

Paisaje Productivo de Pastos año 2019

Informe final



**MONITOREO DE CAMBIO DE USO EN PAISAJES PRODUCTIVOS
(MOCUPP)**





**Consejo Nacional De Rectores (CONARE)
Centro Nacional de Alta Tecnología (CeNAT)
Laboratorio PRIAS**

Informe final del Paisaje Productivo de Pastos año 2019

Autores

Sofía Hernández Hernández
Heileen Aguilar Arias
Iván Ávila Pérez
Sofía Acuña López
Yerlin Vargas Solano
Armando Vargas Céspedes
María Fernanda Obando Picado
Yorleny Calvo Elizondo
Milagro Jiménez Rodríguez
Jennifer Fernández Garro
Ezequiel Fallas Montero
David Romero Badilla
Marilyn Manrow Villalobos
Cornelia Miller Granados

Revisión y aprobación

Cornelia Miller Granados
Francini Acuña Piedra

Diseño de portada

Yorleny Calvo Elizondo
Sebastián Sánchez Guzmán

Mayo 2022. San José, Costa Rica.



333.75
IN43i

Informe final del paisaje productivo de pastos año 2019 [Recurso electrónico] / Sofía Acuña López [et al.] – Datos electrónicos (1 archivo : 6.000 kb). -- San José, C.R. : CONARE - CENAT, 2022.

ISBN 978-9977-77-464-0
Proyecto MOCUPP
Formato pdf, 14 páginas.

1. INFORME. 2. PROYECTO MOCUPP. 3. PASTOS. 4. COSTA RICA. I. Hernández Hernández, Sofía. II. Aguilar Arias, Heileen. III. Ávila Pérez, Iván. VI. Acuña López, Sofía. V. Vargas Solano, Yerlin. VI. Vargas Céspedes, Armando. VII. Obando Picado, María Fernanda. VIII. Calvo Elizondo, Yoriely. IX. Jiménez Rodríguez, Milagro. X. Fernández Garro, Jennifer. XI. Fallas Montero, Ezequiel. XII. Romero Badilla, David. XIII. Manrow Villalobos, Marilyn. XIV. Miller Granados, Cornelia. XV. Título.



RECONOCIMIENTO

El Proyecto Monitoreo de Cambio de Uso en Paisajes Productivos (MOCUPP), destaca la labor realizada por el Consejo Nacional de Rectores (CONARE), el Centro Nacional de Alta Tecnología (CeNAT) y el Laboratorio PRIAS por el apoyo y acompañamiento brindado en las diversas etapas del desarrollo de este proyecto.

Este informe es el resultado de un amplio proceso de investigación, se extiende un reconocimiento especial a: Evelyn Barrientos Villalta y Laura Ramírez Delgado de la Biblioteca CONARE. Asimismo, a los colegas del Laboratorio PRIAS; Francini Corrales Garro y Ketcha Hernández Vargas en el soporte de los procesos tecnológicos, a Marilyn Ortega Rivera y Christian Vargas Bolaños por su colaboración en el trabajo de campo, y a las personas que aportaron e hicieron posible el desarrollo de la capa del Paisaje Productivo de Pastos 2019; Esteban Castillo Gamboa, Catalina Arguedas González, Jose Hernández Castro, Jorge Rosales Rodríguez, Kristhell Duarte Sandí, Gabriela Madrigal Chaves y Osvaldo Navarro Ceciliano.



Agradecimientos

El Proyecto Monitoreo de Cambio de Uso en Paisajes Productivos (MOCUPP), extiende su agradecimiento al Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Instituto Geográfico Nacional (IGN), Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Ministerio de Comercio Exterior (COMEX), Tribunal Ambiental Administrativo (TAA) y Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), por el acompañamiento y respaldo técnico brindado durante las giras de campo efectuadas en el año 2020 y 2021, además del aporte de insumos necesarios para la realización de informes de los distintos paisajes productivos (Para más detalles consultar el Anexo 5).



ÍNDICE DE CONTENIDO

GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	VIII
LISTADO DE ACRÓNIMOS.....	XII
RESEÑA PROYECTO MOCUPP.....	1
I. RESUMEN.....	3
II. INTRODUCCIÓN.....	4
2.1. ANTECEDENTES.....	4
2.2. USO DE TECNOLOGÍAS DE TELEDETECCIÓN PARA EL MONITOREO DE PAISAJES PRODUCTIVOS.....	7
2.3. JUSTIFICACIÓN.....	9
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO METODOLÓGICO.....	11
3.2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	13
3.2.1. Región Central.....	13
3.2.2. Región Pacífico Central.....	14
3.2.3. Región Brunca.....	15
3.2.4. Región Huetar Caribe.....	15
3.2.5. Región Huetar Norte.....	15
3.2.6. Región Chorotega.....	16
3.3. PLANIFICACIÓN DE TOMA DE PUNTOS DE CONTROL Y VALIDACIÓN.....	16
3.3.1. Definición del tamaño de la muestra.....	17
3.3.2. Levantamiento de puntos de control en campo.....	18



3.3.3.	Levantamiento de información virtual	24
3.4.	TRATAMIENTO DE IMÁGENES SATELITALES	28
3.4.1.	Descarga de imágenes	28
3.4.2.	Procesamiento de imágenes	29
3.4.3.	Mosaicos 2019.....	30
3.5.	INTERPRETACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE ÁREAS DE PASTOS	32
3.6.	VALIDACIÓN DE LA CLASIFICACIÓN	36
3.6.1.	Validación 1	36
3.6.2.	Validación 2	38
3.6.3.	Validación 3	39
IV.	RESULTADOS GENERALES	42
4.1.	DISTRIBUCIÓN DEL PAISAJE PRODUCTIVO DE PASTOS 2019	42
4.2.	COMPARACIÓN ÁREA TOTAL DEL PAISAJE PRODUCTIVO DE PASTOS PARA LOS AÑOS 2018-2019	47
V.	RESULTADOS REGIONALES	49
5.1.	REGIÓN HUETAR NORTE	50
5.2.	REGIÓN CHOROTEGA	52
5.3.	REGIÓN BRUNCA	54
5.4.	REGIÓN CENTRAL	56
5.5.	REGIÓN HUETAR CARIBE.....	58
5.6.	REGIÓN PACÍFICO CENTRAL	61
VI.	CONCLUSIONES.....	64



VII. BIBLIOGRAFÍA.....	65
VIII. ANEXOS	76
ANEXO 1. RESULTADOS DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA CALCULADA PARA LA VALIDACIÓN 3 DE LA CAPA DEL PPP. AÑO 2019.	76
ANEXO 2. MATRIZ DE CONFUSIÓN OBTENIDA PARA LA VALIDACIÓN 3 DE LA CAPA DEL PPP. AÑO 2019.....	76
ANEXO 3. VALORES UTILIZADOS EN EL CÁLCULO DE ESTADÍSTICOS PARA LA VALIDACIÓN 3 DE LA CAPA DEL PPP. AÑO 2019.	77
ANEXO 4. DISTRIBUCIÓN CANTONAL DEL TOTAL DE HECTÁREAS DE PASTOS HASTA UN 70% DE COBERTURA ARBÓREA POR CADA REGIÓN DE ESTUDIO. AÑO 2019.	77
ANEXO 5. COLABORADORES DEL PROYECTO MOCUPP DURANTE EL PROCESO DE ACTUALIZACIÓN DE LAS CAPAS 2019	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Flujograma de la metodología de trabajo para la elaboración de las capas vectoriales del paisaje productivo de pastos para el año 2019.....	12
Figura 2. Flujo de trabajo para el levantamiento de información de campo dentro del MOCUPP.....	19
Figura 3. Diseño de rutas en el servicio de Google My Maps.	20
Figura 4. Distribución de la malla de puntos por parcela.....	25
Figura 5. Plantilla utilizada para la obtención de datos por medio de la metodología de campañas de recolección virtuales.....	27
Figura 6. Distribución de los cuadrantes en Costa Rica para las imágenes del sensor Sentinel-2 del año 2019.....	29
Figura 7. Resumen metodología general para la generación de mosaicos.....	31
Figura 8. División de áreas de trabajo del proyecto MOCUPP en el territorio nacional.	33
Figura 9. Ejemplo de malla elaborada para el área 9.....	34
Figura 10. Flujograma para el proceso de validación 1 para la capa del paisaje productivo de pastos.....	38
Figura 11. Distribución de los puntos de validación 3 del paisaje productivo de pastos según región socioeconómica para el año 2019.....	40
Figura 12. Distribución del paisaje productivo de pastos en Costa Rica. Año 2019.	42
Figura 13. Distribución del paisaje productivo de pastos en hectáreas por cantón. Año 2019.	43

Figura 14. Cantones con mayor distribución del paisaje productivo de pastos en hectáreas por cantón. Año 2019.....	44
Figura 15. Distribución porcentual de los cantones con mayor cantidad de hectáreas del paisaje productivo de pastos. Año 2019.	45
Figura 16. Porcentaje del paisaje productivo de pastos según superficie cantonal. Año 2019.	46
Figura 17. Diagrama de doble escala de los cinco cantones con mayor extensión del PPP en el país y los cinco cantones de mayor porcentaje de PPP según superficie cantonal. Año 2019.....	47
Figura 18. Distribución del paisaje productivo de pastos en los cantones de la región Huetar Norte. Año 2019.....	51
Figura 19. Gráfico de dispersión del área total en hectáreas dentro de los cantones de la región Huetar Norte según porcentaje de ocupación de la superficie total cantonal. Año 2019.....	52
Figura 20. Distribución del paisaje productivo de pastos en los cantones de la región Chorotega. Año 2019.....	53
Figura 21. Gráfico de dispersión del área total en hectáreas dentro de los cantones de la región Chorotega según porcentaje de ocupación de la superficie total cantonal. Año 2019.....	54
Figura 22. Distribución del paisaje productivo de pastos en los cantones de la región Brunca. Año 2019.	55
Figura 23. Gráfico de dispersión del área total en hectáreas dentro de los cantones de la región Brunca según porcentaje de ocupación de la superficie total cantonal. Año 2019.....	56
Figura 24. Distribución del paisaje productivo de pastos en los cantones de la región	



Central. Año 2019. 57

Figura 25. Gráfico de dispersión del área total en hectáreas dentro de los cantones de la región Central según porcentaje de ocupación de la superficie total cantonal. Año 2019. 58

Figura 26. Distribución del paisaje productivo de pastos en los cantones de la región Huetar Caribe. Año 2019. 59

Figura 27. Gráfico de dispersión del área total en hectáreas dentro de los cantones de la región Huetar Caribe según porcentaje de ocupación de la superficie total cantonal. Año 2019. 60

Figura 28. Distribución del paisaje productivo de pastos en los cantones de la región Pacífico Central. Año 2019. 62

Figura 29. Gráfico de dispersión del área total en hectáreas dentro de los cantones de la región Pacífico Central según porcentaje de ocupación de la superficie total cantonal. Año 2019. 63



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de los puntos a utilizar en el levantamiento de la información.	21
Tabla 2. Datos obtenidos a partir de las campañas de recolección en campo para el procesamiento de la capa vectorial del PPP para el año 2019.	23
Tabla 3. Datos obtenidos a partir de las campañas de recolección virtuales para el procesamiento de la capa vectorial del PPP para el año 2019.	27
Tabla 4. Modificación del PPP en el año 2019 respecto a los datos calculados para el 2018 por región.	48
Tabla 5. Resultados obtenidos para el PPP por región según la división territorial administrativa de MIDEPLAN para el año 2019.	50

GLOSARIO DE TÉRMINOS

ArcGIS: Programa de representación cartográfica y análisis espacial (ESRI, s.f.).

Buffer (Zona de influencia): Herramienta que crea un polígono de área de influencia en torno a una entidad de entrada específica con una distancia establecida (ESRI, 2016).

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 et al., 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 et al, 2019).

Clip (corte): Herramienta de geoprocésamiento que extrae

entidades de entrada que se superponen a las entidades del clip (ESRI, 2016).

Estadístico Kappa: Kappa mide el grado de concordancia de las evaluaciones nominales u ordinales realizadas por múltiples evaluadores cuando se evalúan las mismas muestras (Minitab, 2022).

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).

Matriz de confusión: Una matriz permite comparar los valores reales con los resultados de la clasificación, la diagonal de la matriz muestra los datos coincidentes por categoría y los restantes son los valores que se confunden con otras clases (Borràs et al., 2017).

Mosaic to new raster (Mosaico a un ráster nuevo): Herramienta que



fusiona varios ráster en un ráster nuevo (ESRI, 2016).

My Maps: Servicio de Google que permite a los usuarios crear mapas para uso propio (Morales, s.f.).

Otros Usos: Comprende todos aquellos usos no monitoreados por el proyecto MOCUPP (Aguilar, Vargas, Ávila y Miller, 2020).

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 1:10.000, 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 (Aguilar, Vargas, Ávila y Miller, 2020).

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 1:10.000, 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 (Aguilar, Vargas, Ávila y Miller, 2020).

QGis: Sistema de Información Geográfica libre y de código abierto (QGIS, s.f.).

Ráster: Los ráster constan de una matriz de celdas o píxeles organizadas en filas y columnas, cada celda alberga un valor que representa información. Los ráster son imágenes de satélite, imágenes digitales o mapas escaneados (ESRI, 2016).

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).

Segmentación: Proceso que permite una búsqueda de regiones homogéneas en la imagen para que se dé una posterior clasificación (Arroyo et al., 2005).

Selección aleatoria dentro de subconjuntos: Herramienta que permite seleccionar aleatoriamente los atributos que se encuentran dentro de un subconjunto, o varios, ubicados dentro de una capa vectorial (QGIS, 2002).

Sen2Cor: Herramienta gratuita facilitada por ESA para la corrección atmosférica de imágenes Sentinel-2 (Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial, 2017).

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 (European Space Agency [ESA], 2000-2021).

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

Sistema de Referencia de Coordenadas (SRC): Se refiere al conjunto de puntos y datos que permiten determinar la ubicación de cualquier punto en el espacio terrestre (Furones, 2010).

Sentinel Application Platform (SNAP, Plataforma de Aplicación Sentinel): Programa gratuito que distribuye ESA (European Space Agency) para trabajar con las imágenes de satélites Sentinel (Geo Innova, 2018).

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 et al., 2014).



Teledetección: Conjunto de técnicas desarrolladas desde diferentes disciplinas para obtener información a distancia de la tierra (Rodríguez et al., 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 y Mogollón, 2018).

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



LISTADO DE ACRÓNIMOS

CA: Cobertura Arbórea

CeNAT: Centro Nacional de Alta Tecnología

CENIGA: Centro Nacional de Información Geoambiental

COMEX: Ministerio de Comercio Exterior

CONARE: Consejo Nacional de Rectores

CSAR: Comité Sectorial Agropecuario Regional

DRI: Dirección del Registro Inmobiliario

ESA: Agencia Espacial Europea, por sus siglas en inglés

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, por sus siglas en inglés

FONAFIFO: Fondo Nacional de Financiamiento Forestal

GEE: Google Earth Engine

GEF: Fondo Medio Ambiente Mundial, por sus siglas en inglés

GPS: Sistema de Posicionamiento Global, por sus siglas en inglés

HA: Hectáreas

INFOAGRO: Sistema de Información del Sector Agropecuario Costarricense

IGN: Instituto Geográfico Nacional

INDER: Instituto de Desarrollo Rural

INEC: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos

INF: Inventario Nacional Forestal

INH: Inventario Nacional de Humedales

INTA: Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria

LULC: Land Use Land Cover

MAG: Ministerio de Agricultura y Ganadería



MIDEPLAN: Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica

MINAE: Ministerio de Ambiente y Energía

MOCUPP: Monitoreo de Cambio de Uso en Paisajes Productivos

NASA: Aeronáutica Nacional y Administración Espacial, por sus siglas en inglés

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible

PEA: Población Económicamente Activa

PNUD: Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo

PNUMA: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

PRIAS: Laboratorio PRIAS

PROCOMER: Promotora de Comercio Exterior de Costa Rica

PPP: Paisaje Productivo de Pastos

RB: Región Brunca

RC: Región Central

RCh: Región Chorotega

RHN: Región Huetar Norte

RHC: Región Huetar Caribe

RPC: Región Pacífico Central

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

SINAC: Sistema Nacional de Áreas de Conservación

SINIA: Sistema Nacional de Información Ambiental

SNAP: Plataforma de aplicación Sentinel, por sus siglas en inglés

SNIT: Sistema Nacional de Información Territorial

SRC: Sistema de Referencia de Coordenadas

TAA: Tribunal Ambiental Administrativo

UMC: Unidad Mínima Cartografiada

USGS: Servicio Geológico de los Estados Unidos, por sus siglas en inglés



RESEÑA PROYECTO MOCUPP

El alcance de una economía social y ambientalmente sostenible, se ha convertido en una de las principales preocupaciones dentro de las agendas políticas de gran cantidad de naciones alrededor del mundo y es uno de los temas más importantes abordados dentro de cumbres, tratados y foros internacionales (FAO y PNUMA, 2020). Como parte de esta tendencia, Costa Rica, se ha comprometido a incrementar su cobertura forestal de un 52% a un 60% al año 2030 y a ser una de las primeras economías libres de huella de carbono al año 2050 (Troya, 2019).

Para la consecución de estos objetivos, resulta primordial una priorización de las inversiones, así como de los diferentes campos de acción. Un elemento fundamental en este aspecto, corresponde al acceso a datos espaciales que faciliten la obtención de una visión rápida de la realidad y que optimicen el proceso de toma de decisiones (Sasa y Acuña, 2021).

De esta forma, entre los años 2011 y 2015, el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) a través de su Programa Green Commodities, planteó iniciativas como el Sistema de Monitoreo de Cambio de Uso en Paisajes Productivos (MOCUPP), el cual se perfiló como una herramienta innovadora de apoyo a la gestión del territorio, que mediante el uso de tecnología satelital, facilitará el monitoreo de cambios en el uso de la tierra y el análisis de los procesos de deforestación asociados a la dinámica agrícola en el país.

Actualmente, el MOCUPP es el componente 1 del Proyecto “Conservando la biodiversidad a través de la gestión sostenible en los paisajes de producción en Costa Rica (Proyecto Paisajes Productivos)”, liderado por el Gobierno de la República y financiado con recursos del Fondo Medio Ambiente Mundial (GEF).

Es al mismo tiempo, un proyecto de articulación institucional, ya que, además de la labor del PNUD como socio implementador, involucra tres entidades principales: el



Laboratorio PRIAS del Centro Nacional de Alta Tecnología (CeNAT), la Dirección del Registro Inmobiliario (DRI) del Registro Nacional y el Instituto Geográfico Nacional (IGN); asimismo, el Centro Nacional de Información Geoambiental (CENIGA) funge como enlace para la distribución de los datos en el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) y el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).

El MOCUPP se vincula de igual manera, con el Sistema de Monitoreo de Cobertura y Uso de la Tierra y Ecosistemas (SIMOCUTE) creado en el año 2015 por medio de la directriz ministerial del Ministro de Ambiente DM-417-201. Ambos comparten la misma geodatabase y son sistemas que se retroalimentan, pues la información más detallada del MOCUPP puede ser comparada y verificada con los datos a escala nacional generados por el SIMOCUTE (Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], 2015).

La herramienta es considerada como una estrategia de bajo costo, que se basa en el uso de imágenes satelitales gratuitas para el monitoreo anual de tres tipos de paisajes productivos: piña, palma aceitera, pastos productivos y se adiciona el estudio paralelo de los procesos de ganancia y pérdida de cobertura arbórea, asociados al desarrollo de dichos paisajes. Asimismo, al generar información actualizada y de forma rápida, permite al usuario descargar y tener acceso a los archivos vectoriales elaborados dentro del proyecto.

Los datos generados por el proyecto, son difundidos de forma gratuita por el Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT) y la plataforma GeoExplora del MIVAH, y son considerados como información de carácter e interés público debido a que: “integra el patrimonio científico y cultural de la nación, por tratarse de información sobre un derecho humano de incidencia colectiva como lo es el ambiente y, además, por recaer sobre bienes ambientales de dominio público” (PNUD, 2015, p.10).

El MOCUPP propicia igualmente, la creación de espacios que favorecen la participación activa de representantes de distintos ámbitos de la sociedad (economía, ambiente y academia) no sólo en la mejora continua de la herramienta, sino también en la toma de decisiones de vigilancia y protección de los recursos naturales.



I. RESUMEN

El proyecto MOCUPP, es una herramienta que favorece el manejo sostenible de los territorios destinados al cultivo de materias primas agrícolas. El proyecto ha desarrollado líneas base de paisajes productivos que permiten identificar la cobertura total de los paisajes de piña, palma aceitera y pastos productivos en el territorio nacional; así como, el estudio de la cobertura arbórea asociada a estos paisajes dentro de un área de influencia de dos kilómetros. El análisis del paisaje productivo de pastos tuvo su inicio en el año 2018, periodo en el cual fue desarrollado un estudio piloto con el objetivo de determinar la metodología de trabajo a implementar para el levantamiento de información de este paisaje productivo. La construcción de esta metodología, y las técnicas definidas como parte de ella, permitió llevar a cabo el monitoreo anual en todo el país y generar la línea base de pastos productivos para el año 2018. Para el proceso de actualización del paisaje productivo de pastos al año 2019; se toma como punto de partida, el método implementado para la construcción de la línea base. Con base en mosaicos elaborados de imágenes Sentinel-2 correspondientes al año 2019 y con la capa base de pastos del año 2018, se realizó la revisión de polígonos en subáreas de trabajo. De esta manera, es posible identificar la permanencia o modificaciones del paisaje de un año a otro; o bien, añadir aquellas áreas de pastos que no fueron incluidas en el estudio anterior. El archivo vectorial generado fue validado en distintas etapas, para lo cual se realizó la corrección por errores de comisión u omisión encontrados en cada proceso. La capa del paisaje productivo de pastos generada registra un total de 1.044.901,88 hectáreas, lo que equivale a un 20,42% del territorio nacional, distribuido en las seis regiones del país; la cual, fue validada con un 95,21% de exactitud y un índice kappa de 0,85. El archivo vectorial se encuentra disponible al público general para su consulta a través del Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT), ubicado en el nodo CeNAT/MOCUPP-Pasto (<https://www.snitcr.go.cr/Visor/nodos2>).

Palabras clave: MOCUPP, PRIAS, Paisajes Productivos, Paisaje Productivo de Pastos, Pastos, Pastos Costa Rica, Pastos 2019.



II. INTRODUCCIÓN

2.1. Antecedentes

El monitorear las actividades que se realizan en el espacio geográfico fortalece la capacidad de ordenar y gestionar el territorio; al conocer la distribución, extensión y ubicación de las mismas se generan insumos de gran valor que facilitan la planificación y toma de decisiones (Portillo, 2017). La existencia de información geo-ambiental de alta calidad; con metodologías estandarizadas y con disponibilidad de consulta, favorecen la gobernabilidad y gobernanza permitiendo que los países alcancen los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) al poder analizar cuáles son las dinámicas presentes en el espacio territorial (PNUD, 2015).

En Costa Rica, bajo el Decreto No.29540, se creó el Centro Nacional de Información Geoambiental (CENIGA), unidad técnica del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) encargada de promover una adecuada gestión de la información ambiental. Su tarea principal es la de consolidar al Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA), como plataforma oficial para facilitar la distribución de la información ambiental originada por distintas entidades costarricenses (PNUD, 2015).

En el año 2016, a partir de una solicitud del MINAE, el PNUD formula el proyecto “Conservación de la Biodiversidad a través del manejo sostenible en paisajes productivos en Costa Rica”, con el fin de optar por financiamiento ante el Fondo Medio Ambiente Mundial (GEF), financiamiento que fue aprobado en julio de ese mismo año, lo que permitió la consolidación del MOCUPP como herramienta de gestión territorial (PNUD, 2015).

Así bien, el Monitoreo de Cambio de Uso en Paisajes Productivos (MOCUPP), es una herramienta que permite el manejo sostenible de los territorios cultivados con materias primas agrícolas (PNUD, 2015). Adicionalmente, el PNUD (2015) menciona que; el MOCUPP, fortalece la capacidad de ordenamiento territorial del sector público al poder



identificar, cada año, la cobertura total de los paisajes productivos del país y las áreas en donde hay cambios o se mantiene la cobertura arbórea asociados a estos cultivos, esto de una manera digital y a bajo costo, utilizando sensores remotos.

Todo lo anterior, por medio de la aplicación de una estrategia que articula, aprovecha y optimiza las capacidades técnicas de tres instituciones gubernamentales: 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); estas tres, en coordinación con el CENIGA generan anualmente diversos productos para el SINIA (PNUD, 2015).

A su vez, el MOCUPP, junto a los otros componentes, generan servicios y productos que facilitan la planificación y toma de decisiones, los mismos son publicados en el SNIT con la finalidad de facilitar el acceso de la información a cualquier usuario (PNUD, 2015). Las materias primas que monitorea el proyecto MOCUPP corresponden a piña, palma aceitera, pastos productivos y la cobertura arbórea asociada a estas en un área de influencia de dos kilómetros.

