

**GENERACIÓN DE MAPAS PREDIALES DE COBERTURA DE LA TIERRA MEDIANTE
PROCESAMIENTO DE IMÁGENES OBTENIDAS A PARTIR DE UN VEHÍCULO
AÉREO NO TRIPULADO (UAV) EN LA VEREDA SAN ANTONIO, NOROCCIDENTE
DE POPAYÁN (CAUCA)**



Universidad
del Cauca

JOHN JAMERSON MAÑUNGA MOSQUERA

PROGRAMA DE GEOGRAFÍA DEL DESARROLLO REGIONAL Y AMBIENTAL

FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS Y SOCIALES

UNIVERSIDAD DEL CAUCA 2022

**GENERACIÓN DE MAPAS PREDIALES DE COBERTURA DE LA TIERRA MEDIANTE
PROCESAMIENTO DE IMÁGENES OBTENIDAS A PARTIR DE UN VEHÍCULO
AÉREO NO TRIPULADO (UAV) EN LA VEREDA SAN ANTONIO, NOROCCIDENTE
DE POPAYÁN (CAUCA)**

JOHN JAMERSON MAÑUNGA MOSQUERA

**Trabajo de grado, modalidad de práctica profesional, como requisito para optar al título de:
Geógrafo**

DIRECTORA

MG. CAROLINA CASTRILLÓN OJEDA

ASESOR FUNDACION ECOHABITATS

PhD. FERNANDO FELIPE MUÑOZ MUÑOZ

PROGRAMA DE GEOGRAFÍA DEL DESARROLLO REGIONAL Y AMBIENTAL

FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS Y SOCIALES

UNIVERSIDAD DEL CAUCA 2022

Agradecimientos y dedicatoria

Agradezco principalmente a mis padres, hermana y demás familiares por toda la clase de apoyo suministrado en el transcurso de mi vida y, en especial, en mi trayectoria educativa.

Agradezco a la Fundación Ecohabitats, en especial a Luis Alfonso Ortega Fernández y Liliana Patricia Paz Betancourt, por su invaluable apoyo, motivación, guía y consejos, los cuales han sido y serán de gran ayuda en mi desarrollo personal y profesional.

A mis tutores, la profesora Carolina Castellón Ojeda por sus enseñanzas en los diferentes entornos educativos compartidos durante la carrera y a Fernando Felipe Muñoz por sus enseñanzas prácticas, consejos e insumos académicos compartidos.

A mis compañeros y amigos que de una u otra manera realizaron aportes.

Lleno de orgullo y admiración, dedico este trabajo a mis padres y hermana por los grandes esfuerzos que realizaron y realizan para ser de mi cada vez una persona educada y respetuosa en todos los entornos en que me desarrollo, también dedico este trabajo a todos los jóvenes, en especial, a aquellos que provienen de entornos rurales y violentos, que pese a todas sus dificultades realizan un gran esfuerzo por educarse.

John Mañunga.

Resumen

En la presente práctica profesional se generaron 20 mapas prediales de cobertura de la tierra en la vereda San Antonio (Popayán- Cauca), teniendo como insumo los límites prediales e imágenes aéreas sin procesamiento adquiridas mediante un cuadricóptero DJI Mavic Pro por parte de la Fundación Ecohabitats.

La metodología se desarrolló bajo 3 fases, la primera se centró en el post-procesamiento de las imágenes aéreas mediante el uso del software fotogramétrico PIX4D que permitió generar la ortofoto base de trabajo. En la segunda fase se realizó la clasificación de las coberturas de la tierra a partir de la adaptación de la leyenda Corine Land Cover para un rango de escalas de 1:300 a 1:2.400 de las coberturas encontradas en el área de estudio. La tercera fase, consistió en la estructuración de la base de dato geográfica.

Entre los principales resultados se encuentra una ortofoto con una resolución de 4.81 cm/píxel, 20 mapas prediales con sus respectivas coberturas terrestres y una geodatabase estructurada con los productos cartográficos generados, los cuales constituyen herramientas de utilidad para el monitoreo de cobertura de la tierra realizado por la Fundación Ecohabitats en el marco del proceso de adaptación a variabilidad climática que desarrolla en el noroccidente de Popayán (Cauca).

Palabras Clave

Fotogrametría, UAV, cobertura de la tierra, Corine Land Cover.

