo de Pastos 2018 | Informe Final |
| | Paisaje Productivo de Pastos |
| | Fecha: 30/04/2021 |
| | Página 111 de 117 |

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Formulario para la recolección de datos de campo-Proyecto MOCUPP.



Formulario de campo para el levantamiento de información de campo dentro del proyecto MOCUPP

Nº de gira: _____ Fecha: _____ Anotador: _____ Nº Formulario: _____

| Tipo | ID GPS | ID Campo | Error | Latitud | Longitud | Altitud | Distancia | Azimet | LULC | Foto | Comentarios |
|------|--------|----------|-------|---------|----------|---------|-----------|--------|------|------|-------------|
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |



Anexo 2. Sistema de clasificación Corine Land Cover

| Código | Clase | Descripción |
|--------|--|--|
| FEP | Bosque primario siempre verde | Bosque siempre verde con especies nativas donde no hay evidencia visible de actividades humanas y el proceso ecológico no ha sido perturbado significativamente. |
| FEM | Bosque secundario maduro siempre verde | Bosque siempre verde donde hay evidencia visible de actividades humanas; la mayoría de los árboles han alcanzado su madurez. |
| FEY | Bosque secundario joven siempre verde | Bosque siempre verde donde hay evidencia visible de actividades humanas; la mayoría de los árboles son juveniles o están en crecimiento. |
| FDP | Bosque primario deciduo | Bosque deciduo con especies nativas donde no hay evidencia visible de actividades humanas y el proceso ecológico no ha sido perturbado significativamente. |
| FDM | Bosque secundario maduro deciduo | Bosque deciduo donde hay evidencia visible de actividades humanas; la mayoría de los árboles han alcanzado su madurez. |
| FDY | Bosque secundario joven deciduo | Bosque deciduo donde hay evidencia visible de actividades humanas; la mayoría de los árboles son juveniles o están en crecimiento. |
| FSP | Bosque primario semi-deciduo | Bosque semi-deciduo con especies nativas donde no hay evidencia visible de actividades humanas y el proceso ecológico no ha sido perturbado significativamente. |
| FSM | Bosque secundario maduro semi-deciduo | Bosque semi-deciduo donde hay evidencia visible de actividades humanas; la mayoría de los árboles han alcanzado su madurez. |
| FSY | Bosque secundario joven semi-deciduo | Bosque semi-deciduo donde hay evidencia visible de actividades humanas; la mayoría de los árboles son juveniles o están en crecimiento. |
| FB | Bambusal | Regeneración natural donde predomina la vegetación de bambú. |
| FR | Yolillales | Regeneración natural de bosque con predominio de palma y rafia. |
| FPB | Plantaciones forestales de hoja ancha | Plantación forestal compuesta por más del 75% de especies de hoja ancha. |
| FPC | Plantaciones forestales de coníferas | Plantación forestal compuesta por más del 75% de especies de coníferas. |
| FPM | Plantaciones forestales mixtas | Plantación forestal compuesta por al menos un 25% cada una de especies de hoja ancha o coníferas. |
| WS | Arbustos | Terreno con cobertura de dosel de arbustos $\geq 10\%$, o cobertura combinada entre arbustos y árboles $\geq 10\%$. Los arbustos son plantas perennes leñosas con menos de 5 m de altura en su madurez in situ. Con una cobertura de dosel de árboles menor al 5% (los árboles son plantas perennes leñosas con más de 5 m de altura en su madurez in situ). |

| Código | Clase | Descripción |
|---------------|-----------------------------|---|
| WG | Pastos arbolados | Terreno cubierto por pastos naturales o introducidos con algunos árboles dispersos con una cobertura de dosel que varía entre un 10% y un 30%. |
| WW | Tierras húmedas con árboles | Terrenos temporal o permanentemente cubiertos por agua con crecimiento natural de gramíneas, vegetación herbácea y algunos árboles dispersos (cobertura de dosel entre 5 y 10%). |
| OX | Terreno descubierto | Terrenos con cobertura de vegetación menor al 2%. Incluye terrenos cubiertos por arena, suelo y rocas. |
| OG | Pastos naturales | Terreno cubierto por el crecimiento natural de gramíneas y vegetación herbácea. |
| OM | Pantano | Terreno temporal o permanentemente cubierto por agua y dominado por el crecimiento natural de gramíneas y otras herbáceas. |
| OP | Pastos mejorados | Terreno cubierto por pastos naturales o introducidos para el pastoreo de ganado. |
| OCA | Cultivos anuales | Área cubierta por cultivos que son sembrados y cosechados durante la misma época de producción (1 año). |
| OCP | Cultivos perennes | Cultivos que son sembrados o plantados una vez y no necesitan ser replantados después de cada cosecha anual. Incluye árboles frutales, arbustos (café), palmas, viñas (uvas), musáceas, (no se incluye la piña para este caso en Costa Rica dada la variedad que se cultiva). |
| OCM | Cultivos mixtos | Asociación de cultivos anuales y perennes. |
| OF | Tierras en barbecho | Terreno anteriormente cultivado que se mantiene libre de cultivos y malezas durante al menos una temporada de crecimiento, donde la vegetación leñosa no supera los 5 m de altura. |
| OW | Lote de madera | Área que abarca entre 0,2 y 0,5 ha, con árboles mayores a 5 m de altura en su madurez. Mayormente utilizado para el almacenamiento de madera. |
| OB | Infraestructura | Zonas pobladas con construcciones significativas que incluyen casas dispersas en el campo. Notas: una carretera se considera como infraestructura si es más ancha que 15 metros (desde un extremo al otro) y si no, es un camino forestal. |
| OQ | Zona de extracción minera | Áreas utilizadas para la extracción de minerales, piedras arena y arcilla. Incluye canteras, minería, áreas de extracción y pozos de gas o aceite. |
| IRP | Río permanente | Ríos con un ancho mayor o igual a 15 m que mantienen el cauce con agua durante todo el año. |
| IRS | Río intermitente | Ríos con un ancho mayor o igual a 15 m que fluye solo en ciertas épocas del año. |
| IL | Lago | Cuerpo de agua dulce o salada rodeado por tierra. |

| Código | Clase | Descripción |
|---------------|---------------------|---|
| ID | Represa | Reservorio creado por una barrera construida para mantener y aumentar el nivel del agua. |
| IP | Estanque | Cuerpo pequeño de agua en reposo formada de manera natural, por ahuecamientos o deslizamientos. |
| XC | Zona fuera del país | Punto de muestreo ubicado fuera de los límites del país. |
| XO | Mar | Punto de muestreo ubicado en el océano o en el mar. |
| 90 | Desconocido | Uso no identificado. |