Por su parte, los pastos productivos, son considerados como uno de los sistemas con un impacto significativo a nivel ambiental (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2009); mediante la implementación de mejores prácticas, la ganadería puede ser más eficiente en el uso de recursos y contribuir a la seguridad alimentaria y al crecimiento económico de manera sostenible (FAO, 2022). El paisaje productivo de pastos, según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2015), es uno de los paisajes con mayor área de ocupación en el territorio costarricense.

Es por ello que; en el año 2018, se da inicio al estudio piloto del paisaje productivo de pastos por parte del Laboratorio PRIAS, con la finalidad de proponer la metodología de monitoreo para este paisaje productivo a nivel nacional. Esta etapa piloto, se desarrolló en los cantones de Buenos Aires, Pérez Zeledón y Coto Brus, específicamente en las áreas dedicadas a la producción de pastos con una presencia de hasta un 30% de cobertura arbórea. En ese mismo año se inició el trabajo de campo del estudio piloto y



en el año 2019, se empezó el procesamiento de la información (Aguilar, Miller et al., 2020). Los productos del piloto se divulgaron en el mes de febrero del año 2020, el archivo vectorial que se generó dio como resultado un total de 111.503,6 hectáreas de pastos productivos con menos del 30% de cobertura arbórea para los cantones de Buenos Aires, Pérez Zeledón y Coto Brus (Aguilar, Miller et al., 2020).

Adicional al análisis de resultados del piloto, se inició de forma paralela el procesamiento de la capa vectorial de pastos de las áreas faltantes del territorio nacional para el año 2018; en esta ocasión, se monitorean los pastos con presencia de hasta un 70% de cobertura arbórea, según una petición recibida por el sector ganadero y el MAG durante el lanzamiento del piloto.

Los resultados de dicho monitoreo, aplicado en todo el territorio nacional, fueron divulgados y publicados en el SNIT el mes de marzo del 2021. La capa vectorial dio como resultado que, para el año 2018, el país contaba con una superficie de 1.015.155,26 hectáreas de pastos productivos con presencia de hasta un 70% de cobertura arbórea, lo que equivale a un 19,84% del territorio costarricense, la misma fue aceptada con un 90% de exactitud y un estadístico kappa de 0,8 (Aguilar, Calvo et al., 2021).

Estos datos, al ser de acceso libre, permiten a las personas usuarias consultar la ubicación de las áreas correspondientes a pastos productivos a nivel nacional; los cuales, al ser vinculados con otros insumos disponibles en la plataforma, posibilitan la visualización de las unidades productivas que poseen un manejo sostenible. Adicionalmente, el MOCUPP genera información que puede ser utilizada por distintas instituciones con el objetivo de agilizar la toma de decisiones y de planificar acciones que contribuyan al ordenamiento territorial y a la generación de políticas ambientales.

Por tanto, se puede decir que el MOCUPP es un sistema innovador de gestión territorial con posibilidades de ser replicado en cualquier parte del mundo; la vinculación con la tenencia de la tierra, correspondiente al DRI, logra un impacto en el ámbito sociedad, ambiente y economía. Además, el MOCUPP es una herramienta que ha crecido en distintas aristas como lo es el desarrollo de productos cartográficos, la generación de



alianzas interinstitucionales, la formación de un equipo profesional altamente capacitado y principalmente, en la aplicación de tecnologías de teledetección a bajo costo con resultados de alta confiabilidad.

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

La teledetección es una técnica que permite adquirir datos de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales, esta información se obtiene por medio de ondas electromagnéticas entre el terreno y el sensor; las cuales, posteriormente son procesadas para poder ser analizadas según las aplicaciones que se le quieran dar (Instituto Geográfico Nacional, s.f.). Chuvieco (2008) explica que los datos se adquieren a distancia y están basados en las propiedades de radiación electromagnética y en la interacción con los materiales de la superficie de la tierra.

Alrededor de 1960, se desarrollaron las primeras misiones espaciales orientadas principalmente a fines militares, posteriormente; se pusieron en órbita satélites de uso civil, los cuales se mantienen en un proceso de evolución mejorando la calidad de los sensores y por ende sus resoluciones (Pérez y Muñoz, 2006).

Por otro lado, la Agencia Espacial Europea (ESA) desarrolló las misiones Sentinel para el programa Copérnico, donde cada misión cuenta con dos satélites en órbita que permiten proporcionar conjuntos de datos sólidos al programa (Copernicus, 2018). Específicamente, la misión Sentinel-2, genera imágenes multiespectrales que permiten el monitoreo de la tierra a partir de una constelación de dos satélites idénticos situados en la misma órbita polar, el primer satélite fue lanzado en 2015 y el segundo en 2017 (Copernicus, 2018), esta misión cuenta con 13 bandas; proporcionando imágenes de alta resolución (10 m y 20 m) óptimas para trabajos de clasificación de coberturas del suelo (Borràs et al., 2017).

En la actualidad, se pueden realizar múltiples análisis y estudios con las imágenes satelitales disponibles, los datos procedentes de la teledetección son una fuente de información que desempeña un papel importante, los mismos permiten identificar los



tipos de usos y coberturas presentes en la tierra; o bien, los cambios que suceden en la superficie terrestre (Sacristán, 2006).

La manera más intuitiva de extraer información de las imágenes satelitales es mediante la interpretación visual, en donde se delimitan los elementos o áreas de interés según tonos, colores y patrones espaciales; cuando se identifica y se comunica la información a otros es cuando se realiza el proceso de fotointerpretación (García y Ferrer, 2006).

Existen muchas herramientas que automatizan el procesamiento de las imágenes satelitales, lo que permite optimizar el proceso de análisis de la información. La segmentación de imágenes; por ejemplo, agrupa píxeles relativamente homogéneos que posteriormente son procesados y analizados para pasar a objetos significativos (Blaschke, 2010). Autores como Liu, Guo y Kelly (2008), mencionan que la segmentación posee dos pasos principales, primero se segmenta la imagen en objetos similares y luego estos se clasifican en función de sus atributos.

Los objetos resultantes de la segmentación de las imágenes satelitales son clasificados posteriormente por los fotointérpretes según los intereses del estudio. Sacristán (2006) expone que la clasificación tiene como objetivo el reconocimiento de clases con características en común intraclase; además, deben ser espectralmente diferentes unas de otras y con un valor de interés para la investigación.

Finalmente, es esencial en cada investigación poder asegurar que los datos obtenidos cuenten con el nivel de confiabilidad requerido, una manera de validar los resultados es por medio de una matriz de confusión, en donde se comparan los valores reales con los resultados de la clasificación, la diagonal de la matriz muestra la cantidad de datos que coinciden por categoría y los restantes son aquellos que se confunden con otras clases (Borràs et al., 2017). Validar la calidad de los insumos generados permite a los usuarios tener seguridad de que van utilizar datos fidedignos y que la metodología utilizada pueda ser replicada en otros estudios.



2.3. Justificación

Durante la década de los 90, una gran cantidad de la superficie forestal se redujo, la mayor parte de estas tierras fue destinada a actividades como el cultivo y el pastoreo; en el caso de América Latina, la mayor parte fue convertida en áreas para la crianza de ganado bajo el modelo de sistemas extensivos (FAO, 2007).

Como respuesta ante esta situación, surge el desarrollo de políticas ambientales que promuevan sistemas sostenibles de pasturas, las cuales tienen como objetivo evitar la pérdida de cobertura arbórea y mantener la capacidad de uso de la tierra. En Costa Rica, existen instituciones que realizan esfuerzos en busca del desarrollo de actividades económicas bajo líneas sostenibles; como por ejemplo, la Estrategia de Ganadería Baja en Carbono, la cual es un trabajo coordinado entre el MAG, el MINAE y el sector ganadero del país (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], 2015).

Ante dichos esfuerzos, en los últimos años se perciben resultados importantes a raíz de los cambios significativos en la actividad ganadera del país, se han incorporado innovaciones en los sistemas de producción; las cuales, han permitido obtener una mayor producción de leche y de carne en una menor área de pastos, esto indica una intensificación en la ganadería y una reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero (MAG, 2015).

Además, al estar Costa Rica inmerso dentro de la agenda 2030 y en busca del cumplimiento de los ODS (Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto [Cancillería], 2019) es que todas las estrategias que se realicen y se empleen para generar mejoras, tanto en el sistema productivo como en el ambiente, son significativas para que las actividades económicas se desarrollen de una manera equilibrada, potenciando las capacidades y salvaguardando los ecosistemas. Demostrando así, la importancia de poder identificar la distribución y extensión de las actividades productivas del país a través de los años, teniendo un monitoreo espacial y temporal que permita analizar si existió pérdida, ganancia o permanencia de cobertura arbórea asociada a estas actividades.



El proyecto MOCUPP, nace con el objetivo de identificar de manera digital y a bajo costo la cobertura total de los paisajes productivos de piña, palma aceitera, pastos productivos y la cobertura arbórea asociada a estos, en el territorio nacional. Esto permite obtener datos gratuitos y de libre acceso generados a partir de métodos con alta rigurosidad científica y de una alta confiabilidad. Los archivos vectoriales generados para el paisaje productivo de pastos para el año 2018 y actualmente para el año 2019, son un insumo de gran valor para facilitar la gestión, toma de decisiones y articulación de estrategias que promuevan la sostenibilidad en las prácticas productivas del paisaje, además; para el estudio y conocimiento de su distribución y dinámica en Costa Rica a través del tiempo.

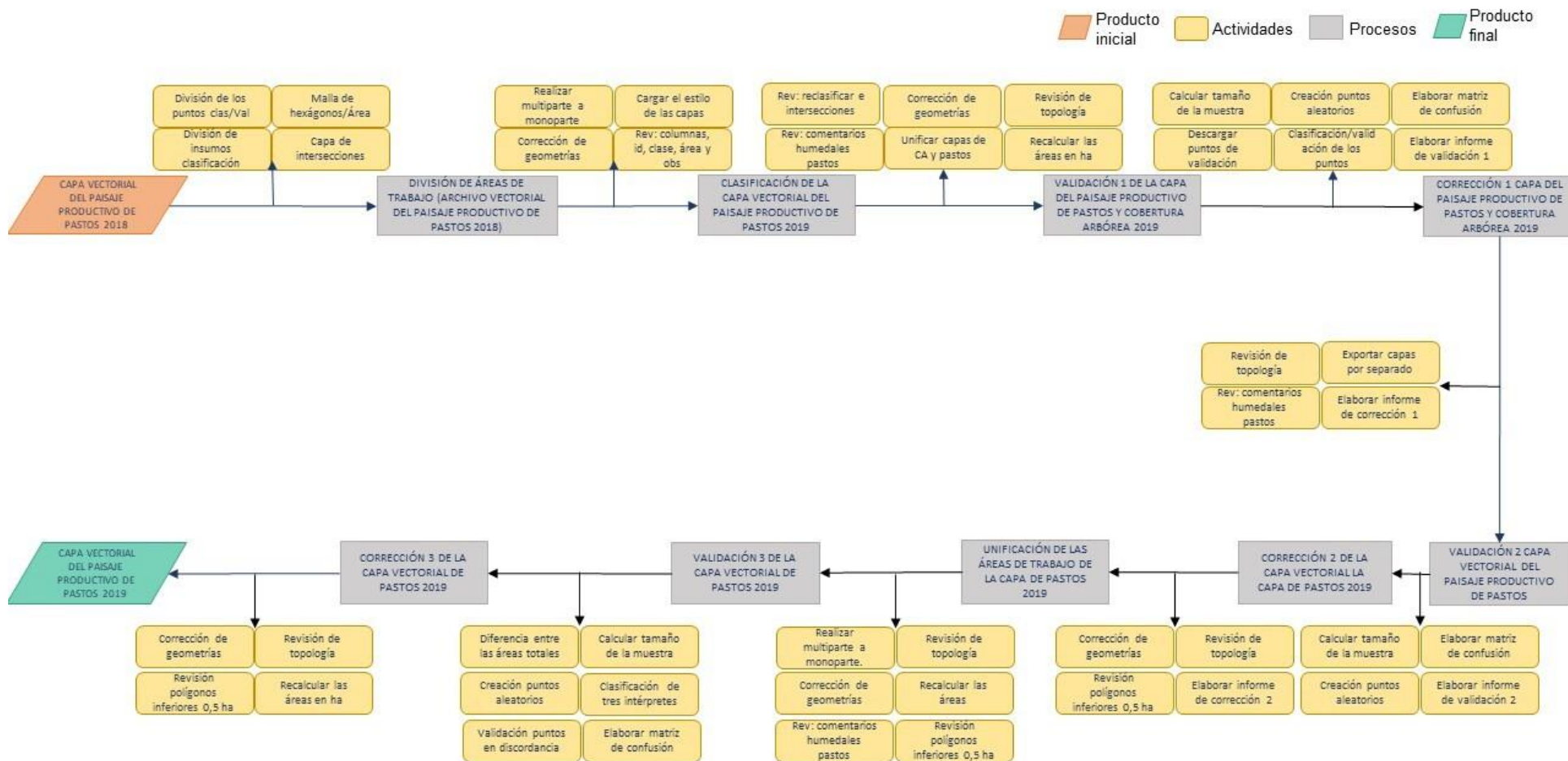


III. METODOLOGÍA

3.1. Diagrama de flujo del proceso metodológico

El proceso metodológico aplicado para el paisaje productivo de pastos tanto en la fase piloto del proyecto como en la generación de las capas vectoriales del año 2018, permitió evaluar, desarrollar y proponer la metodología más adecuada para la actualización de las capas finales del paisaje productivo de pastos para el año 2019 (Figura 1).

Figura 1. Flujograma de la metodología de trabajo para la elaboración de las capas vectoriales del paisaje productivo de pastos para el año 2019.





3.2. Descripción de la zona de estudio

De acuerdo con la división regional 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, esto con el objetivo de alcanzar un mejor desarrollo económico y social (Poder Ejecutivo, 1985).

El área de estudio del presente proyecto abarcó las seis regiones antes mencionadas y ubicadas dentro del territorio costarricense, la cual, para efectos de planificación, clasificación y actualización de usos del suelo se dividió en 16 áreas de trabajo, mismas que fueron calculadas en función del peso obtenido a partir de la presencia del paisaje productivo de pastos al año 2018.

Por su parte, el análisis de los datos se trabajó por cantones según una modificación de la capa oficial disponible en el SNIT (actualizada al año 2022) y por regiones según los datos de MIDEPLAN (actualizada al año 2020), esto 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.

3.2.1. Región Central

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 (excepto Sarapiquí), San José (excepto el cantón de Pérez Zeledón) y Alajuela (excepto Orotina, Río Cuarto, San Mateo, San Carlos, Upala, Los Chiles y Guatuso) (MIDEPLAN, 2017). Cabe mencionar que los distritos de Sarapiquí y Peñas Blancas del cantón de San Ramón, que pertenecen a la Región Huetar Norte, fueron incorporados en el análisis



de la Región Central, ya que la mayor parte de su área cantonal se encuentra en dicha región.

Entre las principales actividades económicas, en la producción agropecuaria destaca el cultivo de café, caña de azúcar, plantas ornamentales, fresas, flores, chayotes, papas y cebollas; 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) (MIDEPLAN, 2017).

3.2.2. Región Pacífico Central

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 pacífica de Costa Rica. 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, donde 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). Por su parte, la actividad ganadera se caracteriza por generar 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 y Jiménez, 2007).



3.2.3. Región Brunca

La Región Brunca se localiza al sureste del país y limita con las siguientes provincias y cantones: 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 (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 (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 (MIDEPLAN, 2017).

3.2.4. Región Huetar Caribe

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).

En el ámbito económico, la región se basa en el comercio, la prestación de servicios, la actividad ganadera y el cultivo de banano, piña, plátano y cacao; 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 (MIDEPLAN, 2017).

3.2.5. Región Huetar Norte

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 9.803,40 km² y un total de 304.088 habitantes de acuerdo con el censo de población 2011 (Zevallos, 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 (Zevallos, 2013).

3.2.6. Región Chorotega

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 Agropecuario de la Región Chorotega, 2015).

El potencial económico de la región se caracteriza por la ganadería y la agricultura, en donde 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 Agropecuario de la Región Chorotega, 2017).

3.3. Planificación de toma de puntos de control y validación

La recolección de puntos de control en campo fue una fase de suma importancia para el proyecto, ya que permitió tener información real del terreno durante el periodo de estudio. Especialmente, de las clases evaluadas, en este caso del paisaje productivo de pastos y otros usos, los cuales pueden mostrar comportamientos espectrales similares y tender a confundirse entre sí en los procesos de clasificación y digitalización de las imágenes satelitales.



Para el año 2020, debido a las nuevas condiciones de trabajo generadas como respuesta ante la pandemia por SARS-Cov-2, se requirió implementar los protocolos establecidos a nivel nacional e institucional. De esta manera, la recolección de puntos de control y validación se llevó a cabo mediante campañas presenciales (ver sección 4.3.2) y virtuales (ver sección 4.3.3).

A partir de la información obtenida se facilitó la interpretación de las imágenes satelitales Sentinel-2 durante el proceso de actualización de las capas al año 2019. A continuación, se detallan los pasos necesarios para dicha recolección.

3.3.1. Definición del tamaño de la muestra

La cantidad de puntos por obtener en las campañas de recolección de campo debió ser una muestra representativa de la zona de estudio, tomando en cuenta los intereses estadísticos del 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 tanto en campo como en campañas virtuales se aplicó la fórmula que se utiliza para establecer el tamaño de la muestra para los procesos de validación, con ello se estima el valor de puntos necesarios a recolectar.

Basado en el criterio experto de las personas investigadoras del Laboratorio PRIAS se optó, únicamente para el caso de la recolección de puntos de campo, por duplicar este valor con el objetivo de utilizar un 50% de los puntos en el proceso de clasificación y el otro 50% para el proceso de validación; logrando con ello, maximizar los recursos y brindar un mejor aprovechamiento de las campañas de recolección en campo (Aguilar et al., 2019).

La fórmula utilizada está dada por:

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



Donde las variables a analizar son las siguientes:

n: Tamaño de la muestra

z: Nivel de probabilidad

p: Porcentaje estimado de aciertos

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

L: El nivel permitido de errores

El cálculo del tamaño de la muestra se realizó para cada región según la división de MIDEPLAN, 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 del paisaje productivo de pastos presentes en cada una de las regiones, la cual se obtuvo a partir de los datos resultantes de la capa vectorial del paisaje productivo de pastos del año 2018 (Aguilar, Calvo et al., 2021). Por último, L se definió con un error permitido de un 5%.

3.3.2. Levantamiento de puntos de control en campo

A partir del año 2020 el proyecto MOCUPP cuenta con una nueva metodología para la recolección de datos de campo, la cual aplica para todos los paisajes productivos analizados. Dicha metodología está conformada por cinco etapas, las cuales desarrollan a continuación (Figura 2).

Figura 2. Flujo de trabajo para el levantamiento de información de campo dentro del MOCUPP.



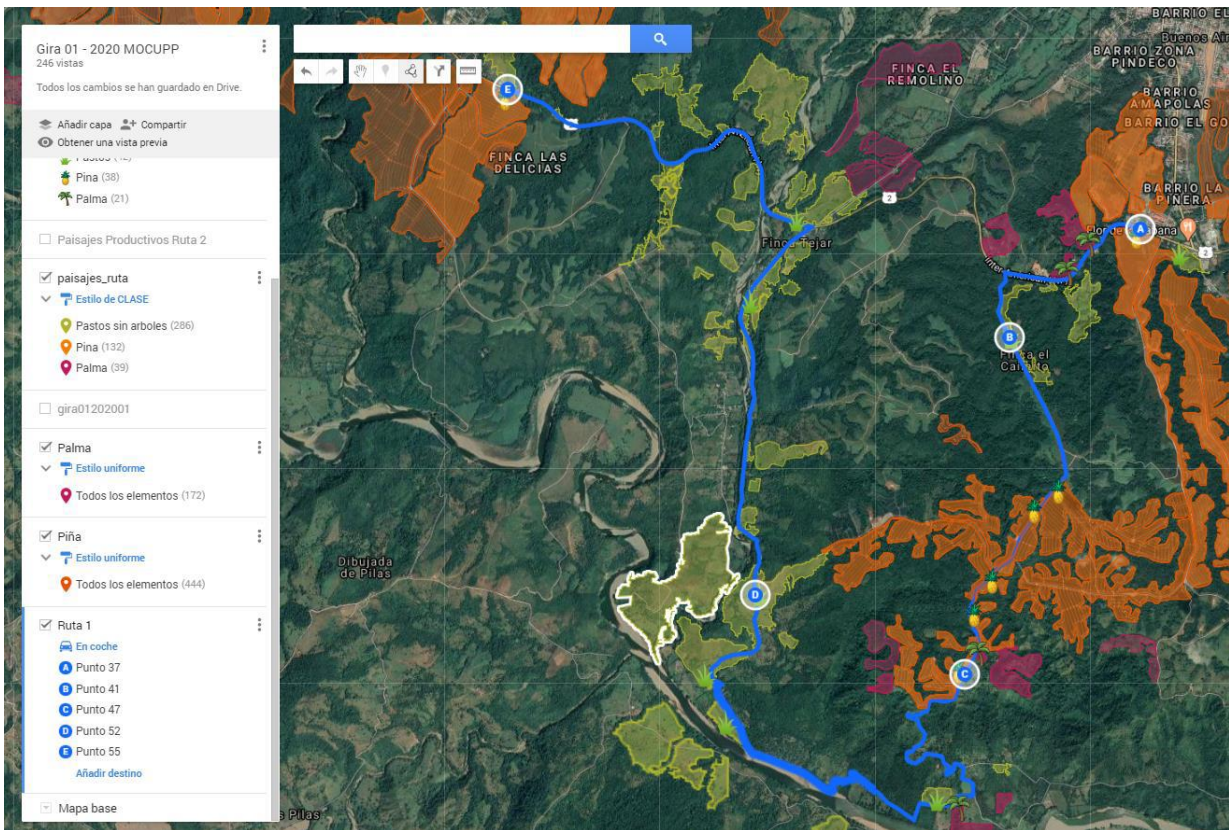
Fuente: Aguilar, Vargas, Ávila, Miller y Romero, 2020.

3.3.2.1. Planificación de rutas

Una vez definida el área de estudio y calculado el tamaño de la muestra se procedió a cargar las capas generadas por el MOCUPP para el año 2018 (piña, palma aceitera, pastos productivos y cobertura arbórea) en formato Keyhole Markup Language (KML) en el servicio de Google My Maps, el cual es de acceso libre o bajo licencia.

En la Figura 3, se muestra la plataforma My Maps donde es posible trazar rutas y agregar puntos, lo que permite generar un itinerario previo a la visita de campo y abarcar la mayor cantidad de área en la zona de interés. Por lo que, además de las capas del MOCUPP, fueron considerados en el trazado de las rutas, los puntos identificados previamente en procesos de clasificación o revisión, como por ejemplo áreas de monitoreo y/o verificación (Aguilar, Vargas, Ávila, Miller y Romero, 2020).

Figura 3. Diseño de rutas en el servicio de Google My Maps.



Fuente: Aguilar, Vargas, Ávila, Miller y Romero, 2020.

3.3.2.2. Muestreo de puntos de control y validación

Basado en el criterio de las personas investigadoras del laboratorio PRIAS al momento de llevar a cabo la recolección de los datos se clasificaron los puntos según las siguientes definiciones presentadas en la Tabla 1.

Tabla 1. *Clasificación de los puntos según situación de campo.*

Puntos de monitoreo (302 puntos)	Los puntos de monitoreo corresponden a los puntos que son verificados en campo a partir del valor del año anterior. Ejemplo: Visita a un área de palma aceitera monitoreada en la capa 2018.
Puntos de muestreo (2047 puntos)	Los puntos de muestreo corresponden a todos aquellos puntos nuevos que se miden en el sitio de la gira y que corresponden a la cobertura observada en el momento de la captura del dato, son puntos que no son parte del monitoreo, ya que no hay presencia de polígonos previos de la cobertura observada. Ejemplo: Identificación de un área de palma aceitera que no fue monitoreada en la capa del 2018 ni fue ubicada por medio de la revisión previa de las regiones.
Puntos de revisión (720 puntos)	Los puntos de revisión son todos aquellos puntos ubicados durante el proceso de clasificación y digitalización de los paisajes productivos y que el investigador del Laboratorio PRIAS identificó como de importancia para verificación en campo. Ejemplo: Visita a un punto de palma aceitera identificado durante la revisión previa de las regiones.

Fuente: Aguilar, Vargas, Ávila, Miller y Romero, 2020.

La obtención de los puntos de campo se realizó aplicando el protocolo de campañas de recolección de datos propuesto por Aguilar, Vargas, Ávila, Miller y Romero (2020). Estas categorizaciones se le dan a los puntos en campo y sirven como un control para la revisión de las áreas de trabajo; sin embargo, esta clasificación de puntos no es contemplada en la fotointerpretación por lo que no se contabilizan por clase como tal, sino se implementa la división para definir los puntos de validación según los diversos paisajes monitoreados. El protocolo indica que:

Una vez situados en el área de estudio, se recorrieron las rutas definidas tomando puntos de muestreo cada dos kilómetros. En caso de que el punto se clasificara como de monitoreo se capturó la información de dicho polígono y no se reinició la cuenta de la distancia. Si al detenerse a los dos kilómetros no se identificó ningún tipo de paisaje de interés, el punto se omitió y se continuó con el recorrido (p.22).