TABLA DE CONTENIDO

		Pág.
INTRODUCCIÓN		1
1	3	
2	5	
3	7	
	3.1 OBJETIVO GENERAL	7
	3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	7
4	8	
	4.1 SENSORES REMOTOS	8
	4.2 VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS	8
	4.3 FOTOGRAMETRÍA DIGITAL	11
	4.3.1 <i>Plan de vuelo y adquisición de imágenes</i>	12
	4.3.2. <i>Procesamiento de la información a través del software</i>	12
	4.3.3. <i>Análisis de la información</i>	14
	4.4 CLASIFICACIÓN DE COBERTURA DE LA TIERRA	14
	4.5 GEODATABASE	15
5	17	
	5.1 FASE 1: POST- PROCESAMIENTO	19
	5.2. FASE 2: EDICIÓN Y PRODUCCIÓN CARTOGRÁFICA	32
	5.2.1. <i>Clasificación de coberturas de la tierra</i>	32
	5.2.2. <i>Definición de atributos</i>	34
	5.2.3. <i>Patrones de cobertura de la tierra</i>	35
	5.2.4. <i>Leyenda RGB</i>	40
	5.3 FASE 3: ESTRUCTURACIÓN	43
6	44	
	6.1. POST- PROCESAMIENTO DE IMÁGENES	44
	6.2. CLASIFICACIÓN DE COBERTURA DE LA TIERRA	46
	6.2.1 <i>PREDIO No.1. FAMILIA RODRIGUEZ</i>	48
	6.2.2 <i>PREDIO No.2. FAMILIA CAMPO CORDOBA</i>	49
	6.2.3 <i>PREDIO No.3. FINCA EL AGUACATE</i>	51
	6.2.4 <i>PREDIO No.4. FAMILIA CHANTRE</i>	53
	6.2.5 <i>PREDIO No.5. FINCA LOS NARANJOS</i>	55
	6.2.6 <i>PREDIO No.6. FAMILIA CAMPO</i>	57
	6.2.7 <i>PREDIO No.7. FINCA LA CURVA</i>	59
	6.2.8 <i>PREDIO No.8. FAMILIA RIVERA SANCHEZ</i>	61
	6.2.9 <i>PREDIO No.9. FINCA EL MIRADOR</i>	63
	6.2.10 <i>PREDIO No.10. FINCA EL RECUERDO</i>	65
	6.2.11 <i>PREDIO No.11. FAMILIA MOSQUERA</i>	67
	6.2.12 <i>PREDIO No.12. FAMILIA SANCHEZ</i>	69
	6.2.13 <i>PREDIO No.13. FINCA LA CONSTANZA</i>	71
	6.2.14 <i>PREDIO No.14. FINCA EL GUAIDALITO</i>	73
	6.2.15 <i>PREDIO No.15. FINCA EL GUAIDALITO 2</i>	75
	6.2.16 <i>PREDIO No.16. FINCA EL GUAYABO</i>	77
	6.2.17 <i>PREDIO No.17. FAMILIA MIRANDA</i>	79
	6.2.18 <i>PREDIO No.18. FAMILIA LULIGO CAMPO</i>	81
	6.2.19 <i>PREDIO No.19. FINCA LA PALMA</i>	83
	6.2.20 <i>PREDIO No.20. FINCA EL PARAISO</i>	85

6.3. GEODATABASE	87
6.3.1. <i>Metadatos</i>	87
7	92
8	94
9	99

Listado De Ilustraciones

	Pág.
Ilustración 1. Sistema de implementación de vehículos aéreos no tripulados	10
Ilustración 2. Creación del proyecto PIX4D Mapper.	22
Ilustración 3. Selección y adición de imágenes (PIX4D Mapper).	22
Ilustración 4. Cuadro imágenes y datos en PIX4D Mapper.	23
Ilustración 5. Plantilla de procesamiento software PIX4D Mapper.	23
Ilustración 6. Fases de procesamiento en PIX4D Mapper.	24
Ilustración 7. Procesamiento inicial PIX4D Mapper.	24
Ilustración 8. Localización de puntos de control en el área de estudio.	26
Ilustración 9. Interfaz de Global Mapper, (puntos de control sobre modelo digital de terreno)	27
Ilustración 10. Herramienta "Gestor GCP/MTP" para agregar puntos de control (PIX4D Mapper).	27
Ilustración 11. Visualización de opción "rayCloud Editor" y "GCPs cargados (PIX4D Mapper).	28
Ilustración 12. Ubicación de puntos de control (PIX4D Mapper).	29
Ilustración 13. Opción "reoptimize" en PIX4D Mapper.	30
Ilustración 14. Nube de puntos (PIX4D Mapper).	31
Ilustración 15. Malla 3D con textura (PIX4D Mapper)	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 16. Modelo Digital de Superficie, ortofoto e índices (PIX4D Mapper).	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 17. Ortofoto de la zona de estudio generada a partir de procesamiento en PIX4D.	44
Ilustración 18. Modelo Digital de Superficie generado a partir del procesamiento en PIX4D.	44
Ilustración 19. Modelo Digital de Terreno generado a partir del procesamiento en PIX4D.	45
Ilustración 20. Resultado de superposición de imágenes en PIX4D Mapper	45
Ilustración 21. Descripción resultados del modelo digital de superficie, terreno y Ortomosaico. PIX4D Mapper.	46
Ilustración 22. Estructura de geodatabase	87
Ilustración 23. Metadato Feature dataset "Coberturas CLC"	88
Ilustración 24. Metadato Feature dataset "Límites prediales"	89
Ilustración 25. Metadato Feature dataset "Consolidado"	90