En cada sitio de levantamiento de información se utilizó un formulario de campo físico para respaldar los datos obtenidos, el cual se conformaba por:

- a) Las coordenadas geográficas del punto de referencia generadas con un GPS.
- b) El azimut al que se encontraba el paisaje con respecto al punto de referencia medido con una brújula.
- c) La distancia a la que se encontraba el paisaje con respecto al punto del GPS calculado por medio de la utilización de la regla de medición de distancias de la aplicación Google Earth, o bien, por estimación en campo.
- d) Una fotografía del paisaje adquirida con una cámara profesional.

Durante las campañas de recolección de datos para la elaboración de las capas 2019, fue posible disponer del apoyo y participación de colaboradores del MAG de las Direcciones Regionales visitadas, dicha cooperación fue de suma importancia gracias al amplio conocimiento, en la dinámica de los cultivos y en las condiciones de terreno de las zonas, con el que cuenta cada uno de los colaboradores. Para ello se coordinó en primera instancia con el director general de cada regional, el cual asignó los participantes de cada campaña.

Para el monitoreo de los paisajes analizados por el MOCUPP para el año 2019, se llevaron a cabo un total de 15 campañas de recolección de campo de 5 días cada una, de las cuales 11 se realizaron en el año 2021 y cuatro en el año 2022. A partir de estas visitas de campo se recolectó un total de 3.069 puntos de control (Tabla 2). Para la clasificación de la capa del paisaje productivo de pastos se utilizó como insumo 1.349 puntos con una distribución de un 50% para este proceso y el otro 50% para la posterior validación.

Tabla 2. Datos obtenidos a partir de las campañas de recolección en campo para el procesamiento de la capa vectorial del PPP para el año 2019.

PUNTOS DE CAMPO					
AÑO	PASTOS	CA	PIÑA-PALMA-OTROS USOS	INTERSECCIONES	TOTAL
2020	1.073	681	796	0	2.550
2021	276	174	53	16	519
TOTAL	1.349	855	849	16	3.069



3.3.2.3. Procesamiento de datos

La información adquirida en campo fue digitada y respaldada en una hoja de cálculo de Excel en formato XLS, esto con el fin de preparar los datos y posteriormente proceder al cálculo de las nuevas coordenadas. Para ello, fue necesario importar los puntos en el programa QGIS en formato de intercambio GPX y guardarlos como un archivo en formato ESRI Shapefile (SHP) con el SRC CRTM05.

Seguidamente, con el archivo SHP de los datos, la distancia y el azimut adquiridos para cada punto de referencia tomado en las vías de acceso, se realizó por medio del programa Microsoft Excel, la generación de los puntos con las coordenadas correspondiente a cada uso del suelo analizado. Este producto se guardó en formato “Comma Separated Values” (CSV) para ser importado en el programa QGIS, a través de la herramienta “Añadir capa de texto delimitado”, específicamente en la opción de “CSV (valores separados por coma)” para finalmente ser exportados como archivo shape en CRTM05.

Para más detalle del proceso de obtención de información en campo, acudir al documento “Protocolo para el levantamiento de la información de campo dentro del proyecto MOCUPP” (Aguilar, Vargas, Ávila, Miller y Romero, 2020)¹.

3.3.3. Levantamiento de información virtual

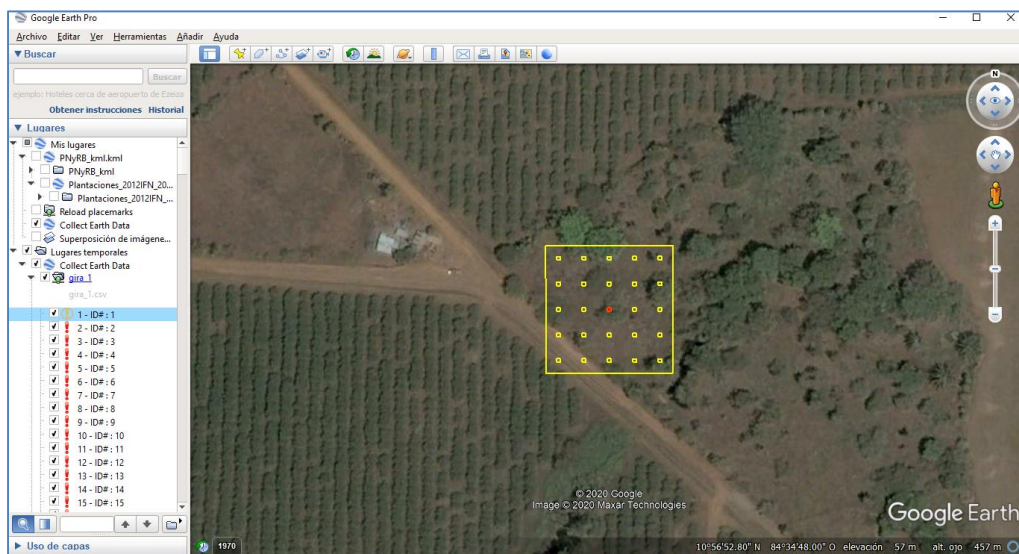
Como se mencionó anteriormente, debido a la pandemia por SARS-Cov-2 y las directrices nacionales e institucionales dirigidas a reducir el riesgo de contagio y la exposición, fue necesario desarrollar un protocolo de levantamiento de información que permitiera continuar con el procesamiento de los datos. Es por ello que se incorpora la metodología de campañas virtuales para cumplir con el tamaño de la muestra necesaria para la validación de cada paisaje productivo. Dicho proceso metodológico se presenta a continuación.

¹<https://repositorio.conare.ac.cr/handle/20.500.12337/8351>

Para la clasificación de los puntos, se definió utilizar cinco categorías de uso de la tierra definidas por el MOCUPP (piña, palma aceitera, pastos productivos, cobertura arbórea y otros usos); además, se implementó el uso de nuevas plataformas como Collect Earth y Google Earth Pro y algunas imágenes como Airbus, Maxar Technologies, Planet Scope, Sentinel-2, y Landsat 7 y 8.

El proceso de muestreo consistió en el uso de parcelas cuadradas con una unidad mínima cartografiada de 0,5 ha; a cada parcela se le creó una malla de 25 puntos con distribución sistemática (Figura 4) para determinar el uso y cobertura de la tierra predominante se utilizó el término “Land Use Land Cover (LULC)”, el cual hace referencia al uso y cobertura de la tierra de manera conjunta y se enfoca en la distinción de los posibles cambios de uso.

Figura 4. Distribución de la malla de puntos por parcela.



Fuente: Duarte, 2020.

Para este proceso se realizó un total de siete campañas de recolección virtuales de 5 días cada una y para cada una de ellas se interpretaron 400 puntos, para un total de 2.800 puntos aleatorios obtenidos. Por otro lado, como resultado de los estudios realizados por el laboratorio PRIAS en conjunto con la NASA en temas como el monitoreo de paisajes, se logró identificar que un 90% de la expansión de los cultivos



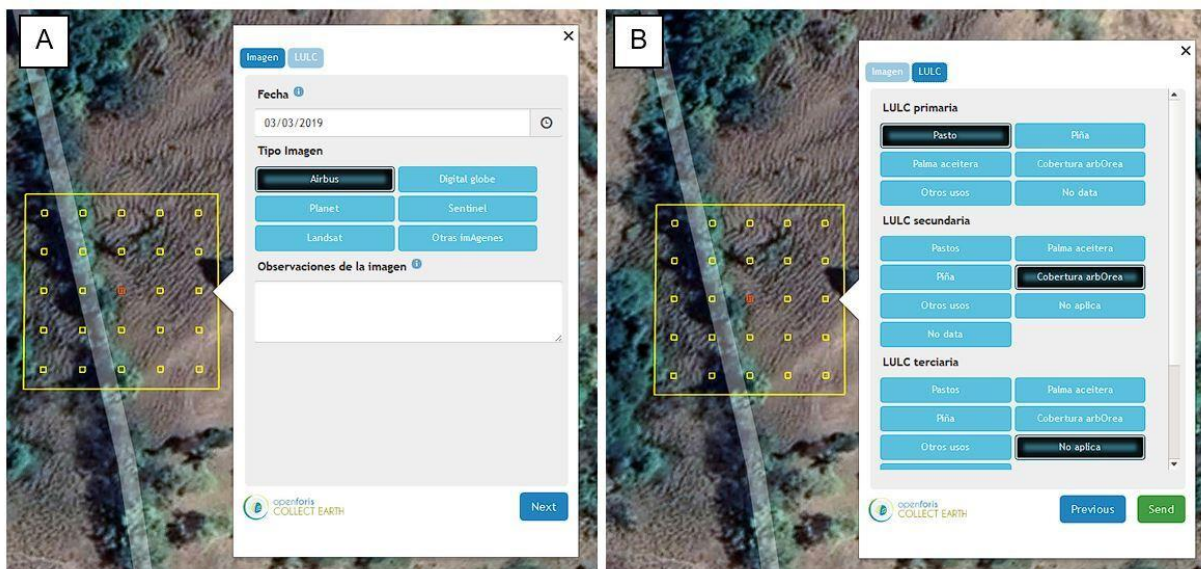
se efectúa dentro de un radio de 2.000 metros alrededor de estos (NASA-DEVELOP, 2020); razón por la cual, se creó un buffer de 2x2 km que permitió crear los puntos de interpretación para la muestra del área basado en el paisaje de cobertura arbórea, mismo que es de importancia para los paisajes productivos de piña, palma aceitera y pastos.

El registro e interpretación del LULC se realizó por medio de una plantilla que recolectó información como: la fecha de la imagen utilizada, el tipo de imagen correspondiente y observaciones generales de la misma, esto en la primera ventana. Para la segunda ventana se incorporaron datos específicos del LULC de cada parcela; el cual se clasificó en varias categorías dependiendo del porcentaje de presencia de cada paisaje analizado por el MOCUPP, dicho cálculo se realizó partiendo de que cada punto dentro de la parcela representó un 4% del área total de la parcela (Figura 5).

Según Duarte (2020), las tres categorías utilizadas para la interpretación del LULC son las siguientes:

- LULC primaria: Se seleccionó la categoría de uso del MOCUPP que predomina en la parcela. En caso de que no haya imagen de referencia se seleccionó “No data”.
- LULC secundaria: Se seleccionó la segunda categoría de uso del MOCUPP que se observa, y que comprende una menor área de la parcela con respecto al LULC primaria (menos del 49% de ocupación del total de la parcela). En caso de que no se presente un segundo uso del MOCUPP se seleccionó la opción “No aplica” o “No data”.
- LULC terciaria: Se seleccionó la tercera categoría de uso del MOCUPP que se observa y que comprende una menor área de la parcela con respecto al LULC secundaria (menos del 30% de ocupación del área total de la parcela). En caso de que no se presente un tercer uso del MOCUPP se seleccionó la opción “No aplica” o “No data”.

Figura 5. Plantilla utilizada para la obtención de datos por medio de la metodología de campañas de recolección virtuales. A. Parámetros de la imagen. B. Características del LULC.



Fuente: Duarte et al, 2020.

Para el proceso de clasificación y validación de la capa para el año 2019 se utilizó un total de 820 puntos de control (Tabla 3), cuyo LULC primario corresponde al paisaje productivo de pastos, estos fueron obtenidos por medio de campañas de recolección virtuales, según el criterio de las diferentes personas intérpretes.

Tabla 3. Datos obtenidos a partir de las campañas de recolección virtuales para el procesamiento de la capa vectorial del PPP para el año 2019.

Puntos virtuales				
Categoría	LULC 1	LULC 2	LULC3	Total
Pastos	820	447	20	1.287

Fuente: Duarte et al, 2020.

Para más detalle de la interpretación de la información obtenida a partir de campañas de recolección virtuales, acudir al documento “Informe final de resultados de las giras



virtuales para el monitoreo de los paisajes productivos del MOCUPP en el año 2019” (Duarte, 2020)².

3.4. Tratamiento de imágenes satelitales

El proyecto MOCUPP, a través de los años de estudio ha utilizado como insumo principal las imágenes brindadas por el sensor Sentinel-2, ya que son imágenes de acceso libre, de resolución espacial media (10 metros) y que cuentan con una temporalidad de 10 días por separado; ya que, al poseer dos satélites operativos en órbita, alcanzan una resolución temporal de 5 días bajo las mismas condiciones de iluminación (Copernicus, 2018).

No obstante, en caso de existir escasez de insumos para un área específica por parte del sensor Sentinel-2, cabe destacar que se pueden utilizar como recursos complementarios, las imágenes del sensor Landsat 8, las cuales cuentan con una resolución espacial media (30m) y son de acceso libre al público. También se incorporó la utilización de los datos generados por el programa NICFI (Norway's International Climate and Forests Initiative Data Program) de la compañía Planet Labs, mismos que son de alta resolución con un tamaño de pixel de 5 m.

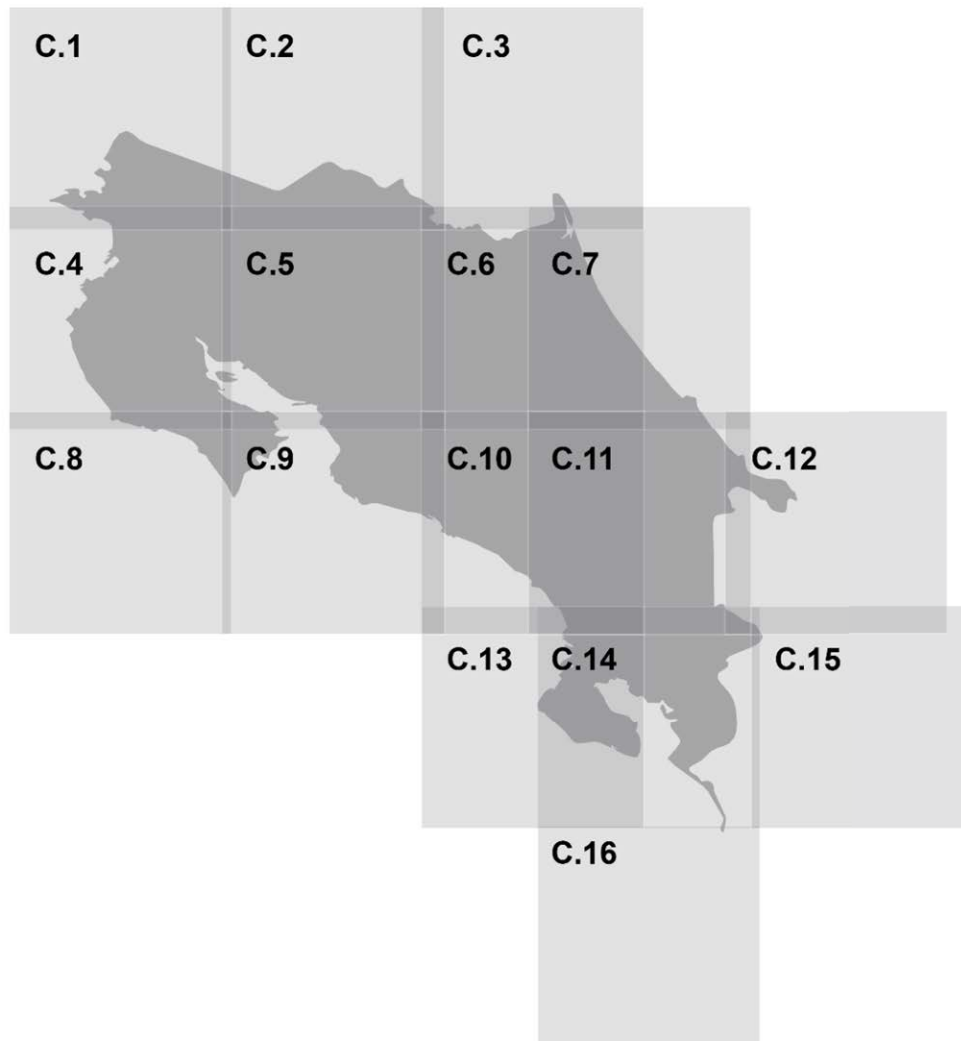
3.4.1. Descarga de imágenes

El primer paso para la adquisición y procesamiento de las imágenes fue la descarga de las escenas ubicadas dentro del territorio nacional. Dicha descarga se realizó desde la plataforma de la European Space Agency (ESA) para el programa Copérnico (<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>).

Para identificar las escenas a descargar y maximizar los procesos en la creación de mosaicos, se elaboró una nueva distribución de los cuadrantes que conforman el país, proceso aplicado para uso interno del proyecto (Figura 6). Basado en cada uno de los cuadrantes del área de Costa Rica, se realizó la búsqueda y descarga de las imágenes para el año 2019, las cuales fueron identificadas y seleccionadas con un porcentaje bajo de nubes; factor que favoreció el proceso de fotointerpretación, digitalización y codificación de la capa.

²<https://repositorio.conare.ac.cr/handle/20.500.12337/8052>

Figura 6. *Distribución de los cuadrantes en Costa Rica para las imágenes del sensor Sentinel-2 del año 2019*



Fuente: Vargas et al., 2020.

3.4.2. Procesamiento de imágenes

Posterior a la descarga de imágenes, se procedió a realizar el preprocesamiento de las mismas con el objetivo de elaborar un mosaico por área de conservación; para esto, se seleccionaron las mejores escenas por cuadrantes para cada una de las áreas de



trabajo y se les aplicó una corrección atmosférica por medio de la herramienta Sen2Cor del programa SNAP. Este proceso fue automatizado a través de un script en lenguaje computacional Python creado específicamente para este fin por el laboratorio PRIAS, lo cual facilitó la corrección de la totalidad de imágenes descargadas.

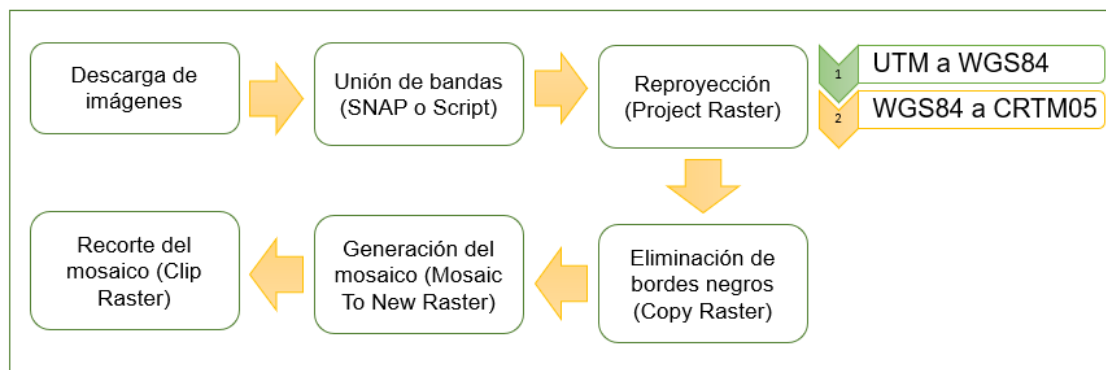
3.4.3. Mosaicos 2019

La creación de mosaicos tuvo como objetivo principal obtener una sola imagen para el área de estudio y con la menor cantidad de nubes; factor que facilitó la visualización y clasificación de los usos y coberturas de la tierra analizados por la herramienta MOCUPP dentro del territorio nacional. Como parte del proceso de innovación incorporado por el Laboratorio PRIAS, se optó por desarrollar dos mosaicos por área de conservación, uno con el proceso tradicional y otro con un proceso automatizado en la plataforma de Google Earth Engine (GEE), esto con el propósito de obtener la mayor cantidad de insumos con el menor porcentaje de nubosidad posible, que facilitaron el monitoreo de los paisajes analizados. Es importante aclarar que ambos mosaicos difieren en su temporalidad, ya que el mosaico tradicional se elabora con imágenes de los meses de menor nubosidad mientras que el mosaico de GEE tiene una temporalidad anual y está conformado por el mejor pixel disponible para dicho año en cada punto de la imagen. Por otro lado, también es importante mencionar en las áreas de conservación ACTo, ACT y ACLAP se pueden presentar desplazamientos en diversas direcciones de entre 0,5 m a 4,5m; los cuales fueron tomados en cuenta al momento de fotointerpretar el polígono analizado.

3.4.3.1. Creación de los mosaicos por proceso tradicional

En la Figura 7, se muestra el flujograma del proceso tradicional para la creación de mosaicos para el año 2019.

Figura 7. Resumen metodología general para la generación de mosaicos.



Basado en la corrección atmosférica aplicada a las mejores escenas por cuadrante, disponibles del 01 de enero de 2019 al 31 de diciembre de 2019, según la distribución mostrada en la Figura 6, se utilizó, únicamente para este proceso una división por áreas de conservación para la creación del mosaico para cada una de estas, división que permitió estandarizar los insumos base utilizados en la etapa de procesamiento con respecto a los generados y aplicados en el monitoreo del año 2018. Para ello, primeramente, en el programa SNAP, a través de la herramienta “Band select” se ejecutó la unión de bandas espectrales, utilizando específicamente las bandas B2 (azul), B3 (verde), B4 (rojo) y B8 (NIR) del espectro electromagnético.

Las imágenes descargadas y corregidas se encuentran en un sistema de proyección y coordenadas “UTM Zona 16, UTM Zona 17” dependiendo de la localización de las escenas dentro del país; no obstante, el MOCUPP genera y procesa sus productos en CRTM05. Razón por la cual se reproyectó el sistema de coordenadas, pasando primeramente de UTM a WGS84 y finalmente de WGS84 a CRTM05, en el programa ArcGIS.

Luego, por medio de la herramienta “Copy raster” del programa antes mencionado, se procedió a eliminar los bordes negros que correspondían a los pixeles con ausencia de datos o “NoData”. Finalmente, se generaron los mosaicos con las imágenes procesadas para cada una de las áreas de conservación; para ello, se utilizó la herramienta “Mosaic To New Raster” del programa ArcGIS.



El proceso detallado para el tratamiento de imágenes y creación de mosaicos, se puede consultar en el documento “Informe Final del Paisaje Productivo de Pastos para el año 2018 dentro del MOCUPP” (Aguilar, Calvo et al., 2021)³.

3.4.3.2. Creación de los mosaicos automatizados en la plataforma GEE

A partir de la utilización de la plataforma Google Earth Engine y las imágenes de la colección Sentinel-2 MSI nivel 2A, se elaboró un mosaico sin nubes para cada una de las 10 áreas de conservación del SINAC. Dicha colección fue filtrada por: fecha, utilizando los datos del 01 de enero de 2019 al 31 de diciembre de 2019; región, usando los límites del área de conservación que se encuentran en formato shape en el SNIT, específicamente en el nodo del SINAC (actualizada al año 2022); y por el porcentaje de nubes en cada escena (“cloudy pixel percentage”), considerando únicamente aquellas que presentaron un porcentaje menor a 30%.

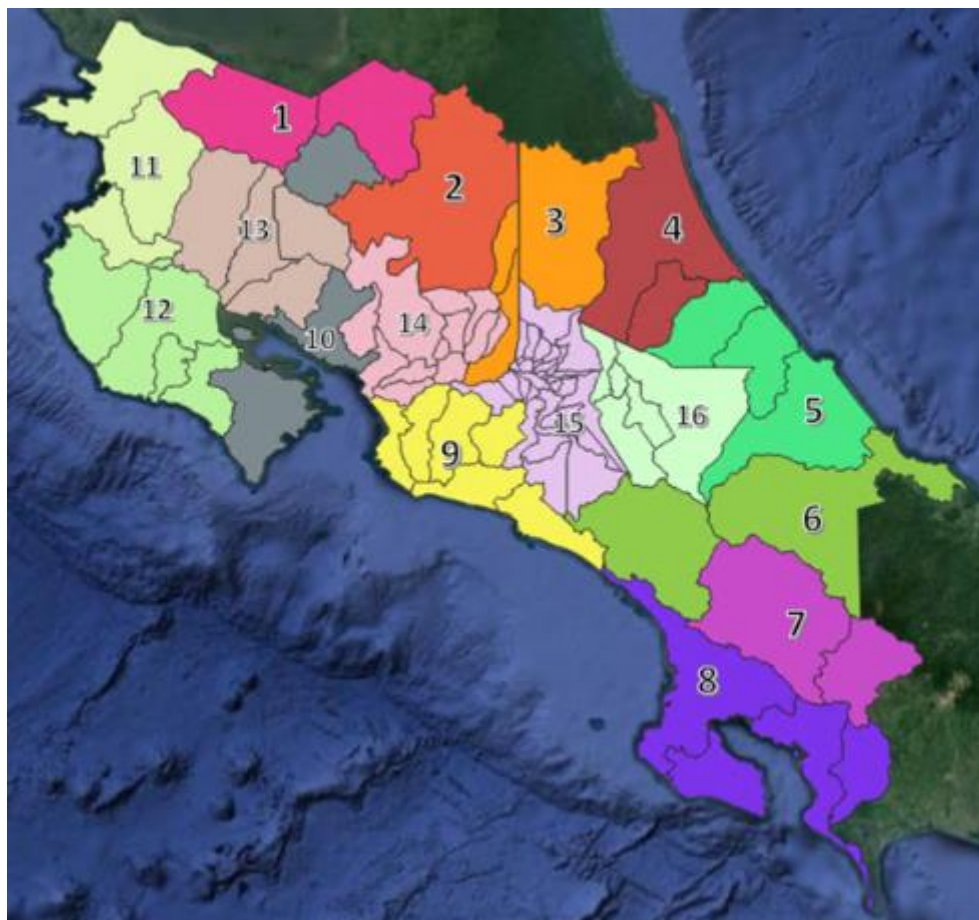
Posteriormente, a cada imagen seleccionada de la colección, se le aplicó una máscara de nubes por bits, considerando la banda QA60 presente en dichas imágenes, en donde el bit 10 corresponde a nubes opacas y el bit 11 corresponde a cirrus. Una vez filtrada y enmascarada la colección de imágenes, se generó el mosaico tomando el pixel correspondiente al valor mediano, mismo que fue descargado seleccionando únicamente cuatro bandas (B2, B3, B4 y B8) y cortado a la extensión de cada área de conservación.

3.5. Interpretación y actualización de áreas de pastos productivos

Según lo mencionado en la descripción del área de estudio, para el procesamiento de la capa vectorial del paisaje productivo de pastos del año 2019 se optó por dividir el país en 16 áreas de trabajo (Figura 8).

³<https://repositorio.conare.ac.cr/handle/20.500.12337/8256>

Figura 8. *División de áreas de trabajo del proyecto MOCUPP en el territorio nacional.*

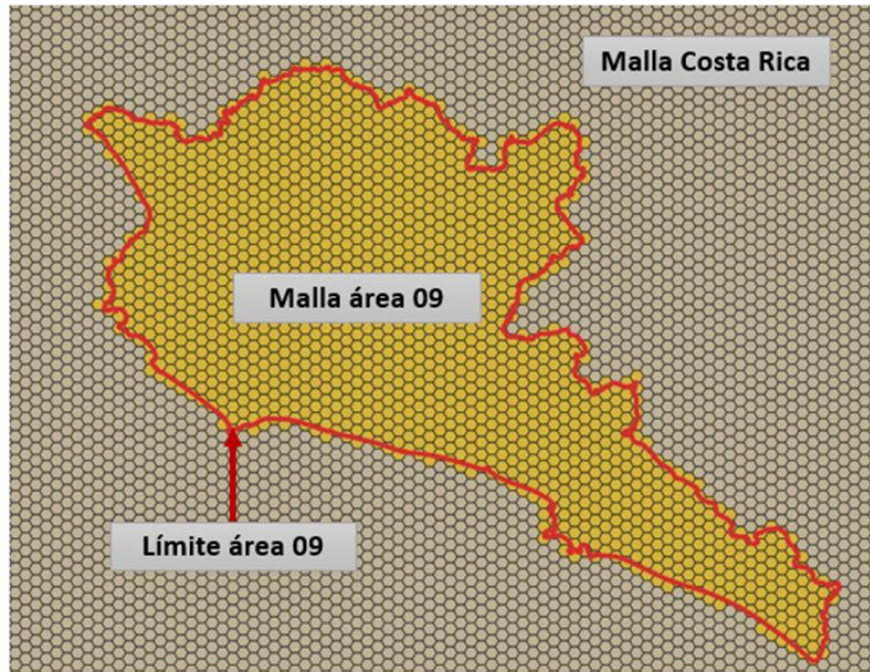


Como parte de las mejoras aplicadas en el desarrollo de los productos finales de los pastos productivos para el año 2019, se procedió a revisar la existencia de traslapes con la capa vectorial del paisaje de cobertura arbórea del 2018; para esto se utilizó la herramienta de “Intersección” en el programa QGIS. La cual generó como resultado que la mayoría de intersecciones encontradas correspondieron a polígonos que no fueron digitalizados o editados durante el proceso de clasificación del año 2018.

La capa de intersecciones obtenida se utilizó como guía para ubicar dichos traslapes, los cuales fueron solventados durante la actualización del monitoreo de la capa 2019. A partir de esto se decidió trabajar, durante todo el proceso, de la mano con la creación de la capa de CA, esto con el objetivo de evitar nuevas intersecciones.

Otra de las actividades incorporadas en la revisión y actualización de la capa del paisaje productivo de pastos 2019, fue el diseño de una malla de hexágonos por área de trabajo (Figura 9), que facilitó la ejecución del proceso, permitiendo realizarlo de manera más detallada y ordenada. El área aproximada de cada hexágono fue de 194,85 hectáreas.

Figura 9. Ejemplo de malla elaborada para el área 9.



Fuente: Jiménez et al., 2022.

Adicionalmente, los insumos complementarios utilizados para la actualización de la capa 2019 fueron: el buffer de 2 kilómetros de cobertura arbórea del año 2018, los puntos tomados en campo seleccionados para la clasificación 2019, los puntos virtuales seleccionados para la clasificación 2019, imágenes satelitales de Planet y Google Earth Pro, las capas del Instituto Geográfico Nacional (pastos productivos, cultivos y cobertura forestal), la capa del Inventario Nacional Forestal (año 2013-2014), la capa del Inventario Nacional de Humedales (años 2016-2018) y la capa de Pagos por Servicios Ambientales (año 2011-2018) del FONAFIFO.



Antes de comenzar con la revisión, edición y clasificación de las 16 áreas que comprenden todo el territorio nacional, se tomó en cuenta la aplicación de los algoritmos multiparte a monoparte y corrección geométrica; los cuales generaron polígonos aislados con geometrías válidas. Además, para estandarizar las capas finales de los paisajes de pastos y cobertura arbórea, se elaboró un estilo unificado que contempló una lista de posibles comentarios requeridos para el análisis final de la actualización del año 2019.

De esta forma se llevó a cabo la creación del monitoreo del paisaje productivo de pastos al 70% de cobertura arbórea para el año 2019, la cual se ejecutó por medio de los insumos previamente preparados, realizando una interpretación, clasificación y actualización de los polígonos que conformaron la capa de dicho paisaje al año 2018. Además, para la incorporación de áreas nuevas de pastos para el año 2019 dentro del buffer de dos kilómetros definido por el paisaje de cobertura arbórea, se ejecutó una revisión minuciosa, cuyos resultados fueron digitalizados y reportados para la generación del nuevo buffer de CA para el año 2019.

Finalizado el proceso de revisión e interpretación de la capa vectorial 2019, se verificó que no existieran polígonos sin una clase establecida o clasificados en las categorías “reclasificar o intersecciones”; así mismo, se corrigió la geometría para rectificar algunos errores dentro del proceso de edición y clasificación de las áreas.

Además, se revisó que los polígonos del paisaje productivo de pastos que se encuentran dentro las zonas de influencia de humedales, incluyeran el comentario “El segmento contiene un área correspondiente a un humedal, según la capa INH_2016-2018”, esto por solicitud de la coordinación del Programa Nacional de Humedales del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) en el desarrollo del piloto en el año 2018. Este proceso se puede consultar en el documento “Manual para incorporar observaciones asociadas a humedales en los polígonos identificados dentro del paisaje productivo de pastos” (Hernández et al., 2021)⁴.

Por otra parte, en el programa ArcGIS, se ejecutó la revisión topológica para cada una de las áreas de trabajo, dicha herramienta inspecciona los errores topológicos de

⁴<https://repositorio.conare.ac.cr/handle/20.500.12337/8350>



acuerdo a las reglas seleccionadas. Este geoproceto es requerido para evitar intersecciones, saltos o traslapes de los polígonos dentro de la capa procesada. Finalmente, al vector corregido y actualizado se le recalculó nuevamente el área (las cuales deben contar con seis decimales) y se envió al proceso de validación.

3.6. Validación de la clasificación

La validación de los archivos vectoriales elaborados se desarrolló en tres fases o etapas; donde, por medio de la ejecución de cada una de estas, se verificó que los resultados obtenidos cuenten con la confiabilidad estadística requerida por el proyecto; estas fases se detallan a continuación:

3.6.1. Validación 1

Para el proceso de validación 1, se decidió unificar las capas del PPP y CA del año 2019 con el objetivo de realizar una validación conjunta de los datos y con ello descartar la existencia de nuevos traslapes. Dado a esto, se conformó un único archivo vectorial para cada una de las 16 áreas de trabajo con la información de ambos paisajes y se efectuó un análisis completo de la matriz del paisaje para identificar las posibles relaciones entre la dinámica del PPP y CA. Esta unificación de capas fue utilizada exclusivamente en la Validación 1.

Esta etapa consistió en la verificación de las clases de cobertura arbórea, otros usos y pastos, identificadas en el procesamiento de las capas del año 2019; para ello, se aplicó el 50% del total de los puntos recolectados, tanto en las campañas de campo como virtuales y que fueron asignados para la validación de estas capas, en los casos en los que dichos puntos no fueron suficientes, según el tamaño de la muestra calculado con la Fórmula 1, se procedió a ejecutar un muestreo aleatorio con la herramienta de QGIS que permite generar puntos aleatorios dentro de un área determinada, esto para lograr alcanzar el nivel de confianza buscado.

A partir de dichos insumos se procedió con la revisión de la capa vectorial, donde se comparó la clase asignada por el clasificador, con el dato facilitado por cada punto de validación y el criterio del validador. Seguidamente, el validador aplicó matrices de

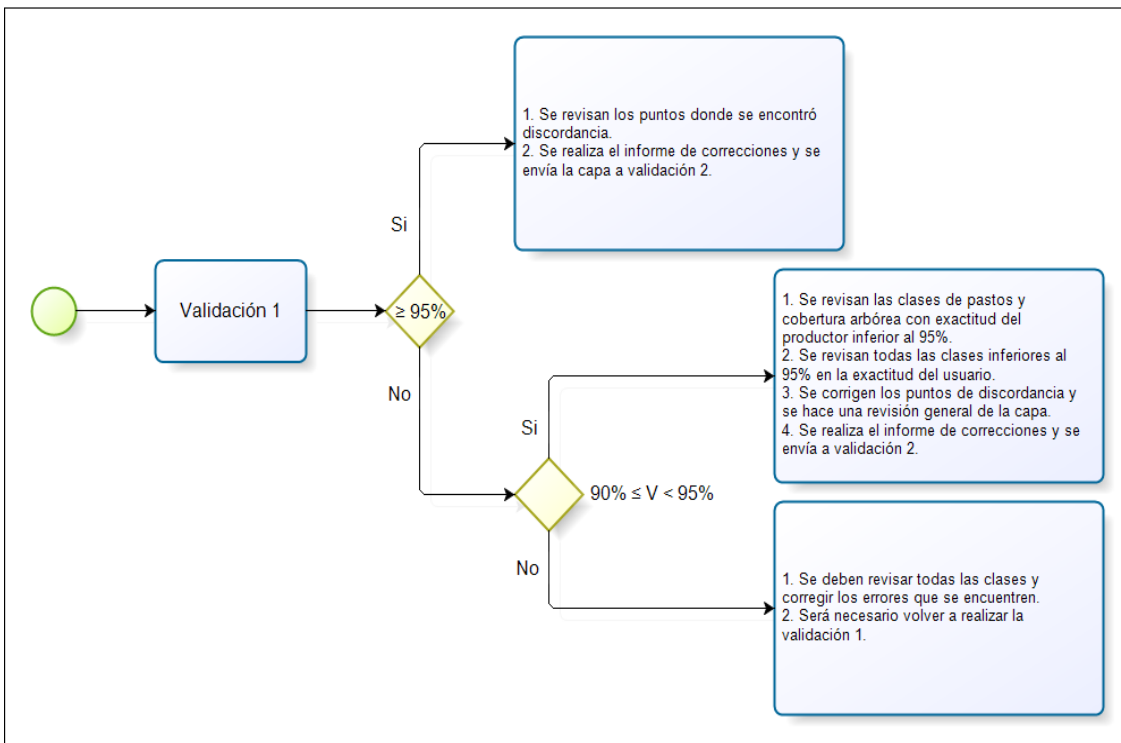


confusión para obtener los porcentajes de exactitud de la capa; a partir de los resultados obtenidos se procedió con las correcciones, tomando en cuenta las siguientes posibilidades (Figura 10):

- Datos inferiores a un 90% indicaron que la capa debe ser revisada en su totalidad.
- Valores que oscilaban entre 90-95% indicaron que las clases que se encontraban dentro de dicho rango deben ser revisadas.
- Porcentajes que sobrepasaron el 95% indicaron que solo se debe revisar los puntos obtenidos como incorrectos.

Las correcciones propuestas por la validación 1 se realizaron en la capa unificada, esto con el objetivo de que los cambios o ediciones realizadas no generaran nuevos traslapes o intersecciones entre ambos paisajes. Luego de este proceso, se procedió a separar las capas y enviar los resultados a la etapa siguiente.

Figura 10. *Flujograma para el proceso de validación 1 para la capa del paisaje productivo de pastos.*



Fuente: Aguilar, Calvo et al., 2021.

3.6.2. Validación 2

Esta etapa requirió calcular nuevamente el tamaño de la muestra a partir de la Fórmula 1, lo que permitió conocer la cantidad total de puntos utilizados para la validación 2; los cuales se generaron posteriormente y de forma aleatoria a través de la herramienta “Puntos aleatorios en los límites de la capa”.

Luego del proceso anterior, se inició la verificación de las clases de pastos y no pastos; se analizó cada uno de los puntos generados y se comparó la clase asignada por el clasificador con el criterio del validador. Al igual que en la Validación 1, para cada una de las áreas de trabajo se elaboró una matriz de confusión para obtener el porcentaje de exactitud y con esto, se aplicó la corrección pertinente según los límites porcentuales que se muestran en la Figura 10.



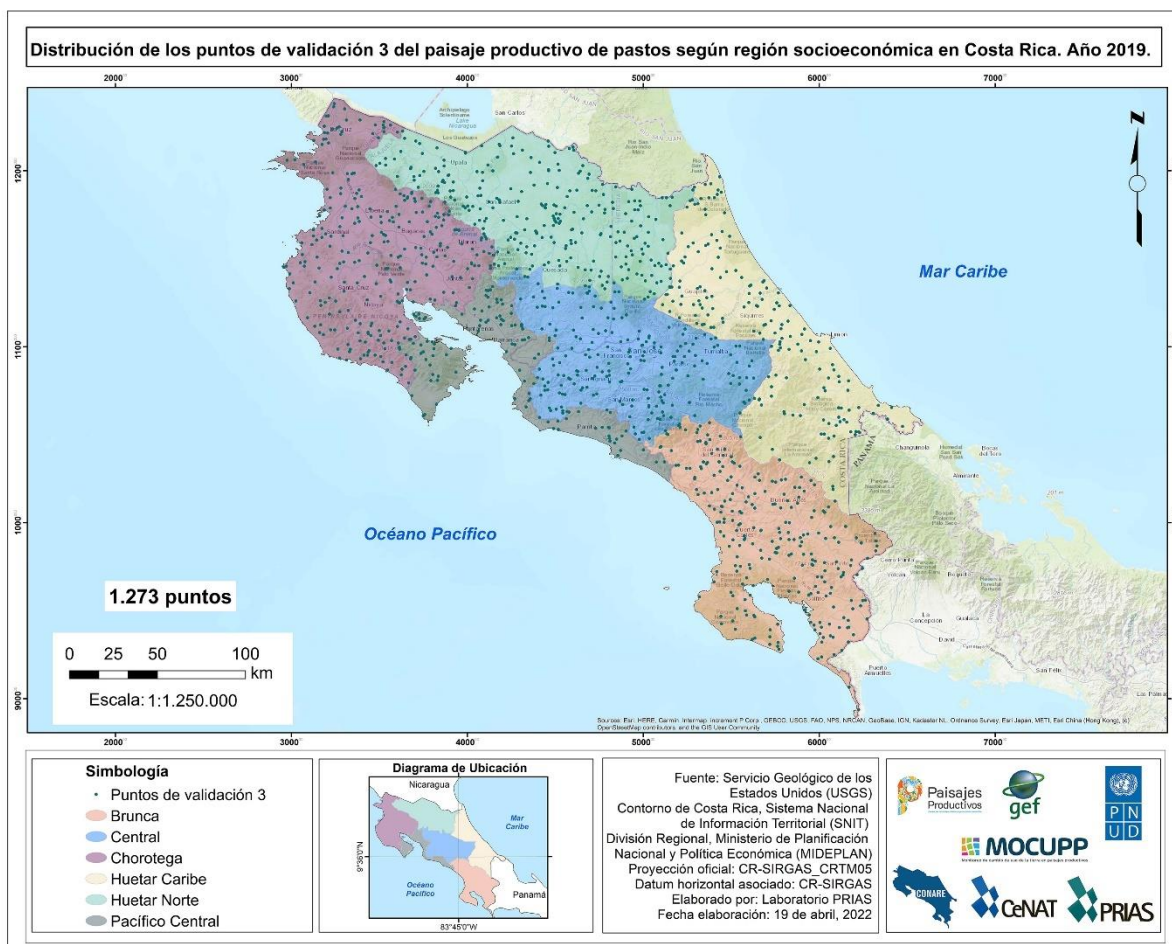
3.6.3. Validación 3

Luego de finalizado el proceso de Validación 2 y la incorporación de las debidas correcciones de los puntos en discordancia; se procedió a unir las 16 áreas de trabajo para tener una única capa vectorial del paisaje productivo de pastos para todo el país.

Posteriormente, a la capa unificada se le realizó una diferencia entre el área total del territorio nacional y la capa final del paisaje productivo de pastos, con el objetivo de obtener los datos finales en hectáreas de la capa vectorial procesada para el año 2019 y el resto del país; a partir de estos datos se aplicó la Fórmula 1 y se procedió con el cálculo de la muestra de los puntos necesarios para la validación 3.

Como se observa en la Figura 11, los 501 puntos necesarios para la validación 3 se generaron de forma aleatoria según la muestra calculada, esto con la herramienta de QGIS “Puntos aleatorios en los límites de la capa”. Para cada uno se generaron dos columnas en la tabla de atributos nombradas “Clasificado” y “Comentario”; donde se categorizaron todos los puntos en las clases “pastos” o “no pastos”.

Figura 11. Distribución de los puntos de validación 3 del paisaje productivo de pastos según región socioeconómica para el año 2019.



Finalizado el proceso de categorización de los puntos, se procedió a unificar las tablas de atributos elaboradas a partir de los puntos aleatorios analizados; este procedimiento se realizó con la herramienta “unir atributos por localización” de QGIS. Seguidamente, se procedió a adjuntar esta clasificación a la capa país del paisaje correspondiente; lo cual permitió continuar con la fase de validación 3 donde se comparó el uso asignado a la capa total del paisaje, con los puntos categorizados para su validación. Los resultados obtenidos fueron analizados y ubicados dentro de los siguientes casos.

Caso 1: Tres clases asignadas a un punto coincidieron entre sí y con la capa de clasificación.



Caso 2: Tres clases asignadas a un punto coincidieron entre sí, pero difirieron con la capa de clasificación.

Caso 3: Dos clases asignadas a un punto coincidieron entre sí y con la capa de clasificación.

Caso 4: Dos clases asignadas a un punto coincidieron entre sí, pero difirieron con la capa de clasificación.

Los puntos que se ubicaron en los casos 3 y 4 fueron revisados uno por uno por la persona validadora, tanto con los mismos insumos utilizados para su categorización como con los diferentes mosaicos empleados en el procesamiento de la capa, además, se compararon con el archivo vectorial clasificado al año 2019 y se asignaron en los casos 1 y 2 según correspondieron. Luego de ubicar todos los puntos dentro de las dos primeras categorías, se procedió a crear una matriz de confusión y calcular los estadísticos Kappa para el archivo vectorial país del paisaje productivo analizado.

Al concluir los cálculos estadísticos, si la exactitud global fue igual o mayor a 90%, la capa fue aprobada y se corrigieron únicamente los puntos en donde no existió concordancia según la matriz de confusión. Si la exactitud fue menor a 90%, pero mayor o igual a 80%, se revisaron todas las clases analizadas.

Para mayor detalle de los procesos aplicados en la Validación 1, 2 y 3, consultar el documento “Guía para validar las capas de pastos y cobertura arbórea” (Aguilar, Ávila et al 2021)⁵.

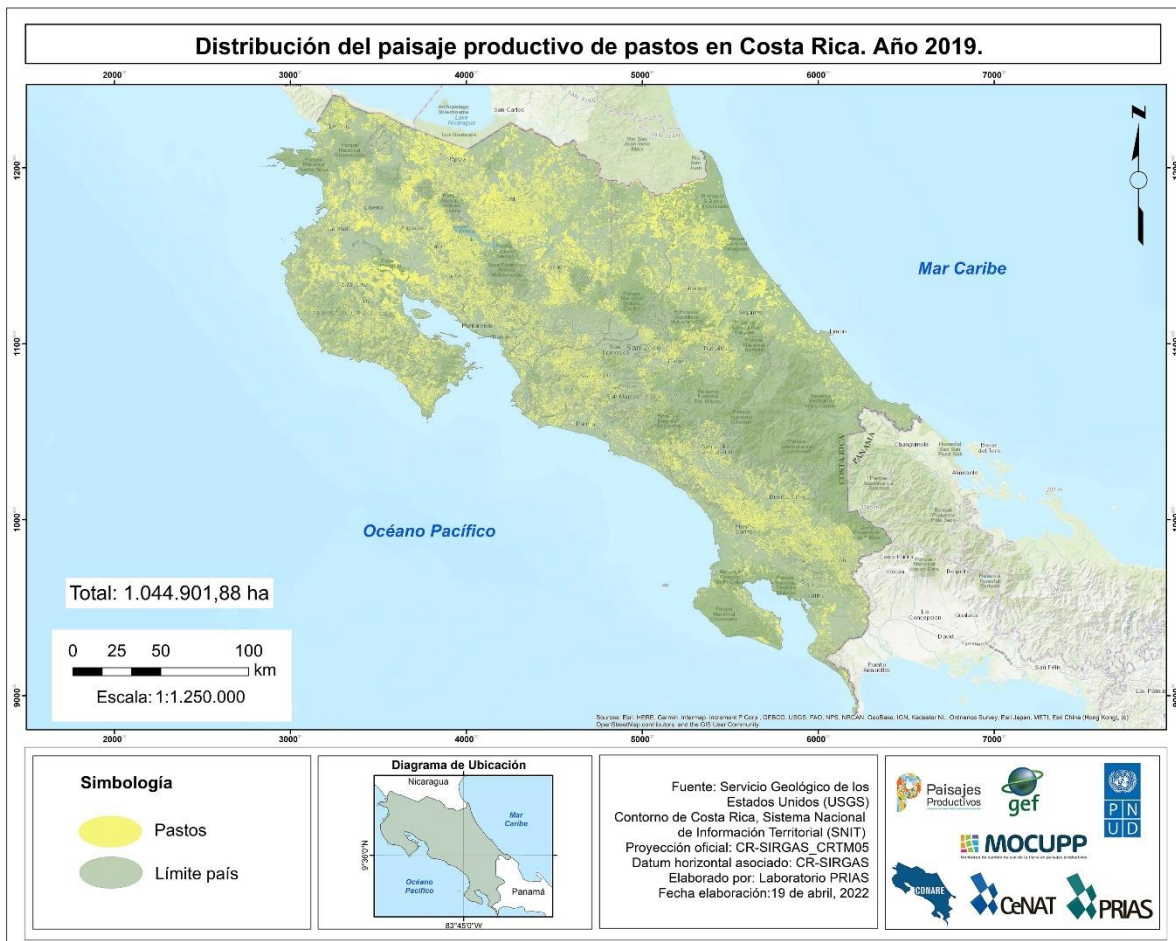
⁵<https://repositorio.conare.ac.cr/handle/20.500.12337/8349>

IV. RESULTADOS GENERALES

4.1. Distribución del paisaje productivo de pastos 2019

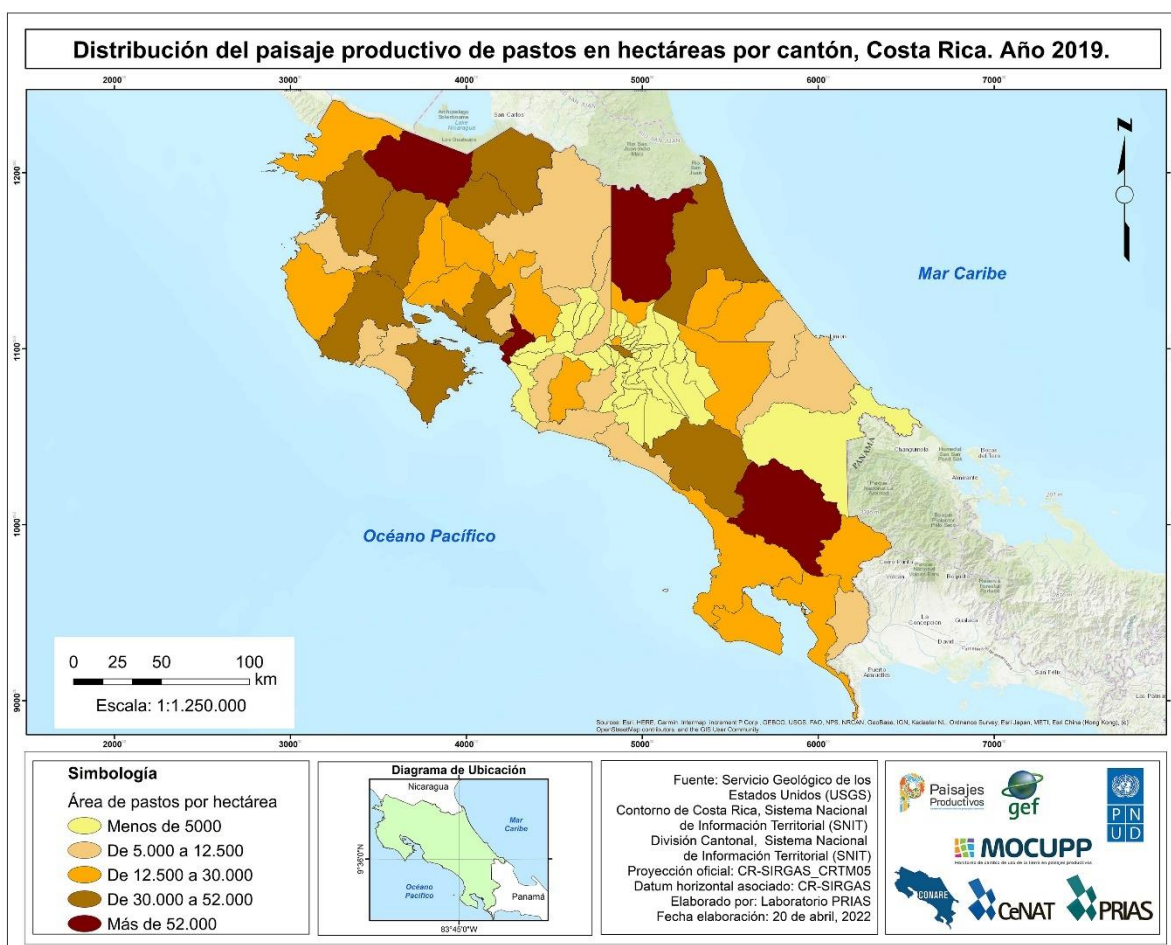
A partir del monitoreo realizado para el año 2019, se identificó un total de 1.044.901,88 hectáreas correspondientes al Paisaje Productivo de Pastos (PPP) distribuidas en el territorio costarricense (Figura 12). El área calculada corresponde a un 20,42% de la superficie total del país. La exactitud obtenida para esta capa corresponde a un 95,21% con un índice kappa de 0,85.