Listado De Tablas

	Pág.
Tabla 1. Comparación entre equipos vehículos aéreos no tripulados de ala fija y multirotor.	9
Tabla 2. Características del plan de vuelo realizado por la Fundación Ecohabitats.	19
Tabla 3. Propiedades de imágenes capturadas por el vehículo aéreo no tripulado (UAV).	19
Tabla 4. Puntos de control	25
Tabla 5. Leyenda Corine Land Cover adaptada al nivel de detalle de la zona de estudio.	33
Tabla 6. Atributos de los mapas de cobertura de la tierra de los predios de la vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	34
Tabla 7. Diccionario de coberturas.	35
Tabla 8. Códigos y colores RGB adaptados a partir de Corine Land Cover.	40
Tabla 9. Cobertura de la tierra naturales y antropogénicas de 20 predios en la vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	46
Tabla 10. Cobertura de la tierra del predio No.1. Familia Rodríguez. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca)	48
Tabla 11. Cobertura de la tierra del predio No.2. Familia Campo Córdoba. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca)	49
Tabla 12. Cobertura de la tierra del predio No.3. finca El Aguacate. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca)	51
Tabla 13. Cobertura de la tierra del predio No.4. familia Chantre. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca)	53
Tabla 14. Cobertura de la tierra del predio No.5. finca Los Naranjos. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca)	55
Tabla 15. Cobertura de la tierra del predio No.6. familia Campo. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	57
Tabla 16. Cobertura de la tierra del predio No.7. finca La Curva. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	59
Tabla 17. Cobertura de la tierra del predio No.8. familia Rivera Sánchez. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	61
Tabla 18. Cobertura de la tierra del predio No.9. finca El Mirador. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	63
Tabla 19. Cobertura de la tierra del predio No.10. finca El Recuerdo. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	65
Tabla 20. Cobertura de la tierra del predio No.11. familia Mosquera. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	67
Tabla 21. Cobertura de la tierra del predio No.12. familia Sánchez. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	69
Tabla 22. Cobertura de la tierra del predio No.13. finca La Constanza. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	71
Tabla 23. Cobertura de la tierra del predio No.14. finca El Guaidalito. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	73
Tabla 24. Cobertura de la tierra del predio No.15. finca El Guaidalito 2. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	75
Tabla 25. Cobertura de la tierra del predio No.16. finca El Guayabo. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	77
Tabla 26. Cobertura de la tierra del predio No.17. familia Miranda. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca)	79
Tabla 27. Cobertura de la tierra del predio No.18. familia Luligo Campo. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	81
Tabla 28. Cobertura de la tierra del predio No.19. finca La Palma. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	83
Tabla 29. Cobertura de la tierra del predio No.20. finca El Paraíso. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	85