Figura 12. Distribución del paisaje productivo de pastos en Costa Rica. Año 2019.



Los resultados del año de estudio 2019 no muestran diferencias respecto a la distribución cantonal, se encontró que el PPP está presente en los 82 cantones del territorio costarricense (Anexo 4). En la Figura 13 se muestran los cantones clasificados según la cantidad de hectáreas del PPP presente en cada área administrativa para el año 2019.

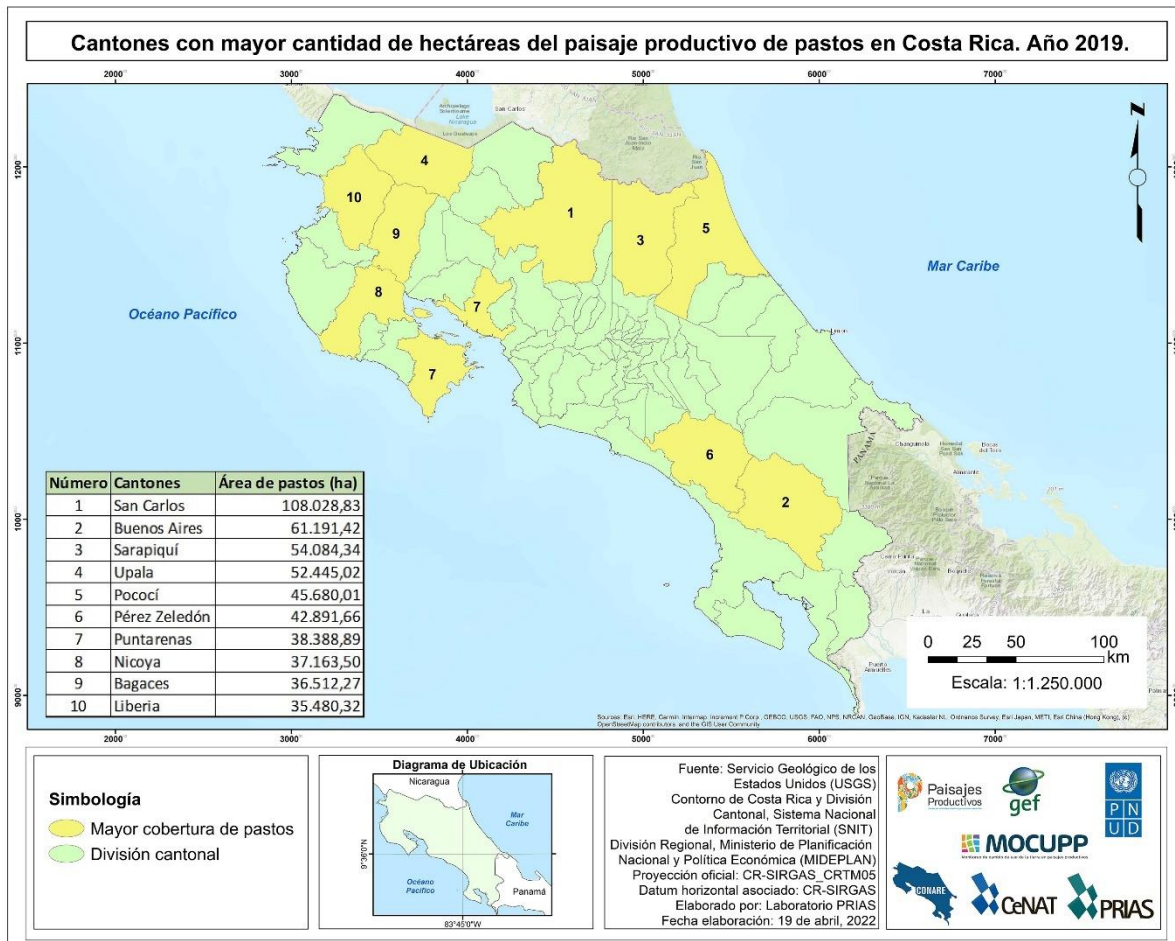
Figura 13. Distribución del paisaje productivo de pastos en hectáreas por cantón. Año 2019.



En la Figura 14 se muestran los diez cantones que presentan mayor cantidad de hectáreas del PPP a nivel nacional. El cantón de San Carlos encabeza la lista con un total de 108.028,83 hectáreas para el año 2019, seguido por Buenos Aires y Sarapiquí

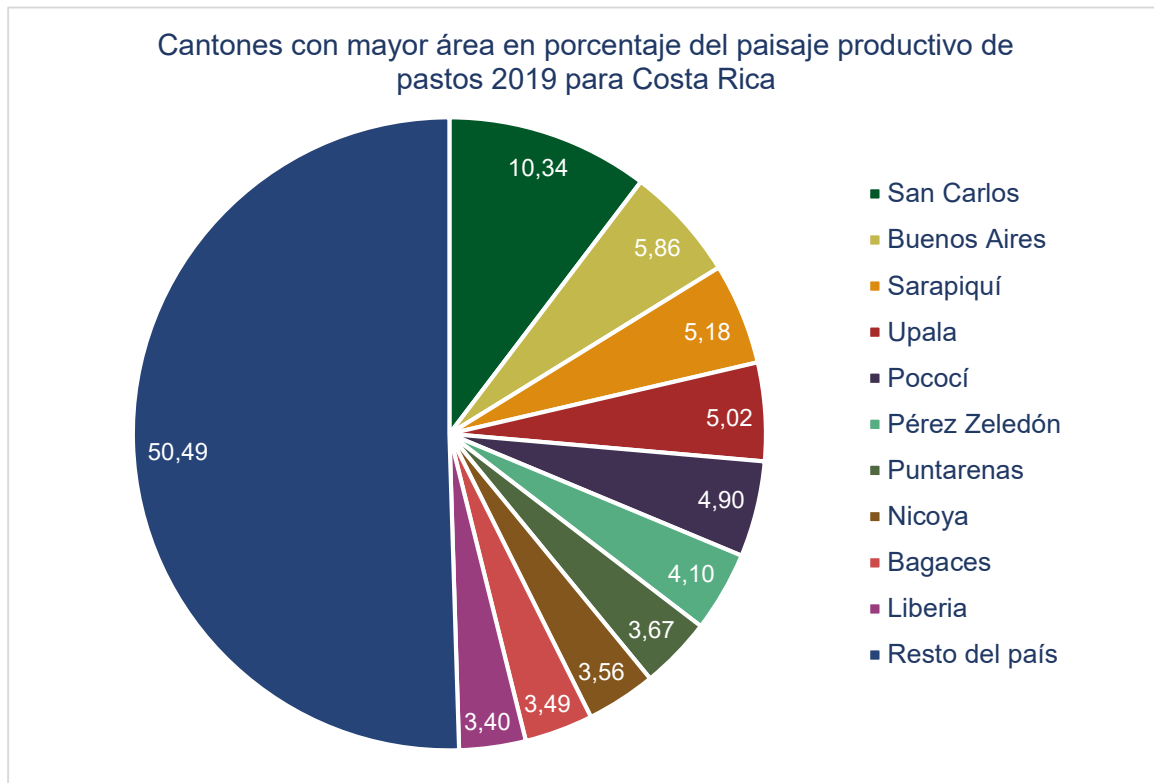
con un total de 61.191,42 y 54.084,34 hectáreas respectivamente. Por otra parte, los cantones con menor área del PPP para el año 2019 corresponden a Tibás (0,0015 ha), Curridabat (6,91 ha) y Flores (8,12 ha).

Figura 14. Cantones con mayor distribución del paisaje productivo de pastos en hectáreas por cantón. Año 2019.



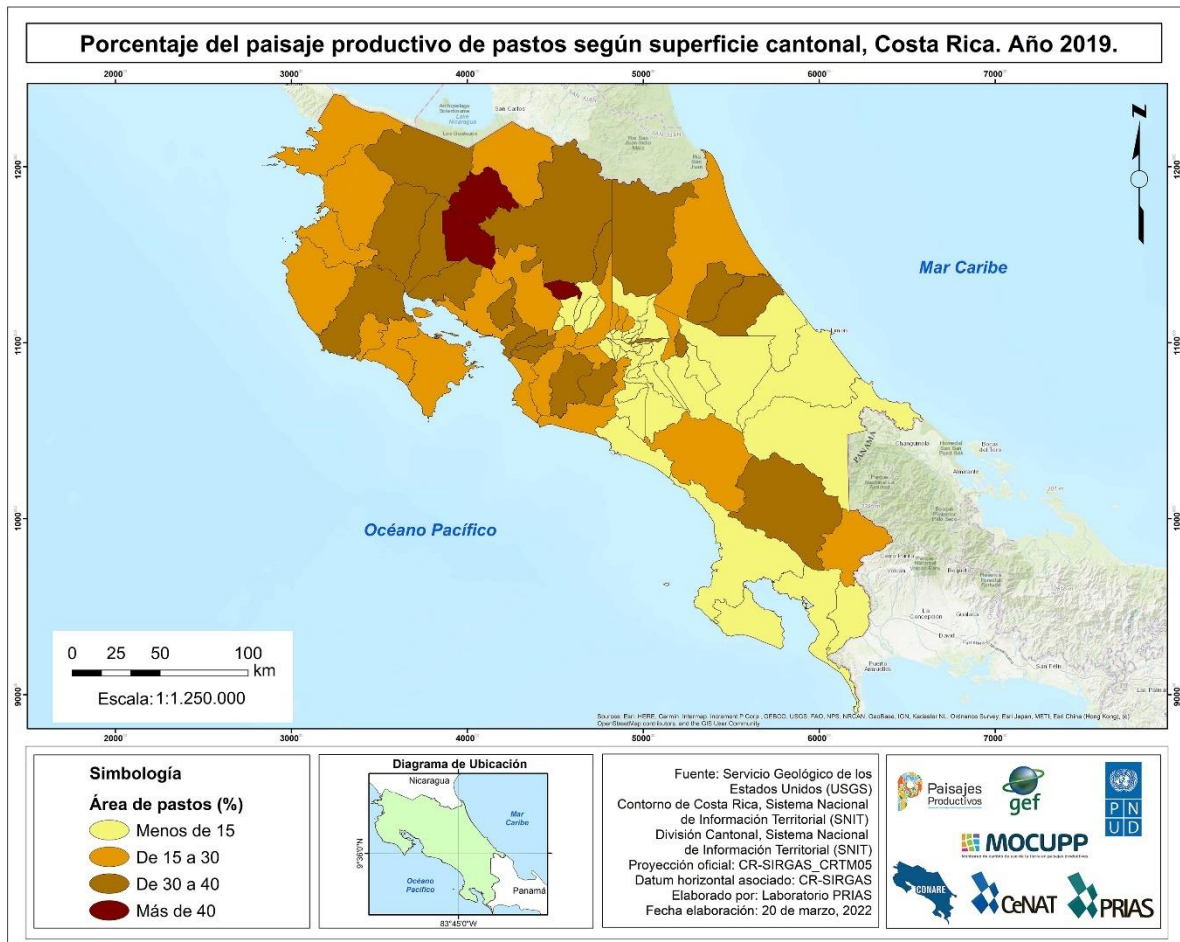
Es importante mencionar que; cerca de la mitad de las hectáreas de pastos productivos identificadas a nivel nacional, se encuentran concentradas en los diez cantones con mayor registro de hectáreas del PPP, los cuales suman un 49,51% del total de hectáreas identificadas para todo el país, mientras que el 50,49% restante se distribuye en los demás 72 cantones (Figura 15).

Figura 15. Distribución porcentual de los cantones con mayor cantidad de hectáreas del paisaje productivo de pastos. Año 2019.



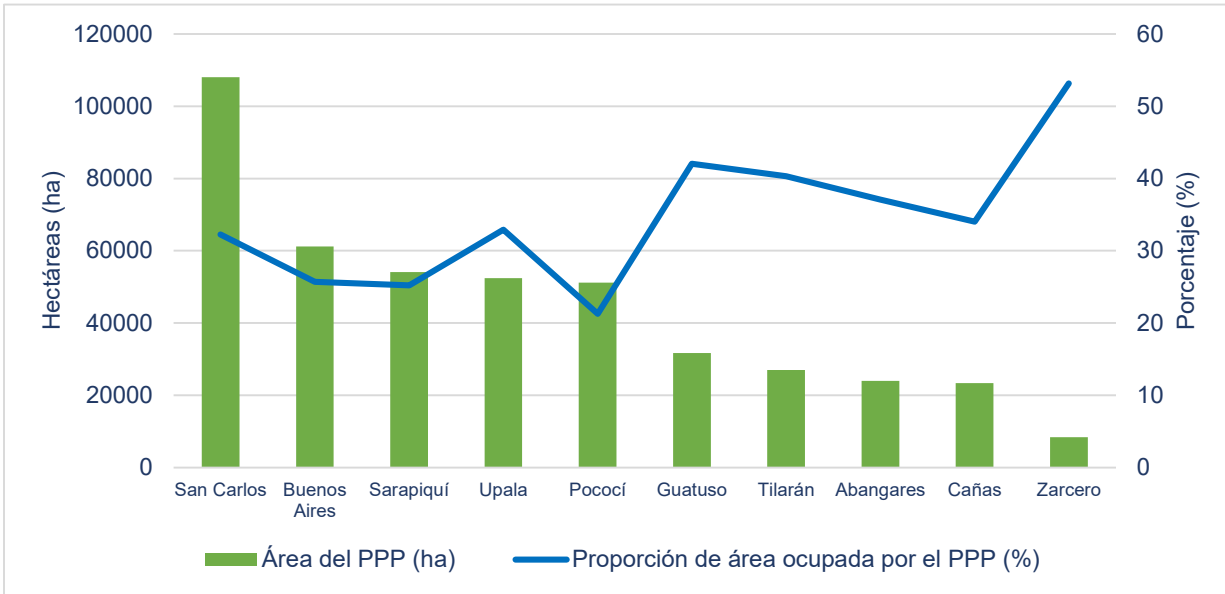
Al realizar un análisis del porcentaje de área ocupada por el PPP a nivel cantonal, según la superficie total de cada una de estas áreas administrativas, destacan cantones que no necesariamente se distinguen por la cantidad de hectáreas de pastos que presentan a nivel país. En la Figura 16 se muestra, por medio de rangos porcentuales, la ocupación del PPP en los 82 cantones que conforman Costa Rica. El cantón que presenta mayor porcentaje de pastos, en relación a la ocupación del territorio, es el de Zarcero, con un 53,77% de su territorio dedicado al PPP.

Figura 16. Porcentaje del paisaje productivo de pastos según superficie cantonal. Año 2019.



En la Figura 17 se presentan los diez cantones con mayor representatividad en términos de extensión y ocupación del PPP. Como se mencionó anteriormente, Zarcero es el cantón con mayor ocupación de pastos en relación con su superficie total; sin embargo, en términos de hectáreas se encuentra en la posición 31. Por otra parte, San Carlos es el cantón con mayor cantidad de hectáreas en el país, no obstante, se ubica en la posición nueve en términos de porcentaje de ocupación del paisaje dentro del área total del cantón.

Figura 17. Diagrama de doble escala de los cinco cantones con mayor extensión del PPP en el país y los cinco cantones de mayor porcentaje de PPP según superficie cantonal. Año 2019.



4.2. Comparación área total del paisaje productivo de pastos para los años 2018-2019

Con el objetivo de analizar la dinámica de los pastos productivos en Costa Rica en el periodo 2018-2019, la Tabla 4 muestra los resultados obtenidos por el proyecto MOCUPP para dicho periodo, segregados en las seis regiones analizadas. Al contrastar esta información se pueden visualizar las modificaciones en la cantidad de hectáreas del PPP en todas las regiones antes mencionadas.

Tabla 4. Modificación del PPP en el año 2019 respecto a los datos calculados para el 2018 por región.

Región	Área del PPP 2018 (ha)	Área del PPP 2019 (ha)	Modificación por región (ha)	Porcentaje de modificación por región (%)
Huetar Norte	259.517,94	284.805,30	25.287,36	9,74
Chorotega	255.765,33	262.285,75	6.520,42	2,55
Brunca	173.308,32	168.135,74	5.172,58	2,98
Central	138.098,27	138.054,35	43,91	0,03
Huetar Caribe	108.548,22	110.467,79	1.919,56	1,77
Pacífico Central	79.917,19	81.152,95	1.235,77	1,55
Total	1.015.155,26	1.044.901,88	40.179,60	18,62

Estas variaciones corresponden, en su mayoría, a un aumento en la cantidad de hectáreas de pastos, incremento que se puede identificar en cuatro de las seis regiones del país estudiadas al año 2019. El aumento o disminución de estos resultados se puede presentar debido a modificaciones de uso de la tierra ocurridos en dicho periodo, o bien; por el mejoramiento en las técnicas de clasificación e insumos utilizados por el Laboratorio PRIAS para el monitoreo del año 2019, avance que permitió identificar áreas del PPP que no fue posible visualizar en el mosaico del año 2018 por diversas razones, como, por ejemplo; la existencia de bancos de nubes.

V. RESULTADOS REGIONALES

El siguiente apartado muestra los resultados obtenidos para el monitoreo del PPP para el año 2019, mismos que son segmentados a nivel cantonal y asociados a la región correspondiente.

En primer lugar, con la mayor cantidad de pastos para el año 2019, se ubica la Región Huetar Norte con un total de 284.805,30 ha, las cuales representan un 27,26% del área total de pastos identificados a nivel nacional. En segundo lugar, se encuentra la Región Chorotega con un área de 262.285,75 ha, equivalente a un 25,10%. Estas regiones constituyen una de las zonas más importantes del país para la actividad pecuaria (MIDEPLAN, 2014d) con más del 25% de su territorio dedicado al paisaje productivo de pastos.

La Región Brunca se encuentra en el tercer lugar con 168.135,74 ha que representan un 16,09% de los pastos identificados en el país. Por su parte, las regiones con menor extensión de pastos son la Región Central con un área de 138.054,35 ha (13,21%), la Huetar Caribe con 110.467,79 ha (10,57%) y la Pacífico Central con un total de 81.152,95 ha (7,77%).

Tabla 5. Resultados obtenidos para el PPP por región según la división territorial administrativa de MIDEPLAN para el año 2019.

Región	Superficie total (ha)	Área del paisaje productivo de pastos (ha)	Pastos a Nivel Nacional (%)	Ocupación territorial de Pastos a Nivel Regional (%)
Huetar Norte	942.945,05	284.805,30	27,26	30,20
Chorotega	1.019.631,88	262.285,75	25,10	25,72
Brunca	953.731,40	168.135,74	16,09	17,63
Central*	889.763,99	138.054,35	13,21	15,52
Huetar Caribe	917.688,81	110.467,79	10,57	12,04
Pacífico Central	393.241,64	81.152,95	7,77	20,64
Total	5.117.002,76	1.044.901,88	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 pertenecen a la Región Huetar Norte, para efectos del estudio estos son analizados en la Región Central.

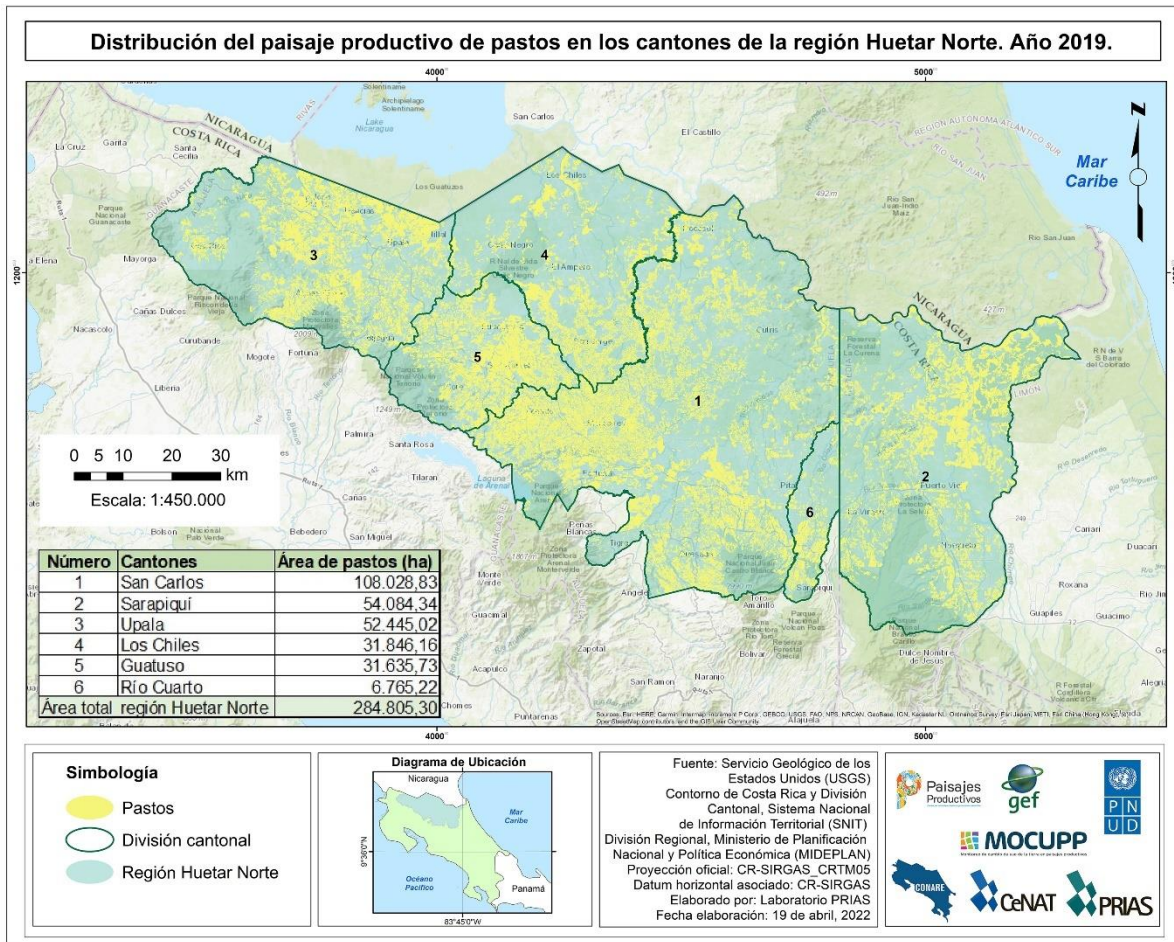
Nota: Los datos fueron calculados basados en el archivo vectorial de Límite cantonal 1:5.000 SNIT, 2022.

5.1. Región Huetar Norte

La región Huetar Norte (RHN) es la que presenta mayor cantidad de hectáreas de pastos a nivel nacional, además es la que posee el mayor porcentaje de ocupación territorial con un 30,20% del área regional dedicada al PPP. Según el MIDEPLAN (2014d), la actividad agropecuaria es la predominante en esta región, la cual se ve favorecida por las condiciones agroecológicas que se presentan en la zona. Aproximadamente, un 34% de la Población Económicamente Activa (PEA) se dedica a actividades de ganadería, pesca, agricultura y silvicultura (MIDEPLAN, 2014d).

La RHN posee tres de los cinco principales cantones con mayor cantidad de hectáreas de pastos productivos a nivel nacional; San Carlos, Sarapiquí y Upala. Según el MIDEPLAN (2014d), la actividad ganadera en esta área se desarrolla tanto para carne como para leche, lo que convierte a la región en la principal suplidora de leche del país.

Figura 18. Distribución del paisaje productivo de pastos en los cantones de la región Huetar Norte. Año 2019.

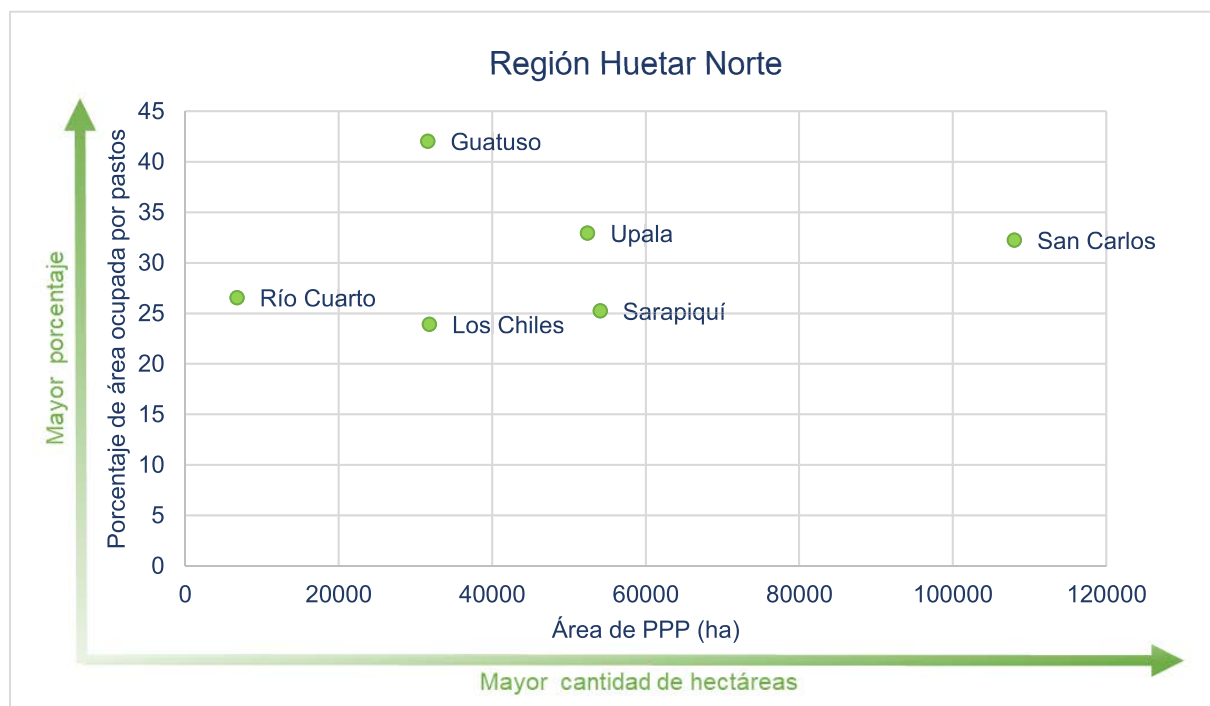


En esta región se puede determinar la importancia existente del PPP, ya que todos los cantones poseen más del 20% de su territorio dedicado a este paisaje productivo, superando la media nacional (17,72%). San Carlos destaca como el cantón número uno en área de pastos tanto a nivel regional como a nivel nacional, según datos de la Municipalidad de San Carlos (2014), la ganadería es de las principales actividades que se desarrollan en el cantón, la misma permite proveer aproximadamente el 65% de leche y más de la mitad de carne que se consume en el país.

En la Figura 19 se puede visualizar que el cantón de San Carlos es el que presenta mayor cantidad de hectáreas de pastos de la RHN (108.028,83 ha), mientras que Río Cuarto (6.765,22 ha) se ubica como el cantón con menor cantidad de hectáreas de

pastos de esta región. Por otra parte, el cantón de Guatuso es el que posee mayor porcentaje de ocupación del PPP, dedicando un 42,02% de su territorio a los pastos productivos para el año 2019; el Instituto de Desarrollo Rural (INDER, 2015) menciona que la ganadería de doble propósito es una de las principales actividades económicas de este cantón.

Figura 19. Gráfico de dispersión del área total en hectáreas dentro de los cantones de la región Huetar Norte según porcentaje de ocupación de la superficie total cantonal. Año 2019.



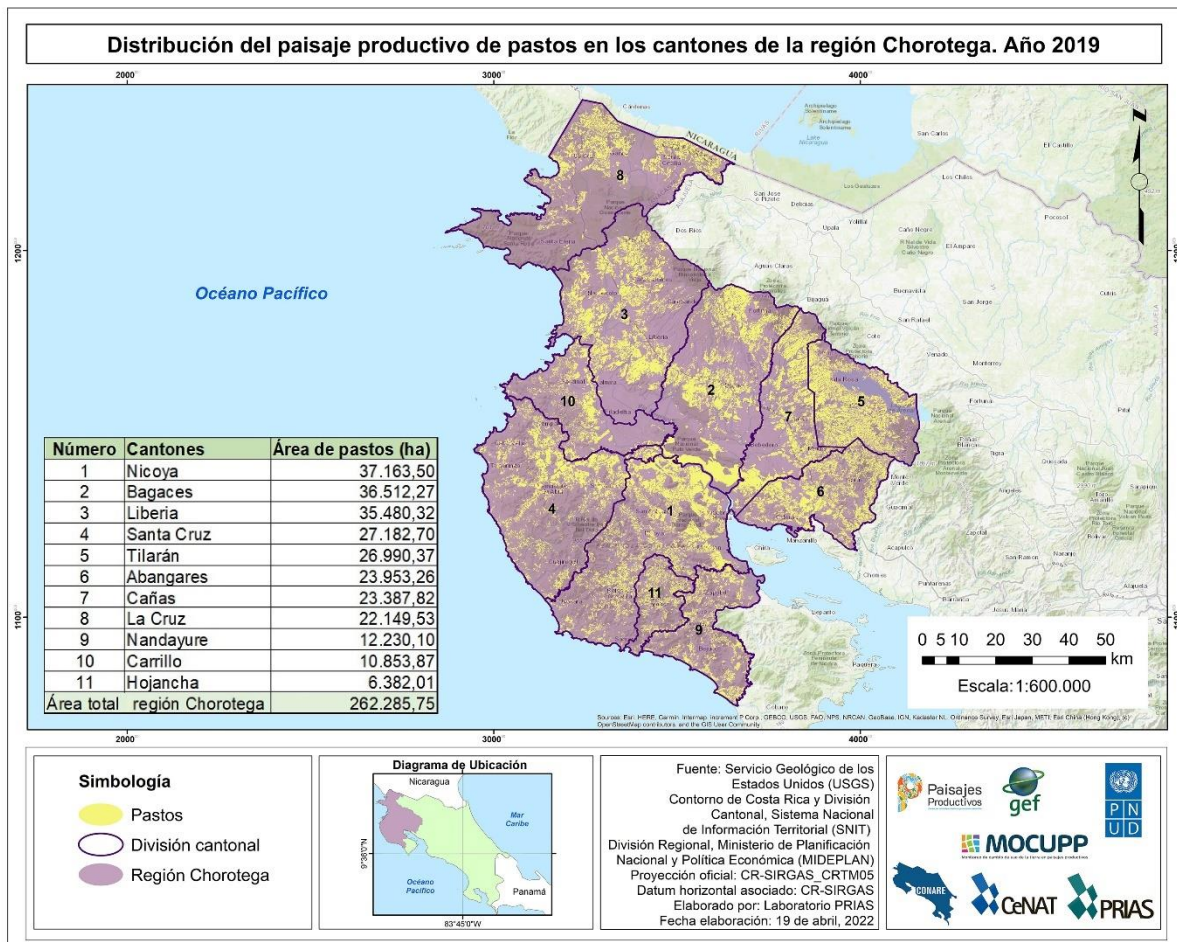
5.2. Región Chorotega

La región Chorotega (RCh) es la segunda región en importancia tanto en cantidad de hectáreas de pastos presentes, como en porcentaje de ocupación territorial dedicado a este paisaje productivo (25,72%). Esta región presenta un gran potencial para la producción agropecuaria diversificada, las principales actividades son la ganadería y cultivos como la caña de azúcar, el arroz, entre otros (Comité Sectorial Agropecuario de la Región Chorotega, 2015). El sector agropecuario genera un aproximado del 22% de empleos de la región, del cual un 34% está dedicado a la ganadería bovina (MAG,

2018).

La región cuenta con 11 cantones, los cuales concuerdan con los cantones pertenecientes de la provincia de Guanacaste, en la Figura 20 se puede observar la distribución del PPP para el año 2019.

Figura 20. Distribución del paisaje productivo de pastos en los cantones de la región Chorotega. Año 2019.

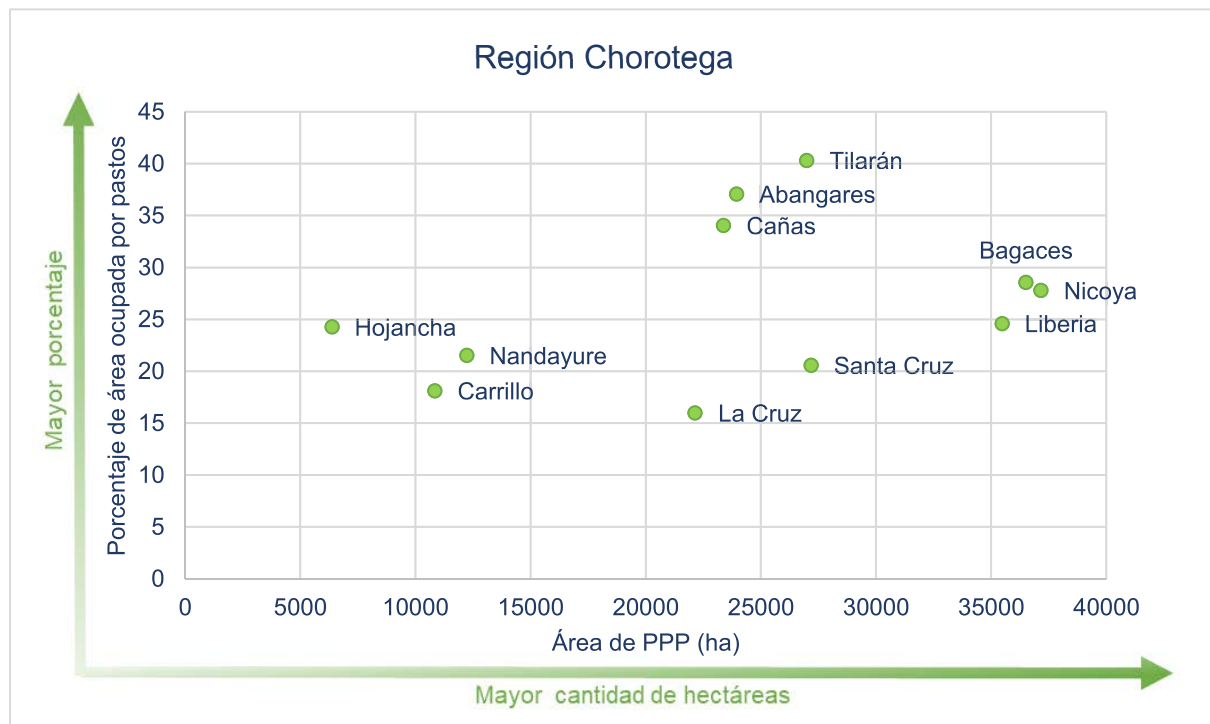


El cantón que mayor cantidad de hectáreas de pastos presenta es el de Nicoya con 37.163,50 ha, seguido por Bagaces y Liberia; los tres poseen un porcentaje de ocupación mayor al 20%. El cantón que presenta mayor área dedicada a los pastos productivos, es el cantón de Tilarán con un 40,33% de ocupación del PPP.

Por otra parte, Hojancha es el cantón con menor cantidad de hectáreas del PPP, con

un total de 6.382,01 ha; no obstante, en él se registra un porcentaje de ocupación del paisaje productivo mayor a la media nacional (17,72%), un 24,27% del área cantonal es dedicada a pastos productivos. Mientras que, en el caso del cantón de La Cruz, se presenta el menor porcentaje de ocupación con un 15,99%.

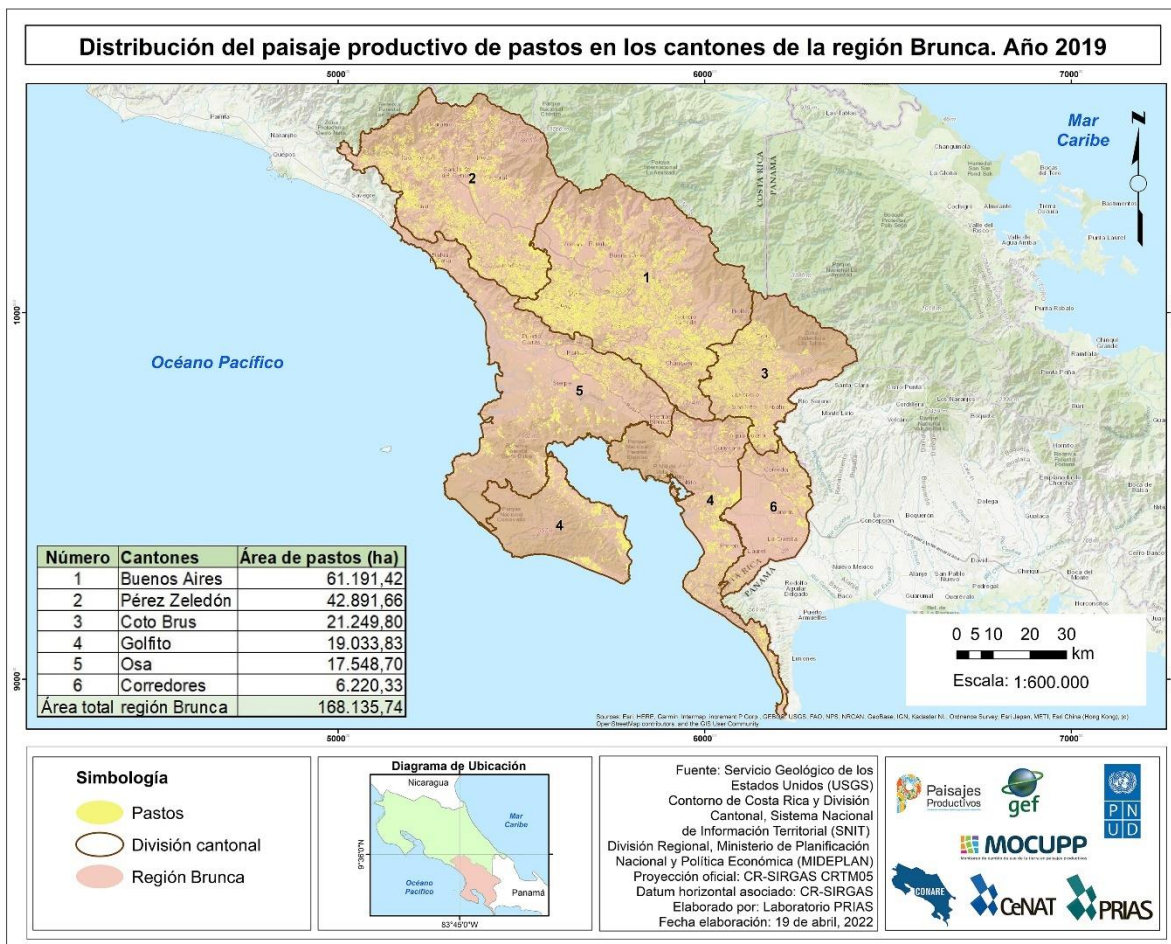
Figura 21. Gráfico de dispersión del área total en hectáreas dentro de los cantones de la región Chorotega según porcentaje de ocupación de la superficie total cantonal. Año 2019.



5.3. Región Brunca

En esta región, al igual que en las anteriores, las principales actividades económicas están relacionadas con las actividades agrícolas, la Región Brunca (RB) presenta dos usos predominantes; en primer lugar, las áreas bajo coberturas boscosas y las áreas dedicadas a pastos, y en segundo lugar las áreas con presencia de cultivos (MIDEPLAN, 2014b).

Figura 22. Distribución del paisaje productivo de pastos en los cantones de la región Brunca. Año 2019.

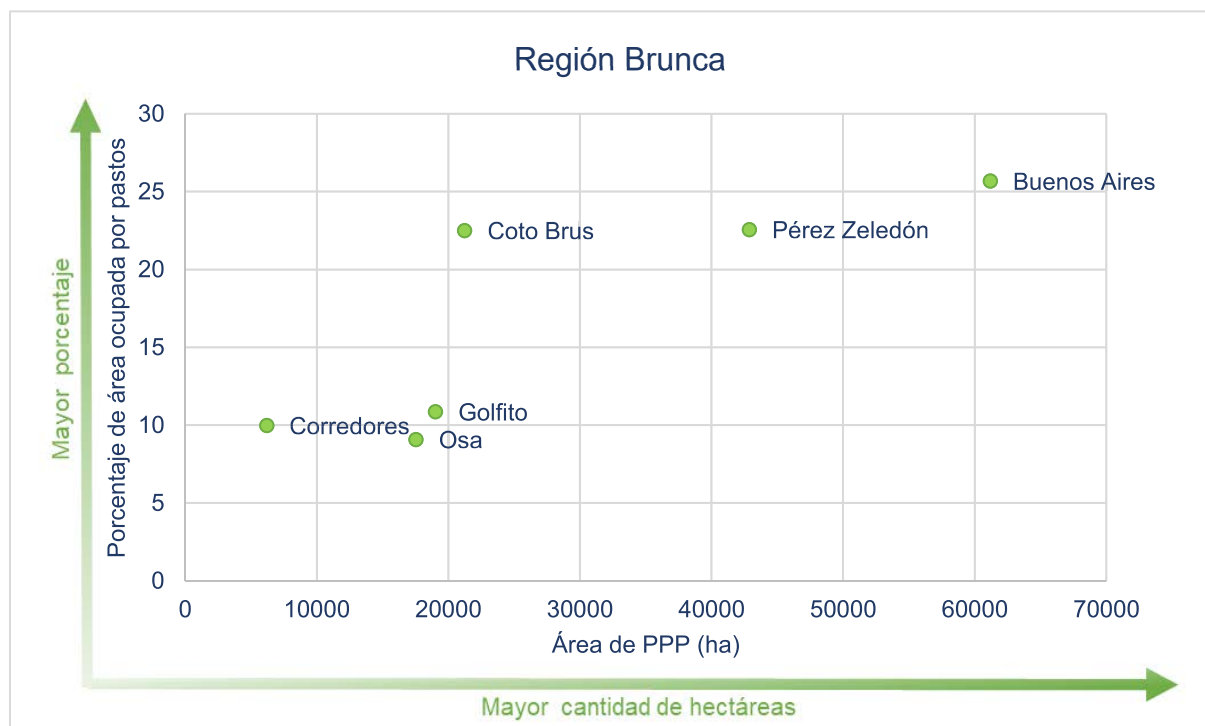


La ganadería es una actividad que se encuentra distribuida en toda la región (MAG, s.f.), en el caso del cantón de Buenos Aires, esta es la actividad económica más importante en términos de hectáreas (Contreras y Díaz, 2017). Para el año 2019, se identificaron 61.191,42 ha de pastos en Buenos Aires, siendo el cantón con mayor cantidad de hectáreas del PPP para la RB; además, es también el que posee mayor porcentaje de área destinada a este paisaje productivo, mostrando un 25,68% de ocupación de su territorio.

Osa es el cantón que presenta menor ocupación de PPP con un 9,08%, cabe resaltar que este cantón integra al Área de Conservación Osa, junto a Golfito y Corredores (cantones con menor área de pastos de la región); la cual, es considerada una de las

zonas con mayor riqueza biológica de Costa Rica (Municipalidad de Osa, 2022). Aunado a esto; el cantón de Osa es el que mayor porcentaje de ocupación de cobertura arbórea presentó para el proyecto MOCUPP en la RB para el año 2018 (63,37%), seguidos de Golfito y Coto Brus (Ávila et al., 2021).

Figura 23. Gráfico de dispersión del área total en hectáreas dentro de los cantones de la región Brunca según porcentaje de ocupación de la superficie total cantonal. Año 2019.



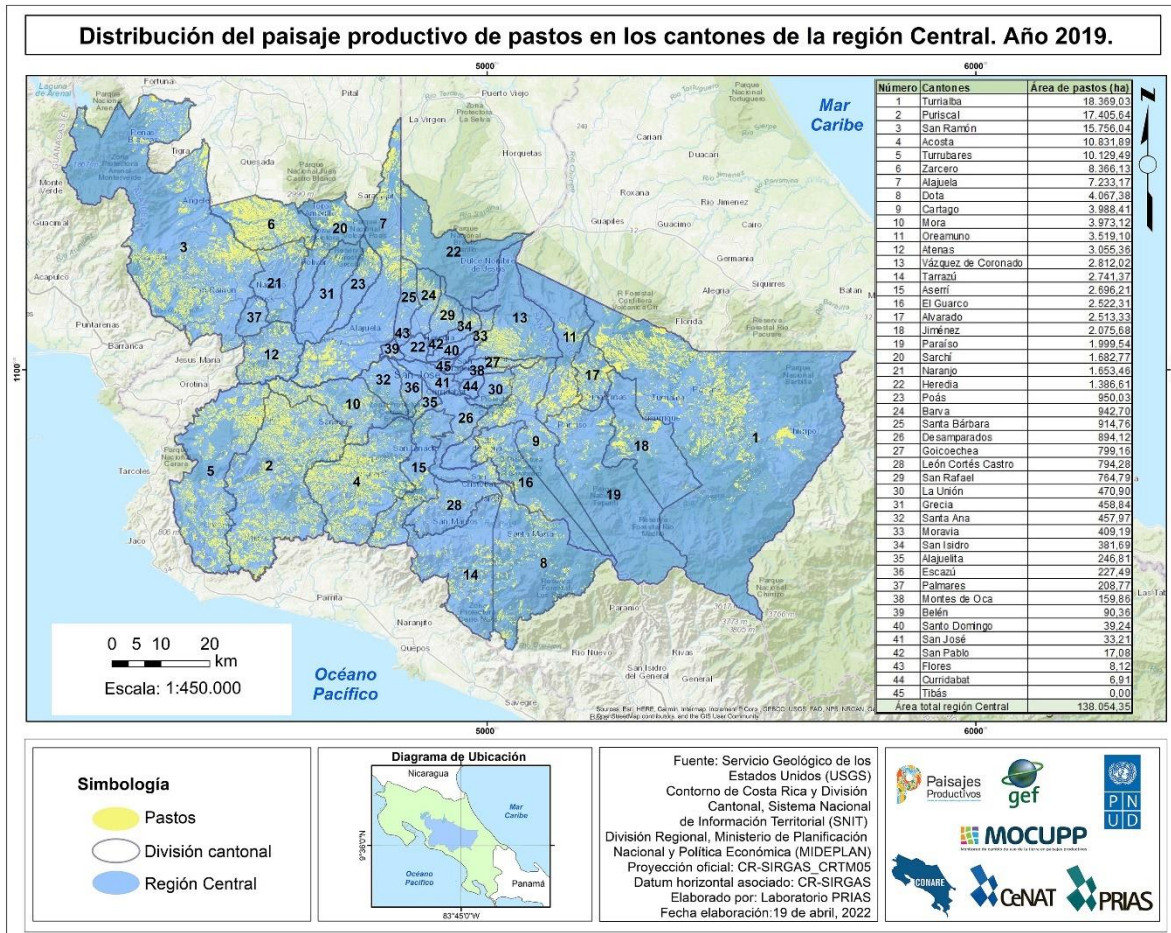
5.4. Región Central

La región Central (RC) concentra el 66% de la población del país, la mayoría se dedica a actividades del sector terciario; aproximadamente, solo un 15% se dedica a actividades primarias, las cuales se presentan principalmente en la periferia de la región, en donde la economía se basa en actividades como la agricultura y la ganadería (MIDEPLAN, 2014a).