Listado De Figuras

	Pág.
Figura 1. Fases para el procesamiento de imágenes, generación cartográfica y estructuración de la geodatabase.	18
Figura 2 Procesamiento imágenes PIX4D Mapper.	21
Figura 3. Distribución de coberturas naturales en los 20 predios localizados en la vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	47
Figura 4. Distribución de coberturas antropogénicas en los 20 predios localizados en la vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	47
Figura 5. Distribución porcentual (%) de los tipos de uso del suelo en el predio No. 1. Familia Rodríguez. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	49
Figura 6. Distribución porcentual (%) de los tipos de uso del suelo en el predio No. 2. Familia Campo Córdoba. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	51
Figura 7. Distribución porcentual (%) de los tipos de uso del suelo en el predio No. 3. Finca El Aguacate. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	53
Figura 8. Distribución porcentual (%) de los tipos de uso del suelo en el predio No. 4. Familia Chantre. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	55
Figura 9. Distribución porcentual (%) de los tipos de uso del suelo en el predio No. 5. Finca Los Naranjos. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	57
Figura 10. Distribución porcentual (%) de los tipos de uso del suelo en el predio No. 6. Familia Campo. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	59
Figura 11. Distribución porcentual (%) de los tipos de uso del suelo en el predio No. 7. Finca La Curva. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	61
Figura 12. Distribución porcentual (%) de los tipos de uso del suelo en el predio No. 8. Familia Rivera Sánchez. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	62
Figura 13. Distribución porcentual (%) de los tipos de uso del suelo en el predio No. 9. Finca El Mirador. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	64
Figura 14. Distribución porcentual (%) de los tipos de uso del suelo en el predio No. 10. Finca El Recuerdo. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	67
Figura 15. Distribución porcentual (%) de los tipos de uso del suelo en el predio No. 11. Familia Mosquera. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	69
Figura 16. Distribución porcentual (%) de los tipos de uso del suelo en el predio No. 12. Familia Sánchez. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	70
Figura 17. Distribución porcentual (%) de los tipos de uso del suelo en el predio No. 13. Finca La Constanza. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	72
Figura 18. Distribución porcentual (%) de los tipos de uso del suelo en el predio No. 14. Finca El Guaidalito. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	74
Figura 19. Distribución porcentual (%) de los tipos de uso del suelo en el predio No. 15. Finca El Guaidalito Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	76
Figura 20. Distribución porcentual (%) de los tipos de uso del suelo en el predio No. 16. Finca El Guayabo. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	78
Figura 21. Distribución porcentual (%) de los tipos de uso del suelo en el predio No. 17. Familia Miranda. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	80
Figura 22. Distribución porcentual (%) de los tipos de uso del suelo en el predio No. 18. Familia Luligo Campo. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	82
Figura 23. Distribución porcentual (%) de los tipos de uso del suelo en el predio No. 19. Finca La Palma. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	84
Figura 24. Distribución porcentual (%) de los tipos de uso del suelo en el predio No. 20. Finca El Paraíso. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	86

Listado De Mapas

Pág.

Mapa 1. Localización de la zona de estudio	¡Error! Marcador no definido.
Mapa 2. Cobertura de la tierra del predio No.1. Familia Rodríguez. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca)	48
Mapa 3. Cobertura de la tierra del predio No.2. Familia Campo Córdoba. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	50
Mapa 4. Cobertura de la tierra del predio No.3. Finca El Aguacate. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	52
Mapa 5. Cobertura de la tierra del predio No.4. Familia Chantre. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca)	54
Mapa 6. Cobertura de la tierra del predio No.5. Finca Los Naranjos. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	56
Mapa 7. Cobertura de la tierra del predio No.6. Familia Campo. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca)	58
Mapa 8. Cobertura de la tierra del predio No.7. Finca La Curva. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	60
Mapa 9. Cobertura de la tierra del predio No.8. Familia Rivera Sánchez. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	62
Mapa 10. Cobertura de la tierra del predio No.9. Finca El Mirador. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	64
Mapa 11. Cobertura de la tierra del predio No.10. Finca El Recuerdo. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	66
Mapa 12. Cobertura de la tierra del predio No.11. Familia Mosquera. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	68
Mapa 13. Cobertura de la tierra del predio No.12. Familia Sánchez. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	70
Mapa 14. Cobertura de la tierra del predio No.13. Finca La Constanza. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	72
Mapa 15. Cobertura de la tierra del predio No.14. Finca El Guaidalito. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	74
Mapa 16. Cobertura de la tierra del predio No.15. Finca El Guaidalito 2. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	76
Mapa 17. Cobertura de la tierra del predio No.16. Finca El Guayabo. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	78
Mapa 18. Cobertura de la tierra del predio No.17. Familia Miranda. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	80
Mapa 19. Cobertura de la tierra del predio No.18. Familia Luligo Campo. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	82
Mapa 20. Cobertura de la tierra del predio No.19. Finca La Palma. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	84
Mapa 21. Cobertura de la tierra del predio No.20. Finca El Paraíso. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).	86

LISTADO DE ACRÓNIMOS

ALOS	<i>Advanced Land Observing Satellite</i>
ArcMap	<i>Software de edición, procesamiento y estructuración de datos cartográficos (Datasets)</i>
ASPRS	<i>Sociedad Americana de Fotogrametría y Teledetección</i>
CAA	<i>Autoridad de Aviación Civil del Reino Unido</i>
CLC	<i>Corine Land Cover</i>
CORMAGDALENA	<i>Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena</i>
MDS	<i>Modelo Digital de Superficie</i>
DTM	<i>Digital Terrain Model</i>
EEA	<i>European Environment Agency</i>
FAO	<i>Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura</i>
FPV	<i>First person view</i>
GCP	<i>Ground Control Point</i>
GLC	<i>Global Land Cover</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
IDEAM	<i>Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales</i>
IGAC	<i>Instituto Geográfico Agustín Codazzi</i>
IMU	<i>Unidad de medición inercial</i>
LCCS	<i>Land Cover Classification System</i>
LIDAR	<i>Light Detection and Ranging</i>
MDE	<i>Modelo Digital de Elevación</i>
MTP	<i>Manual Tie Point</i>
NIR	<i>Cámaras de infrarrojo cercano</i>
ODM	<i>OpenDroneMap</i>
PIX4Dmapper	<i>Software de procesamiento fotogramétrico</i>
RADAR	<i>Radiowave Detection and Ranging</i>
RGB	<i>Red, Green, Blue</i>
RPAS	<i>Remotely Piloted Aerial System</i>
SAR	<i>Synthetic Aperture Radar</i>
SIG	<i>Sistema de información geográfico</i>
SQL	<i>Structured Query Language</i>
UAV	<i>Unmanned aerial vehicle</i>
USGS	<i>United States Geological Survey</i>
VANT's	<i>Vehículos aéreos no tripulados</i>

INTRODUCCIÓN

Gracias al desarrollo de las herramientas de información geográfica durante las últimas décadas, se cuenta con los mapas de cobertura de la tierra que se constituyen como veedores de la relación antropológica con el espacio, siendo claves en los procesos de planificación territorial y de gran utilidad en el desarrollo de planes, proyectos e investigaciones que realizan diferentes entidades públicas y privadas sobre un área específica. El desarrollo de estos mapas se sustenta sobre diferentes metodologías, una de las más representativas es Corine Land Cover adaptada para Colombia, la cual definió la metodología y los parámetros a implementar para realizar la clasificación de las coberturas de la tierra sobre un área específica.

Adicionalmente, la llegada y uso de los sensores remotos (UAV) se ha constituido como una importante herramienta para la identificación y clasificación de las coberturas terrestres debido a las imágenes aéreas de buena resolución de píxel que estos sensores generan, ofreciendo la posibilidad de monitorear con mayor facilidad las coberturas terrestres sobre un área específica.

Para el año 2014, la Fundación Ecohabitats desarrolló una metodología de planificación predial para la adaptación a la variabilidad climática y el cambio climático, que tiene como uno de sus pasos la generación de mapas de cobertura de la tierra por predio analizado, en una primera instancia se generaron mapas prediales de cobertura de la tierra y uso del suelo en un rango de escala de 1:500 a 1:6.900 mediante el uso de una ortofoto de resolución 25 cm de píxel. Teniendo en cuenta, que dicha metodología permite a los productores zonificar el uso del suelo e identificar medidas de adaptación a ser implementadas para reducir su vulnerabilidad a los eventos climáticos extremos, se hace de vital importancia la generación de mapas de cobertura actualizados al año 2021.

Con base en esta necesidad por parte de la Fundación de generar 20 mapas de cobertura de la tierra mediante el procesamiento de imágenes aéreas obtenidas a partir de un UAV, como

insumo para los procesos de planificación predial para la adaptación a la variabilidad climática y el cambio climático en la vereda San Antonio del municipio de Popayán se suscribió el trabajo con el

departamento de geografía de la universidad del Cauca donde se optó por la modalidad de práctica profesional.

El trabajo elaborado cuenta con 9 grandes componentes, en ellos se trata los fundamentos y bases teóricas para el trabajo (Componente 4), post-procesamiento de imágenes obtenidas a partir de un UAV, producción y estructuración cartográfica, que corresponden a las fases metodológicas (Componente. 5), también se encuentran los resultados obtenidos (Componente. 6) y finalmente en el componente 7 se establecen una serie de conclusiones y recomendaciones.