En la Figura 24 se muestra la distribución del PPP para el año 2019 en los cantones que integran la RC. Es importante destacar que los distritos de Sarapiquí del cantón de

Alajuela y el distrito de Peñas Blancas del cantón de San Ramón pertenecen a la región Huetar Norte; sin embargo, para facilidad del estudio se analizan en esta región al pertenecer la mayor parte del área cantonal a la RC.

Figura 24. Distribución del paisaje productivo de pastos en los cantones de la región Central. Año 2019.

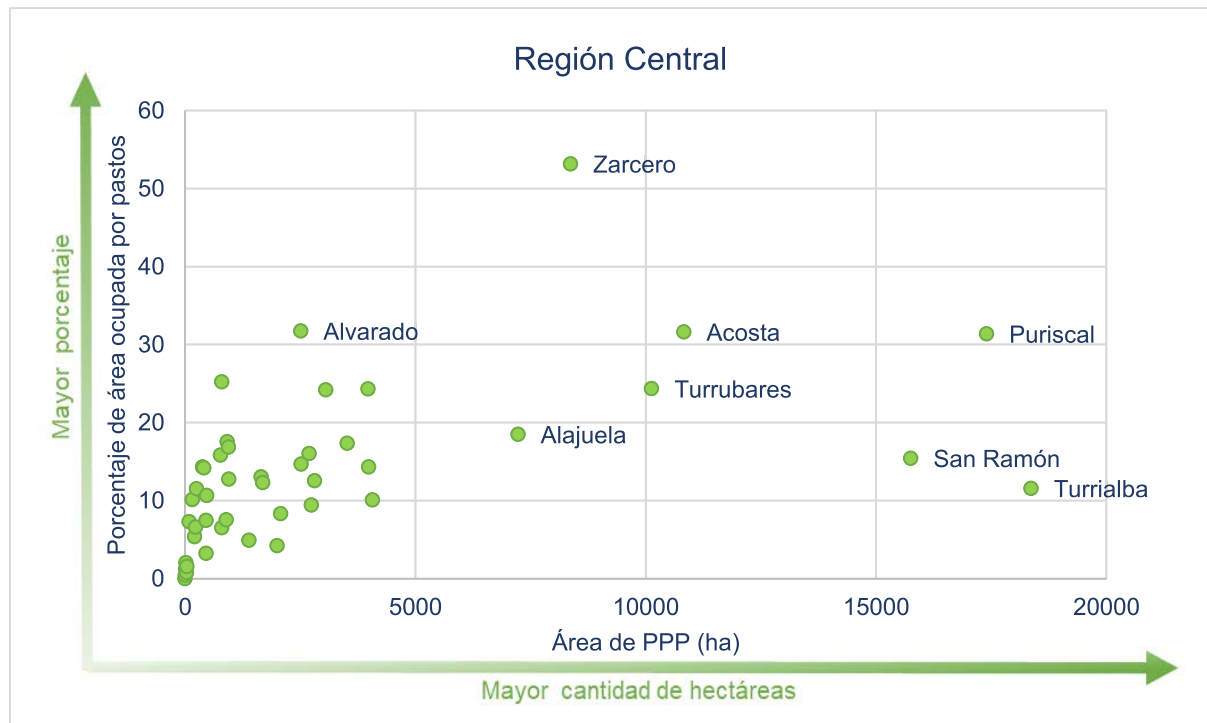


Como se indicó previamente y se puede visualizar en la Figura 24 los cantones que poseen mayor cantidad de hectáreas de pastos se encuentran en las áreas periféricas de la región. Cantones ubicados al sur de la región se caracterizan por presentar una ganadería de sistema extensivo; no obstante, se busca cambiar a sistemas intensivos con un enfoque agroecológico a fin de liberar áreas para otros usos y mejorar los rangos de la capacidad del uso del suelo (Comité Sectorial Agropecuario de la Región Central Sur, 2017).

El cantón que registra más hectáreas de pastos en la RC es el de Turrialba, con un total de 18.369,03 ha, este cantón presenta condiciones que favorecen la ganadería lechera, donde sobresale el distrito de Santa Cruz reconocido por la producción del “Queso Turrialba” (producto con denominación de origen) (Blanco y Granados, 2007).

En cuanto al área dedicada a pastos, el cantón que presenta mayor porcentaje es el de Zarcero, con un 53,17%, siendo también el cantón que mayor ocupación de pastos presenta a nivel nacional.

Figura 25. Gráfico de dispersión del área total en hectáreas dentro de los cantones de la región Central según porcentaje de ocupación de la superficie total cantonal. Año 2019.

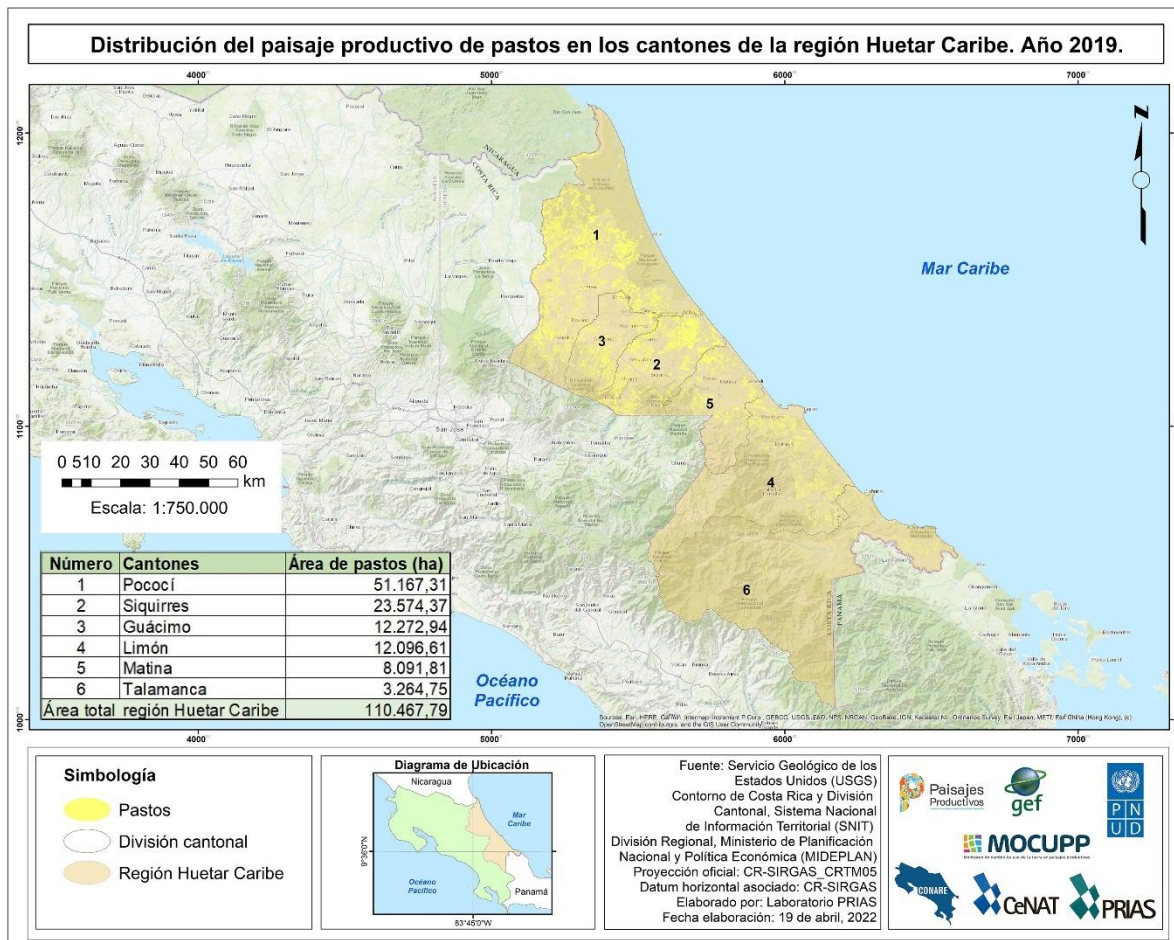


5.5. Región Huetar Caribe

Según el MIDEPLAN (2014f), las actividades agropecuarias son la principal fuente generadora de empleo, la producción de la región Huetar Caribe (RHC) está basada en la agricultura, a diferencia de Pococí, en donde se da un mayor desarrollo de la ganadería bovina y pastizales.

A pesar de ser una región con una extensión territorial importante (917.688,81 ha), es la que menor porcentaje de ocupación presenta para el PPP con un 12,04%, esto puede estar relacionado con la existencia de un porcentaje considerable de territorio bajo algún régimen de protección ambiental, aproximadamente el 38% (MIDEPLAN, 2014f). A pesar de ello, las áreas dedicadas a la actividad pecuaria son las que mayor extensión presentan en la región comparadas a otros cultivos (Comité Sectorial Agropecuario de la Región Huetar Caribe, 2015).

Figura 26. Distribución del paisaje productivo de pastos en los cantones de la región Huetar Caribe. Año 2019.

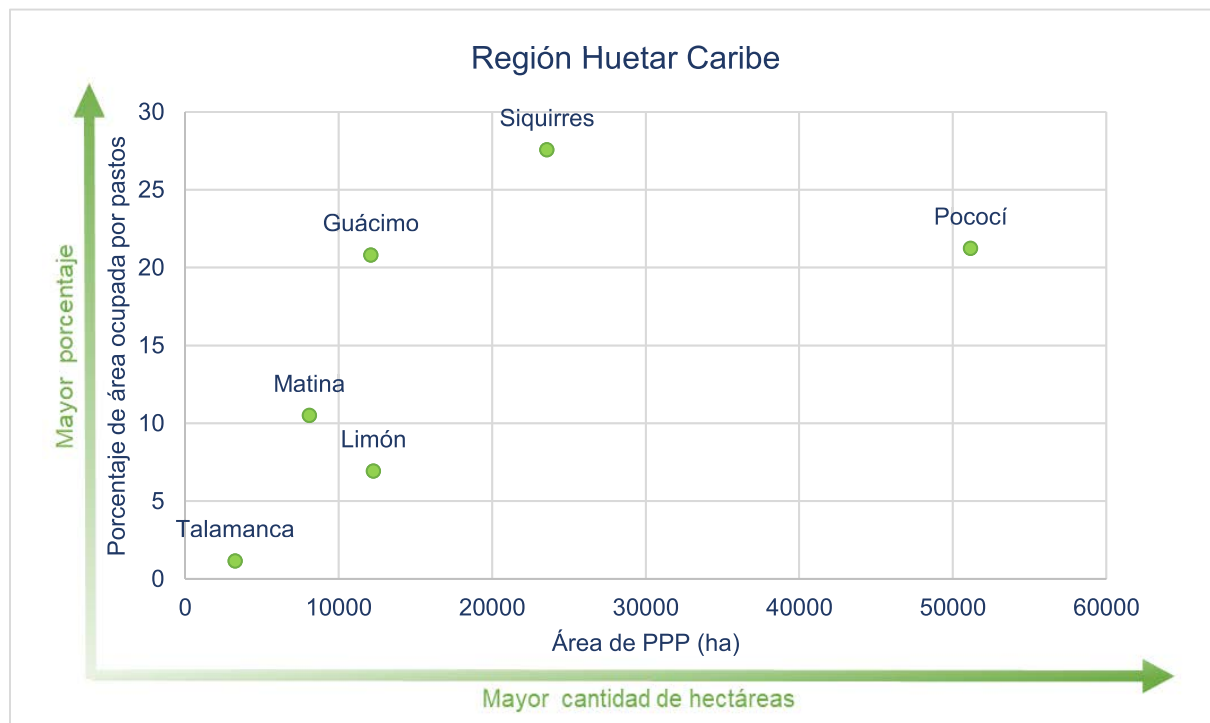


En esta región se encuentra el cantón que ocupa la quinta posición a nivel nacional por la cantidad de hectáreas de pastos identificadas en él, el cantón de Pococí, con un total de 51.167,31 ha dedicadas a pastos para el año 2019. El cantón con mayor porcentaje

de ocupación de la RHC es el de Siquirres, con un 27,57%; además, es el cantón que ocupa el segundo lugar por cantidad de hectáreas en la región al registrar un total de 23.574,37 ha de pastos.

Por otra parte, Talamanca es el que posee mayor extensión cantonal de la región; sin embargo, es el que cuenta con menor cantidad de área dedicada al PPP (3.264,75 ha) y el que menor porcentaje de ocupación de pastos posee (1,17%). Cabe destacar que este cantón tiene aproximadamente un 90% de su territorio bajo algún régimen de protección ambiental (Municipalidad de Talamanca, 2014); además, fue el que mayor porcentaje de ocupación de cobertura arbórea presentó para el proyecto MOCUPP en el año 2018 en la RHC, con un 79,15% (Ávila et al, 2021).

Figura 27. Gráfico de dispersión del área total en hectáreas dentro de los cantones de la región Huetar Caribe según porcentaje de ocupación de la superficie total cantonal. Año 2019.

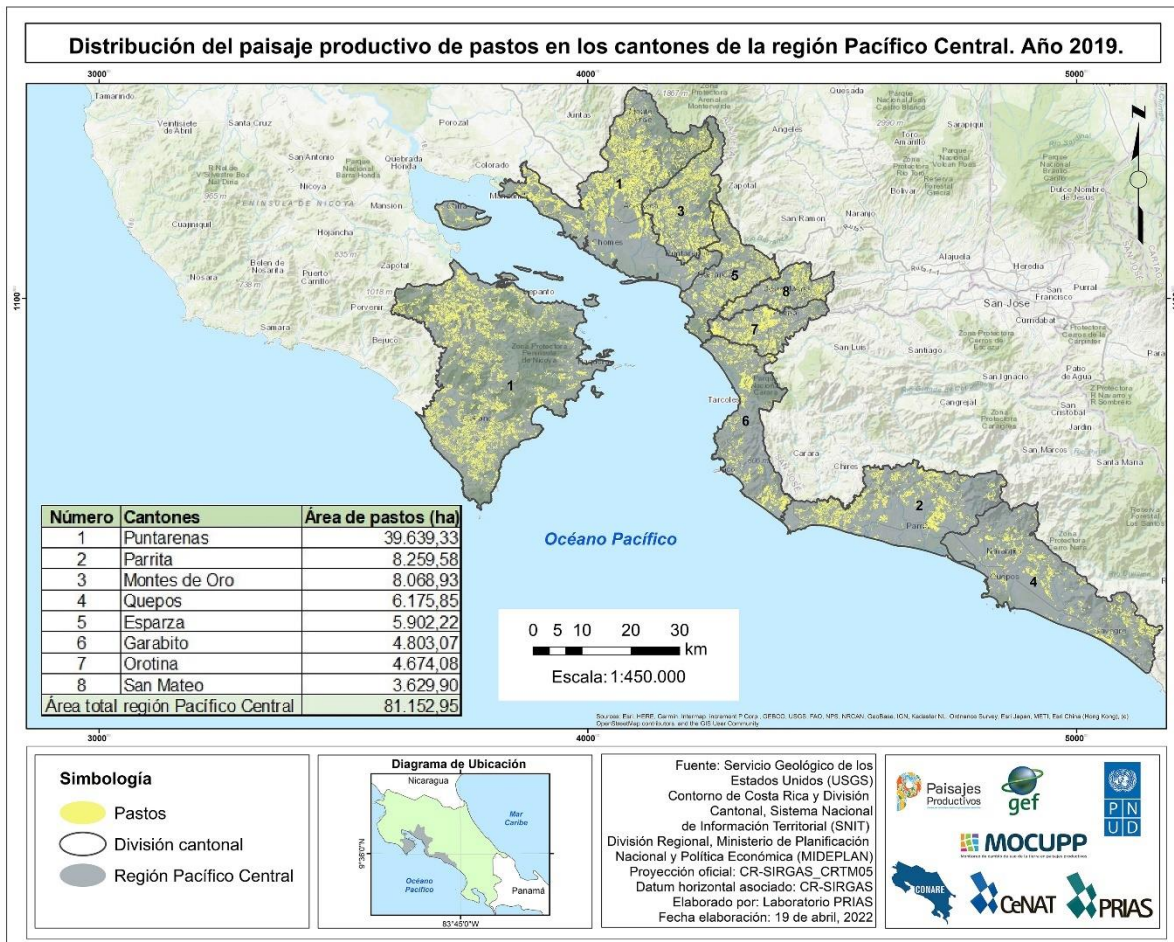


5.6. Región Pacífico Central

La región Pacífico Central (RPC) presenta la menor extensión territorial y también es la que menos área dedicada al PPP tiene, con un total de 81.152,95 ha, lo que representa un 7,77% del paisaje productivo a nivel nacional. No obstante, si se analiza el porcentaje de ocupación respecto a su superficie territorial dedicada a pastos, esta región se ubica en la tercera posición, con un 20,64%.

Los pobladores de dicha región se dedican principalmente a actividades del sector de servicios y en un menor porcentaje al sector primario; a pesar de ello, si se compara el aporte por sector económico a la economía regional y nacional, el sector primario está por encima del nivel nacional, caso contrario del sector terciario y secundario (MIDEPLAN, 2014e). De acuerdo con información publicada por el Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA, 2013), en esta región se presenta principalmente la ganadería de doble propósito.

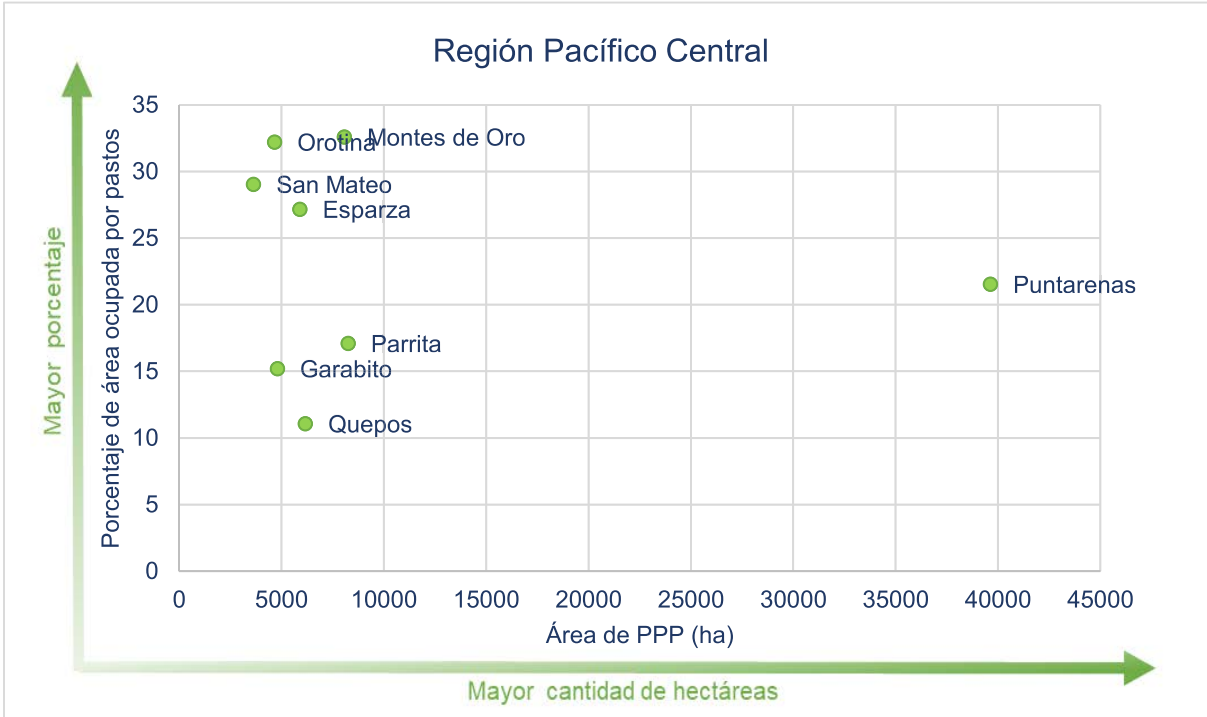
Figura 28. Distribución del paisaje productivo de pastos en los cantones de la región Pacífico Central. Año 2019.



Para la RPC, el cantón con mayor extensión territorial y cantidad de hectáreas de pastos es el de Puntarenas, con un total de 39.639,33 ha. Por otra parte, el cantón de Montes de Oro presenta el mayor porcentaje de ocupación, con un 32,59% de su territorio dedicado al PPP.

San Mateo es el cantón con menor área de pastos con un total de 3.629,90 ha, lo que representa un 29,03% de su superficie total, siendo un porcentaje importante de área dedicada a pastos en su territorio. El cantón que menor porcentaje de ocupación registra es el cantón de Quepos, con un 11,07% de su territorio dedicado al PPP.

Figura 29. Gráfico de dispersión del área total en hectáreas dentro de los cantones de la región Pacífico Central según porcentaje de ocupación de la superficie total cantonal. Año 2019.



VI. CONCLUSIONES

Para el año 2019 se identificó un total de 1.044.901,88 hectáreas del paisaje productivo de pastos, el cual se encuentra distribuido en los 82 cantones del país, este valor equivale a un 20,42% de la superficie del territorio nacional.

La validación de la capa del PPP para el año 2019 se basa en la verificación de las áreas clasificadas utilizando el método de la matriz de confusión con un nivel de confianza de 95% y un error permitido de 10%. La exactitud calculada para esta capa corresponde a un 95,21% y un índice kappa de 0,85.

Los cinco cantones con mayor extensión de pastos productivos en Costa Rica son San Carlos (108.028,83 ha), Buenos Aires (61.191,42 ha), Sarapiquí (54.084,34 ha), Upala (52.445,02 ha) y Pococí (51.167,31 ha).

Los cinco cantones con menor extensión de pastos productivos en Costa Rica son Tibás (0,0015 ha), Curridabat (6,91 ha), Flores (8,12 ha), San Pablo (17,08 ha) y San José (33,21 ha).

El estudio evidencia que, aproximadamente la mitad de la extensión del PPP (49,51%) se concentra en los diez cantones con mayor cantidad de hectáreas de pastos productivos (San Carlos, Buenos Aires, Sarapiquí, Upala, Pococí, Pérez Zeledón, Puntarenas, Nicoya, Bagaces y Liberia), mientras que el 50,49% restante se distribuye en los otros 72 cantones.

El cantón con mayor proporción de ocupación dentro de su territorio por el PPP es Zarcero con un 52,07% de su superficie total dedicada a pastos.

A nivel regional, se determinó que las regiones Huetar Norte y Chorotega comprenden más del 50% del total del PPP, un total de 27,26% se encuentra en la RHN y un 25,10% en la RCh.



VII. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, H., Ávila, I., Jiménez, M., Fallas, E., Vargas, A. Hernández, S. y Miller, C. (2021). *Guía para validar las capas de pastos y cobertura arbórea*. San José, Costa Rica: Laboratorio PRIAS, CeNAT, CONARE.
- Aguilar, H., Blanco, B., Calvo, Y., Ortega, M., Vargas, A., Vargas, Y. y Miller, C. (2019). *Informe I paisaje productivo de pastos sin árboles para el año 2018 en Costa Rica*. San José, Costa Rica: Laboratorio PRIAS, CeNAT, CONARE.
- Aguilar, H., Calvo, Y., Blanco, B., Fernández, J., Hernández, S., Jiménez, M., Manrow, M., Miller, C., Romero, D. y Vargas, A. (2021). *Informe Final del Paisaje Productivo de Pastos para el año 2018 dentro del MOCUPP*. San José, Costa Rica: Laboratorio PRIAS, CeNAT, CONARE. <https://repositorio.conare.ac.cr/handle/20.500.12337/8256>
- Aguilar, H., Miller, C., Calvo, Y., Blanco, B., Vargas, A., Romero, D., Vargas, Y. y Ortega, M. (2020). *Informe del piloto del Paisaje Productivo de Pastos hasta un 30 por ciento de cobertura arbórea para el año 2018 dentro del MOCUPP*. San José, Costa Rica: Laboratorio PRIAS, CeNAT, CONARE. https://repositorio.conare.ac.cr/bitstream/handle/20.500.12337/7888/Aguilar_H_informe_piloto_paisaje_productivo_3_entrega_2020.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Aguilar, H., Vargas, C., Ávila, I. y Miller, C. (2020). *Propuesta de proyecto: Productos adicionales para el MOCUPP*. San José, Costa Rica: Laboratorio PRIAS, CeNAT, CONARE.



Aguilar, H., Vargas, C., Ávila, I., Miller, C. y Romero, D. (2020). *Protocolo para el levantamiento de la información de campo dentro del proyecto MOCUPP*. San José, Costa Rica: Laboratorio PRIAS, CeNAT, CONARE.