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El monitoreo de la cobertura de la tierra es una herramienta práctica para la identificación y caracterización de los cambios y tendencias de las cobertura de la tierra y sus usos en un periodo de tiempo determinado, sirviendo como insumo para la toma de decisiones y definición de políticas públicas en procesos de ordenamiento territorial, conservación de biodiversidad, desarrollo de actividades productivas, adaptación a la variabilidad climática y cambio climático, gestión del riesgo, entre otras (Berrío et al., 2015; Guevara et al., 2020; Pesantez., 2015; Veneros et al., 2020).

En el caso específico de adaptación a variabilidad climática, la Fundación Ecohabitats desarrolló una metodología de planificación predial para la adaptación, centrada en la generación de mapas de cobertura de la tierra a nivel predial, que ha sido aplicada desde el año 2014 en ocho (8) veredas del noroccidente de Popayán (Cauca), permitiendo a los productores zonificar las cobertura de la tierra y sus usos e identificar medidas de adaptación a ser implementadas para reducir su vulnerabilidad a los eventos climáticos extremos (Ortega & Paz, 2014).

En el año 2014, el levantamiento de línea base realizado por esta organización, utilizó los sistemas de información geográfica para la generación de mapas prediales de cobertura de la tierra y uso del suelo en un rango de escala de 1:500 a 1:6.900 mediante el procesamiento y clasificación de una ortofoto de resolución 25 cm de pixel, que permitió implementar medidas de adaptación específicas. Para monitorear el cambio de cobertura de la tierra y uso del suelo y el avance en la capacidad de adaptación a variabilidad climática de los productores rurales, la Fundación Ecohabitats priorizó 20 predios ubicados en la vereda San Antonio (Popayán-Cauca) los cuales requieren la actualización de sus coberturas de la tierra al año 2021. Para ello, seleccionó como tecnología el uso de un vehículo aéreo no tripulado (UAV, *Unmanned aerial*

Vehicle) dado que permite aumentar el nivel de detalle en la captura de imágenes multiespectrales recopilando datos de alta precisión y buena resolución espacial, evita la perturbación de fenómenos atmosféricos, no representa riesgos humanos para la tripulación, es de fácil uso por parte de operadores no especializados, se logra mayor cubrimiento del área, operan en áreas inaccesibles y son de bajo costo (Berrío., 2015; Guevara et al., 2020; Lorduy, 2017), dando respuesta a la escala y nivel de resolución requerido.

Como producto del sobrevuelo con el UAV en la vereda San Antonio, se obtuvieron imágenes aéreas que deben ser procesadas mediante diferentes métodos y uso de software y clasificación de cobertura de la tierra que permitan asegurar la calidad requerida de los mapas resultantes (Aragón et al., 2021; Rivera., 2017).

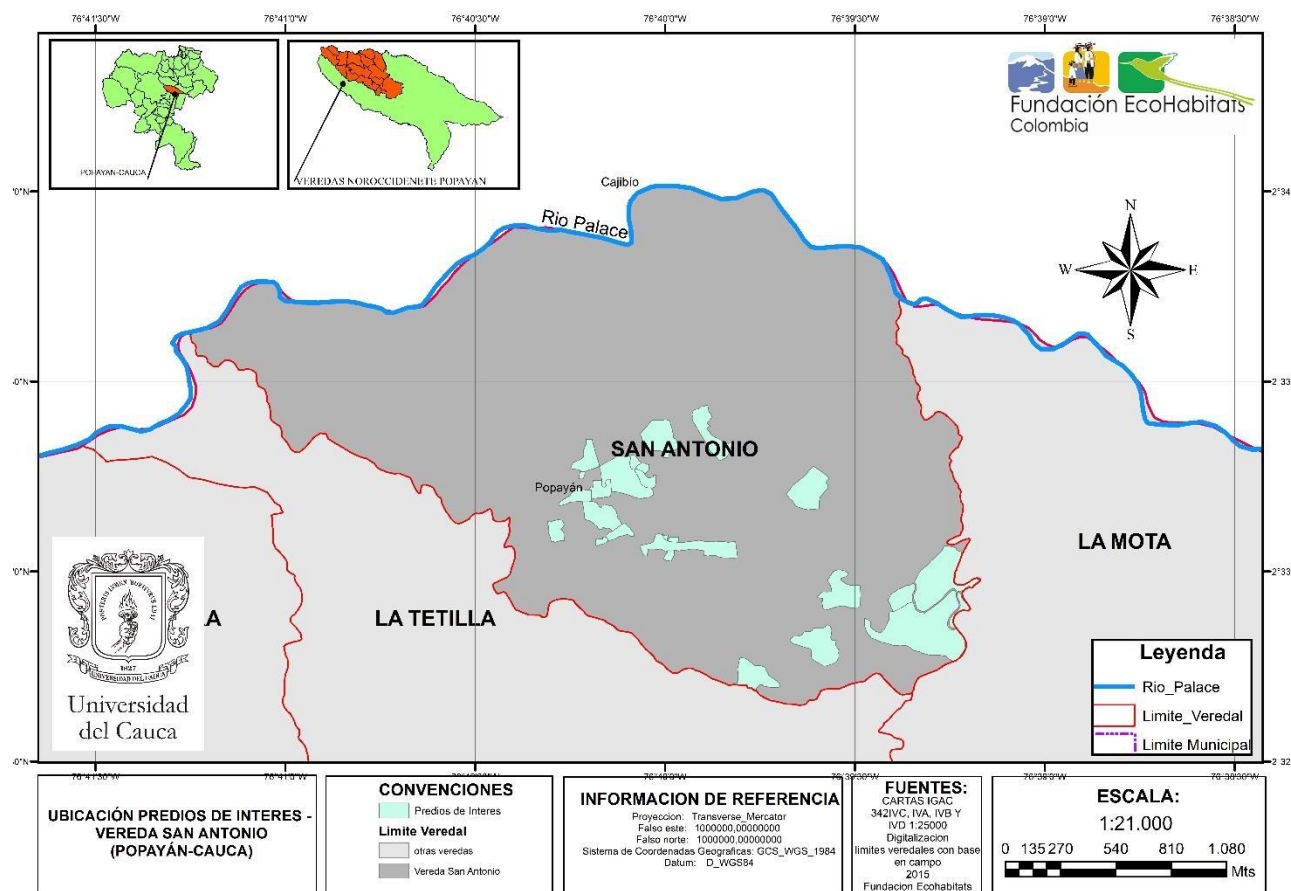
Teniendo en cuenta lo anterior surge la necesidad de dar respuesta a la siguiente pregunta: ¿Cuáles son los métodos para obtener mapas prediales de la cobertura de la tierra a partir del procesamiento de imágenes obtenidas mediante un vehículo aéreo no tripulado (UAV) en la vereda San Antonio del municipio de Popayán- Cauca?

2 ÁREA DE ESTUDIO Y DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO

El municipio de Popayán tiene una extensión de 48.311 ha aproximadamente, se halla situado al sur occidente de la República de Colombia, limitando al sur con Sotará y Puracé; al norte con los municipios de Cajibío y Totoró; por el oriente con Totoró, Puracé y el departamento de Huila y por el occidente con El Tambo y Timbío. Su área rural está dividida en 23 corregimientos y aproximadamente 76 veredas (Acuerdo 06, 2002).

Para el caso de estudio en particular, los 20 predios se ubican en el corregimiento Santa Rosa, vereda San Antonio. Esta vereda cuenta con un área aproximada de 565 ha, se encuentra localizada en el sector noroccidental del municipio de Popayán, limitando al norte con el municipio de Cajibío; al sur y este con la vereda La Tetilla y al este con la vereda La Mota (Mapa 1). Se encuentra aproximadamente a 15 km del sector urbano de la ciudad de Popayán, contando con dos vías de acceso y múltiples caminos de herradura que conectan veredas y fincas.

Desde el punto de vista hidrográfico se ubica en la parte baja de la subcuenca del río Palacé, en el piso templado húmedo, en un rango altitudinal entre 1500 y 1800 msnm, con temperatura media de 19°C y una precipitación promedio mensual de 207,9mm.



Mapa SEQ Mapa * ARABIC 1. Localización de la zona de estudio

Esta vereda se encuentra integrada por aproximadamente 137 familias con un nivel socio económico que no supera el nivel 1 de estratificación. Su población se auto reconoce como campesina cuya actividad económica principal es la producción de café y caña panelera, además de cultivos transitorios como; maíz, plátano, yuca, verduras y hortalizas que utilizan para comercialización, consumo familiar e intercambios (trueques) entre pobladores de la vereda.