Araya, J. (2015). *Plan Regional de Desarrollo Agropecuario y Rural 2016-2018*. http://www.infoagro.go.cr/InfoRegiones/Documents/PRDAR_2015-2018_PacificoCentral.pdf

Arguedas, C., Vargas, C. y Miller, C. (2021). *Informe: Monitoreo del estado de la piña en Costa Rica para el año 2019, asociado con la pérdida y ganancia entre la cobertura forestal*. San José, Costa Rica: Laboratorio PRIAS, CeNAT, CONARE. https://repositorio.conare.ac.cr/bitstream/handle/20.500.12337/8255/Arguedas_C_Informe_monitoreo_estado_pina_CR_2019_perdida_ganancia_cobertura_forestal_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Arroyo, L., Cocero, D., Manzanera de la Vega, J, García, L. y Pascual, C. (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*, 115-128.

Ávila, I., Fallas, E., Acuña, S., Hernández, S., Montenegro, E. y Miller, C. (2021). *Informe final del Paisaje de Cobertura Arbórea presente en un radio de 2 km alrededor de los paisajes productivos del MOCUPP para el año 2018*. San José, Costa Rica: Laboratorio PRIAS, CeNAT, CONARE. https://repositorio.conare.ac.cr/bitstream/handle/20.500.12337/8254/Avila_I_informe_final_paisaje_cobertura_arborea_paisajes_productivos_mocupp_2018_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Barrantes, J. y Jiménez, R. (2007). *Caracterización de la agrocadena de carne bovina*. Obtenido de <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/E70-10276.pdf>

Blanco, M. y Granados, L. (2007). *Queso Turrialba, Costa Rica*. Costa Rica: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). <https://www.fao.org/3/bt590s/bt590s.pdf>



Al servicio
de las personas
y las naciones

- Blaschke, T. (2010). Object based image analysis for remote sensing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 65, 2-16. <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0924271609000884?token=5482D13FFE1A04CFF31E5A99E9C8BDD894BC93AFB45DAAA6A36437A8699C72F152C4BF389B54AE9ABC40ABD59E3390E8&originRegion=us-east-1&originCreation=20220425155241>
- Borràs, J., Delegido, J., Pezzola, A., Pereira, M., Morassi, G. y Camps-Valls, G. (2017). Clasificación de usos del suelo a partir de imágenes Sentinel-2. *Revista de Teledetección*, 55-66. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/83604/7133-28392-1-PB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Catuna, R. (1995). La percepción remota y el análisis del espacio geográfico. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 83-106.
- Chuvieco, E. (2008). *Teledetección ambiental: La observación de la Tierra desde el Espacio* (Tercera ed. ed.). España: Ariel S.A.
- Chuvieco, E. (2010). *Teledetección ambiental: La observación de la Tierra desde el espacio*. Ariel S.A.
- Comité Sectorial Agropecuario de la Región Central Sur. (2017). *Plan de acciones climáticas y gestión del riesgo*.
- Comité Sectorial Agropecuario de la Región Chorotega. (2015). *Plan Regional de Desarrollo Agropecuario y Rural 2015-2018*. http://www.infoagro.go.cr/InfoRegiones/Documents/PRDAR_2015-2018_Chorotega.pdf
- Comité Sectorial Agropecuario de la Región Chorotega. (2017). *Plan de acciones climáticas y gestión de riesgo 2018-2022*. http://www.infoagro.go.cr/InfoRegiones/Documents/PACGR_2018-2022_RegionChorotega.pdf



Comité Sectorial Agropecuario de la Región Huetar Caribe. (2015). *Plan Regional de Desarrollo Agropecuario y Rural 2015 - 2018*.

Contreras, M. y Díaz, R. (2017). Posibilidades locales de desarrollo en presencia de enclaves: Caso de la Asociación de Productores de Piña de la comunidad de Utrapez, ubicada en la Zona Sur de Costa Rica. *Perspectivas Rurales*(29), 43-72.

Copernicus. (2018). *El componente espacio Copernicus*.

Duarte, K. (2020). *Protocolo de trabajo: Interpretación visual de puntos de muestreo para determinar el LULC en paisajes productivos del MOCUPP*. San José, Costa Rica: Laboratorio PRIAS, CeNAT, CONARE.

Escobar, F., Hunter, G., Bishop, I. y Zerger, A. (s.f.). *Introducción a los SIG*. https://www.geogra.uah.es/gisweb/1modulosespanyol/IntroduccionSIG/GISModule/GIST_Vector.htm

ESRI. (2016). *ArcMap ¿Qué son los datos ráster?* <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/what-is-raster-data.htm>

ESRI. (2016). *ArcMap. Herramientas. De Mosaico a nuevo ráster*. <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/data-management-toolbox/mosaic-to-new-raster.htm>

ESRI. (2016). *ArcMap. Herramientas. Recortar*. <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/analysis-toolbox/clip.htm>

ESRI. (2016). *ArcMap. Herramientas. Zona de Influencia*. <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/coverage-toolbox/buffer.htm#:~:text=La%20funci%C3%B3n%20BUFFER%20funciona%20en,la%20forma%20de%20la%20Tierra.>



ESRI. (2016). *Qué es un shapefile*. <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/shapefiles/what-is-a-shapefile.htm>

ESRI. (s.f.). *Acerca de ArcGIS*. <https://www.esri.com/es-es/arcgis/about-arcgis/overview>

European Space Agency [ESA]. (2000-2021). *Visión General. Sentinel en línea*. <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions/sentinel-2/overview>

Furones, Á. (2010). *Sistema y marco de referencia terrestre. Sistema de coordenadas*. Universidad Politécnica de Valencia. 22 p. http://www.upv.es/unigeo/index/docencia/etsigct/astrologia/teoria/astrologia2_10.pdf

García, E. y Ferrer, M. (2006). *Análisis visual de imágenes en Teledetección*. (C. Pérez, y A. Muñoz, Edits.) <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=SfrGxbO1DT0C&oi=fnd&pg=PA1&dq=teledeteccion&ots=pFja0B7nB &sig=4qFLtH EmljKHyl5kvfWq73yLtk#v=onepage&q=teledeteccion&f=false>

Geo Innova. (2018). *Análisis de las aplicaciones de SNAP (Sentinels Application Platform) para trabajar con imágenes aéreas*. <https://geoinnova.org/blog-territorio/gis-aplicacion-snap-imagenes-aereas/>

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. McGRAW-HILL.

Hernández, S., Fallas, E., Acuña, S., Fernández, J., Jiménez, M., Aguilar, H., Ávila, I., Vargas, A. y Miller, C. (2021). *Manual para incorporar observaciones asociadas a humedales en los polígonos identificados dentro del paisaje productivo de pastos*. San José, Costa Rica: Laboratorio PRIAS, CeNAT, CONARE.

Instituto Geográfico Nacional. (s.f.). *Teledetección*. Madrid, España. <https://www.ign.es/web/resources/docs/IGNCnig/OBS-Teledeteccion.pdf>



Al servicio
de las personas
y las naciones

Instituto Nacional de Desarrollo Rural [INDER]. (2015). *Plan de desarrollo rural del territorio Guatuso - Upala - Los Chiles*.

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC]. (2015). *IV Censo Nacional Agropecuario 2014*. San José, Costa Rica. <http://inec.cr/sites/default/files/documentos/agropecuario/publicaciones/reaq>

Instituto Nacional de Innovación y Transferencia de 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"*. Costa Rica. http://www.platicar.go.cr/images/buscador/documents/pdf/09/Diagnostico_de_la_Ganaderia_Bovina_de_Carne_Doble_Proposito_y_Engorde-min.pdf

Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial. (11 de 10 de 2017). *Sen2Cor: visibilidad*. https://www.inta.es/INTA/gl/blogs/copernicus/BlogEntry_1510318391635#

Jiménez, M., Vargas, A., Aguilar, H., Ávila, I., Fallas, E., Vargas, Y. y Miller, C. (2022). *Guía para elaborar la malla vectorial 2019 en los paisajes de pastos y cobertura arbórea*. Laboratorio PRIAS, CeNAT, CONARE, San José, Costa Rica.

Liu, Y., Guo, Q. y Kelly, M. (2008). A framework of region-based spatial relations for non-overlapping features and its application in object based image analysis. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 63, 461-475.

Marquina, J. y Mogollón, A. (2018). Niveles y escalas de levantamiento de información geográfica en sensores remotos. *Revista Geográfica Venezolana*, 42-52.

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

Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG]. (2018). *Plan Operativo Institucional Región Chorotega 2015-2018*.



Al servicio
de las personas
y las naciones

Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG]. (s.f.). *Plan Operativo Institucional-Región Brunca-2015-2018*.

https://www.mag.go.cr/regiones/region_brunca/Caracterizacion-Region-Brunca.pdf

Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica [MIDEPLAN]. (2006). *Diagnóstico socioeconómico Región Brunca, 2006*.

<http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionBrunca/Documents/DIAGN%C3%93STICO%20REGION%20BRUNCA%202006%20VERSION%20FINAL.pdf>

Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica [MIDEPLAN]. (2014a). *Región Central, Plan de Desarrollo 2030*. San José, Costa Rica.

<https://www.mideplan.go.cr/planes-regionales>

Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica [MIDEPLAN]. (2014b). *Región Brunca, Plan de Desarrollo 2030*. San José, Costa Rica.

<https://www.mideplan.go.cr/planes-regionales>

Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica [MIDEPLAN]. (2014d). *Región Huetar Norte, Plan de Desarrollo 2030*. San José, Costa Rica.

<https://www.mideplan.go.cr/planes-regionales>

Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica [MIDEPLAN]. (2014e). *Región Pacífico Central, Plan de Desarrollo 2030*. San José, Costa Rica.

<https://www.mideplan.go.cr/planes-regionales>

Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica [MIDEPLAN]. (2014f). *Región Huetar Caribe, Plan de Desarrollo 2030*. San José, Costa Rica.

<https://www.mideplan.go.cr/planes-regionales>

Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica [MIDEPLAN]. (2017). *Costa Rica: estadísticas regionales 2010-2015*. San José, Costa Rica.

<http://obturcaribe.ucr.ac.cr/documentos-publicaciones/planes-y-programas/mideplan-1/312-costa-rica-estadisticas-regionales-2010-2015/file>



Al servicio
de las personas
y las naciones

Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto [Cancillería]. (2019). *Costa Rica reafirma su compromiso con la Agenda 2030 y urge a los países a tomar medidas para lograr los Objetivos del Desarrollo Sostenible.*
<https://www.rree.go.cr/?sec=servicios&cat=prensa&cont=593&id=4870>

Minitab. (2022). *Estadísticos kappa y coeficientes de Kendall.*
<https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/measurement-system-analysis/supporting-topics/attribute-agreement-analysis/kappa-statistics-and-kendall-s-coefficients/>

Mora, V. (2020). *Caracterización Regional de la Región de Desarrollo Huetar Caribe 2020.* San José, Costa Rica.
<https://www.mag.go.cr/regiones/rha/Caracteriazacion-regional.pdf>

Morales, A. (s.f.). *MappinGIS. Como crear mapas con Google My Maps.*
<https://mappinggis.com/2019/10/como-crear-mapas-con-google-my-maps/>

Municipalidad de Osa. (2022). *Historia del Cantón de Osa.*
<https://www.gobiernolocalosa.go.cr/historia.htm>

Municipalidad de San Carlos. (2014). *Actualización del Plan de Desarrollo Cantonal, San Carlos 2014-2024.*
<https://www.munisc.go.cr/documentos/NuestraMunicipalidad/Plan%20de%20Desarrollo%20Cantonal%202014%20-%202024.pdf>

Municipalidad de Talamanca. (2014). *Plan de Desarrollo Humano Cantonal de Talamanca.*
<https://www.municipalidadtalamanca.go.cr/images/PLANES/PlanDesarrolloHumano/PlanDesarrolloHumano2016.pdf>

NASA-DEVELOP. (2020). *Determining Protected Area Land Change in Costa Rica and Panama for Targeted Resource Management.* NASA, Washington D.C.



Al servicio
de las personas
y las naciones

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2007). *Ganadería y deforestación*. <https://www.fao.org/3/a0262s/a0262s.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2009). *La larga sombra del ganado, problemas ambientales y opciones*. <http://www.fao.org/3/a0701s/a0701s.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA]. (2020). *El estado de los bosques del mundo 2020. Los bosques, la biodiversidad y las personas*. Roma. <https://doi.org/10.4060/ca8642es>.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2022). *La ganadería y el medio ambiente*. <https://www.fao.org/livestock-environment/es>

Pérez, C. y Muñoz, A. (2006). *Teledetección: Nociones y Aplicaciones*. (C. Pérez y A. Muñoz, Edits.) https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=SfrGxbO1DT0C&oi=fnd&pg=PA1&dq=teledeteccion&ots=pFja0B7nB_&sig=4qFLtH_EmljKHyl5kvfWq73yLtk#v=onepage&q=teledeteccion&f=false

Poder Ejecutivo. (1985). http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=59724&nValor3=66813&strTipM=TC

Portillo, J. (2017). Monitoreo de cultivos utilizando datos de teledetección y modelos de crecimiento. *Revista de Tecnología Agropecuaria*, 10(34), 50-54.

Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD]. (2015). *MOCUPP: Monitoreo de Cambio de Uso de Paisajes Productivos*. <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 de Pacífico Central*. <https://www.procomer.com/noticia/exportador-noticia/blog-el-privilegio-de-la-ubicacion-geografica-de-pacifico-central/>

QGIS. (2002). *Guía de usuarios de QGIS. Selección vectorial*. https://docs.qgis.org/3.16/es/docs/user_manual/processing_algs/qgis/vectorsellection.html

QGIS. (s.f.). *Descubre QGIS*. <https://www.qgis.org/es/site/about/index.html>

Rodríguez, D., Sánchez, N. y Domínguez, J. (2015). *Cuestiones de Teledetección*. Universidad Estatal a Distancia.

Sacristán, F. (2006). *La Teledetección satelital y los sistemas de protección ambiental*. https://www.researchgate.net/publication/26479103_La_Teledeteccion_satelital_y_los_sistemas_de_proteccion_ambiental

Sasa, K. y Acuña, F. (2021). *Soluciones de monitoreo del cambio de uso de la tierra en apoyo de los commodities libres de deforestación. Orientación Práctica. PNUD*. <https://www.cr.undp.org/content/costarica/es/home/library/revision-de-las-soluciones-de-monitoreo-del-cambio-de-uso-de-la-.html>.

SegemAR. (s.f.). *Conceptos básicos. Sensores Remotos*. <http://www.segemar.gov.ar/igrm/sensores-remotos/>

Sistema de Estadística Nacional. (2020). *Validación*. Glosario de términos estadísticos: https://www.inec.cr/sites/default/files/_book/V.html

Space-Based Positioning Navigation & Timing. (s.f.). *El Sistema de Posicionamiento Global. GPS.GOV*. <https://www.gps.gov/systems/gps/spanish.php>



Troya, J. (2019). PNUD en Costa Rica. Taller Big Enchilada Workshop: Mapeo de la naturaleza para las personas y el planeta. Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). San José, Costa Rica.

Vargas, A., Romero, D., Aguilar, H. y Miller, C. (2020). *Guía básica para la clasificación y codificación de imágenes con alto porcentaje de nubes*. San José, Costa Rica: Laboratorio PRIAS, CeNAT, CONARE.

Zevallos, E. (2013). *Agenda de competitividad para la Región Huetar Norte. Caracterización Socioeconómica de la Región Huetar Norte*. San José, Costa Rica.

<https://www.munisc.go.cr/documentos/NuestraMunicipalidad/Caracterizaci%C3%B3n%20Socioecon%C3%B3mica%20de%20la%20Regi%C3%B3n%20Huetar%20Norte.pdf>

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Resultados del tamaño de la muestra calculada para la validación 3 de la capa del PPP. Año 2019.

Clase	Área (ha)	Área (%)	Puntos validación
Pastos	1.048.325,33	20,49	250
No pastos	4.068.612,85	79,51	250
Total	5.116.938,18	100,00	501

Nota: Los datos fueron calculados basados en el archivo vectorial de Límite cantonal 1:5.000 SNIT, 2022.

Anexo 2. Matriz de confusión obtenida para la validación 3 de la capa del PPP. Año 2019.

Matriz de confusión	Pastos	No Pastos	Total
Pastos	229	40	269
No Pastos	21	984	1.005
Total	250	1.024	1.213

Anexo 3. Valores utilizados en el cálculo de estadísticos para la validación 3 de la capa del PPP. Año 2019.

Coeficiente Kappa	
Variable	Valor
N	1.274
N ²	1.623.076
xii	1.213
(xi+ * x+i)	1.096.370
Khat	0,85
Exactitud del productor	
Pastos	91,60
No pastos	96,09
Exactitud del usuario	
Pastos	85,13
No pastos	97,91
Exactitud total	95,21
Error global	4,79

Anexo 4. Distribución cantonal del total de hectáreas de pastos hasta un 70% de cobertura arbórea por cada región de estudio. Año 2019.

Región	Cantón	Área total cantón (ha)	Área de PPP a nivel cantonal (ha)	Porcentaje de ocupación de PPP a nivel cantonal	Área total por región (ha)
Huetar Norte	Guatuso	75.282,55	31.635,73	42,02	284.805,30
	Los Chiles	133.271,00	31.846,16	23,90	
	Río Cuarto	25.489,17	6.765,22	26,54	
	San Carlos	335.212,88	108.028,83	32,23	
	Sarapiquí	214.422,04	54.084,34	25,22	
	Upala	159.267,40	52.445,02	32,93	
Chorotega	Abangares	64.602,06	23.953,26	37,08	262.285,75
	Bagaces	127.792,58	36.512,27	28,57	
	Cañas	68.704,75	23.387,82	34,04	
	Carrillo	59.901,15	10.853,87	18,12	
	Hojancha	26.298,94	6.382,01	24,27	
	La Cruz	138.539,86	22.149,53	15,99	
	Liberia	144.216,86	35.480,32	24,60	

	Nandayure	56.814,24	12.230,10	21,53	
	Nicoya	133.757,00	37.163,50	27,78	
	Santa Cruz	132.081,00	27.182,70	20,58	
	Tilarán	66.923,45	26.990,37	40,33	
Brunca	Buenos Aires	238.293,97	61.191,42	25,68	168.135,74
	Corredores	62.361,18	6.220,33	9,97	
	Coto Brus	94.423,55	21.249,80	22,50	
	Golfito	175.274,76	19.033,83	10,86	
	Osa	193.269,73	17.548,70	9,08	
	Pérez Zeledón	190.108,22	42.891,66	22,56	
Central	Acosta	34.256,14	10.831,89	31,62	138.054,35
	Alajuela	39.162,28	7.233,17	18,47	
	Alajuelita	2.146,53	246,81	11,50	
	Alvarado	7.918,39	2.513,33	31,74	
	Aserrí	16.825,91	2.696,21	16,02	
	Atenas	12.631,06	3.055,36	24,19	
	Barva	5.601,20	942,70	16,83	
	Belén	1.238,27	90,36	7,30	
	Cartago	27.866,03	3.988,41	14,31	
	Curridabat	1.606,26	6,91	0,43	
	Desamparados	11.889,30	894,12	7,52	
	Dota	40.444,37	4.067,38	10,06	
	El Guarco	17.199,68	2.522,31	14,66	
	Escazú	3.453,48	227,49	6,59	
	Flores	674,79	8,12	1,20	
	Goicoechea	3.169,65	799,16	25,21	
	Grecia	14.246,71	458,84	3,22	
	Heredia	28.310,91	1.386,61	4,90	
	Jiménez	25.007,28	2.075,68	8,30	
	La Unión	4.417,94	470,90	10,66	
	León Cortés Castro	12.189,46	794,28	6,52	
	Montes de Oca	1.577,62	159,86	10,13	
	Mora	16.346,65	3.973,12	24,31	
	Moravia	2.882,45	409,19	14,20	
	Naranjo	12.701,46	1.653,46	13,02	
	Oreamuno	20.289,87	3.519,10	17,34	
Palmares	3.893,61	208,77	5,36		
Paraíso	47.699,06	1.999,54	4,19		
Poás	7.448,16	950,03	12,76		
Puriscal	55.502,27	17.405,64	31,36		

	San Isidro	2.666,91	381,69	14,31	
	San José	4.461,84	33,21	0,74	
	San Pablo	833,87	17,08	2,05	
	San Rafael	4.831,28	764,79	15,83	
	San Ramón	102.173,58	15.756,04	15,42	
	Santa Ana	6.141,76	457,97	7,46	
	Santa Bárbara	5.210,50	914,76	17,56	
	Santo Domingo	2.539,71	39,24	1,54	
	Sarchí	13.676,44	1.682,77	12,30	
	Tarrazú	29.126,76	2.741,37	9,41	
	Tibás	826,94	0,00	0,00	
	Turrialba	158.924,66	18.369,03	11,56	
	Turrubares	41.624,80	10.129,49	24,34	
	Vázquez de Coronado	22.392,56	2.812,02	12,56	
	Zarcelero	15.735,59	8.366,13	53,17	
Huetar Caribe	Guácimo	58.104,97	12.096,61	20,82	110.467,79
	Limón	176.937,83	12.272,94	6,94	
	Matina	77.039,80	8.091,81	10,50	
	Pococí	240.869,07	51.167,31	21,24	
	Siquirres	85.514,56	23.574,37	27,57	
	Talamanca	279.222,57	3.264,75	1,17	
Pacífico Central	Esparza	21.723,24	5.902,22	27,17	81.152,95
	Garabito	31.601,05	4.803,07	15,20	
	Montes de Oro	24.758,99	8.068,93	32,59	
	Orotina	14.511,07	4.674,08	32,21	
	Parrita	48.321,80	8.259,58	17,09	
	Puntarenas	184.037,07	39.639,33	21,54	
	Quepos	55.785,44	6.175,85	11,07	
	San Mateo	12.502,97	3.629,90	29,03	
Área total		5.117.002,76	1.044.901,88		1.044.901,88

Nota: Límite cantonal 1:5.000 SNIT, 2022. Los datos fueron calculados basados en el archivo vectorial de Límite cantonal 1:5.000 SNIT, 2022.

Anexo 5. Colaboradores del Proyecto MOCUPP durante el proceso de actualización de las capas 2019 (Arguedas et al., 2021).

AGRADECIMIENTOS

El Proyecto MOCUPP, extiende su más sincero agradecimiento a los siguientes funcionarios, por su colaboración durante el proceso de monitoreo efectuado en el año 2020 y 2021, para los paisajes de piña, palma aceitera, pastos y cobertura arbórea.

Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)

Kífah Sasa (Asesor Senior Programa Green Commodities)
Miriam Miranda (Coordinadora Proyecto Paisajes Productivos)
Maureen Ballester (Especialista en arreglos institucionales)
Francini Acuña (Especialista en Sistemas de Información Geográfica y Teledetección)

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG)

Ana Cristina Quirós (Viceministra)

MAG Región Brunca

Roger Montero (Director Regional)
Roberto Chacón (Extensionista)
César Villalobos (Extensionista)
Marcelo Hidalgo (Extensionista)
Kendall Ureña (Extensionista)
Fernando Fallas (Extensionista)
Aaron Quirós (Coordinador Regional InfoAgro)

MAG Región Huetar Caribe

Yendri Delgado (Directora Regional)
Jimmy Medina (Extensionista)
Delfín Rojas (Extensionista)
Armando Jiménez (Extensionista)

MAG Región Huetar Norte

Fernando Vargas (Director Regional)
Norman Mora (Jefe Unidad de Extensión)
Beatriz Corrales (Extensionista)
Justo Rubio (Extensionista)
Víctor Guzmán (Extensionista)
William López (Extensionista)
Jorge Montoya (Extensionista)
Robert Ulate (Extensionista)

MAG Región Central Sur

Iván Quesada (Director Regional)
Sergio Delgado (Jefe Unidad de Extensión)
Franklin Castro (Extensionista)

MAG Región Central Oriental

Guillermo Flores (Director Regional)

MAG Región Pacífico Central

Leda Ramos (Directora Regional)
Víctor Salazar (Extensionista)
William Aguilar (Extensionista)

MAG Región Chorotega

Roberto Caravaca (Extensionista)
Jesús González (Extensionista)
Verónica Elizondo (Extensionista)
Carlos Briceño (Extensionista)
Freddy Vásquez (Extensionista)

Douglas Arauz (Encargado Agencia MAG Nandayure)
Danilo Guzmán (Técnico pecuario Agencia Nandayure)
Gilberto López (Coordinador Regional del Programa de Ganadería Sostenible)

Oficina de Acciones Climáticas (MAG)

Mauricio Chacón (Coordinador)

Dirección Nacional de Extensión Agropecuaria (MAG)

Nils Solórzano (Director Nacional)
Viviana Delgado
Joaquín Torres

Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE)

Rafael Monge (Director CENIGA)

Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC)

David Reyes (Área de Conservación Guanacaste)

Tribunal Ambiental Administrativo (TAA)

Ruth Solano (Presidenta)
Juan José Sánchez (Coordinador Unidad Técnica)

Ministerio de Comercio Exterior (COMEX)

Jaime Mora

Instituto Geográfico Nacional (IGN)

Marta Aguilar (Directora)