3 OBJETIVOS DEL PROYECTO

3.1 Objetivo General

Generar mapas prediales de cobertura de la tierra de 20 predios mediante el procesamiento de imágenes obtenidas a partir de un vehículo aéreo no tripulado (UAV) en la vereda San Antonio (Popayán- Cauca).

3.2 Objetivos Específicos.

Conocer e implementar técnicas de procesamiento de imágenes tomadas a través de un vehículo aéreo no tripulado (UAV) en la zona de estudio.

Realizar la clasificación de cobertura de la tierra de 20 predios de la vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

Realizar la estructuración de la información geoespacial y alfanumérica producida.

4 MARCO TEÓRICO

4.1 Sensores remotos

La teledetección o percepción remota, es un conjunto de técnicas que permiten obtener datos o información a distancia de un objeto situado sobre la superficie terrestre (SEGEMAR, 2018) mediante el uso de instrumentos denominados sensores remotos a través de plataformas espaciales (satélites), aéreas (aviones y UAV's) a nivel superficial (Veneros et al., 2020). Esta información es procesada y analizada mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) (González y Otálora, 2017) generando datos espaciales (cartografía temática) y atributos (descriptivos) según los requerimientos (Pesantez, 2015).

Los sensores remotos se clasifican según la energía que utilizan para obtener la información en activos y pasivos. Los sensores activos transmiten sus propios pulsos de energía, ya sea laser o microondas, miden el tiempo de propagación y la intensidad del pulso que se refleja desde la superficie de vuelta al sensor. Entre ellos se encuentran los LIDAR (*Light Detection and Ranging*), radio detección y RADAR (*Radiowave Detection and Ranging*) (Guevara et al., 2020; González, 2011; Veneros et al., 2020). Los sensores pasivos registran la luz solar reflejada (ópticos) y la temperatura emitida (térmicos) de la superficie de la Tierra, encontrándose entre ellos las cámaras RGB (Red, Green, Blue), cámaras de infrarrojo cercano (NIR), cámaras térmicas y sus combinaciones multiespectrales e hiperespectrales (Guevara et al., 2020; González, 2011; Veneros et al., 2020). Específicamente los sensores RGB son utilizados en los UAV's, permitiendo capturar imágenes de alta resolución, realizar labores de inspección visual y modelos de elevación del terreno, entre otros (Guevara et al., 2020).

4.2 Vehículos aéreos no tripulados

Los vehículos aéreos no tripulados (VANT's) son conocidos como UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) por el Departamento de Defensa (DOD) de Estados Unidos de Norteamérica, UAS (*Unmanned Aerial System*) por la Autoridad de Aviación Civil del Reino Unido (CAA), robot

aéreo o dron (Colomina & Molina, 2014).

Un dron es una aeronave que vuela sin tripulación, generalmente portátil, es controlable desde su exterior, propulsado por uno o varios motores, es reutilizable, es capaz de sostener un nivel de vuelo controlado, puede equiparse con una amplia variedad de sensores y es monitoreado de forma remota, semiautomática o automática (Vázquez y Backhoff, 2017; Lorduy, 2017; Niño y Camacho, 2019).

Se clasifican según el sistema de lanzamiento o recuperación: de despegue vertical (ala rotativa) y los de no despegue vertical (ala fija) (Barrientos et al., (2007) citado en González y Otálora, 2020; Vázquez y Backhoff, 2017) (Tabla 1).

Tabla 1. Comparación entre equipos vehículos aéreos no tripulados de ala fija y multirotor.

VARIABLE	ALA FIJA	MULTIROTOR
Descripción	Aeronave con perfil alar que permite el libre movimiento en el aire y la capacidad de generar fuerzas sustentadoras para mantenerse en vuelo. Con una turbina propulsora en parte trasera.	Generan la sustentación en el aire a través de las fuerzas que generan las hélices de sus rotores (motor).
Velocidad	Mayor. Promedio 110 km/h.	Menor. Promedio 60 km/h.
Vuelo	Pueden planear, ahorrando energía. No pueden mantener el vuelo sobre un punto determinado.	No planean. Sí mantiene el vuelo sobre un punto determinado.
Carga adicional	Mayor.	Menor.
Área cubierta	Hasta 1000 ha con configuraciones promedio >250 ha.	Hasta 50 ha con configuraciones promedio <20ha.
Duración de batería	Mayor, alrededor de 90 minutos.	Menor, alrededor de 30 minutos.
Estabilidad	Menor.	Mayor.
Costo	Menor.	Mayor.
Habilidades requeridas para operación	Mayor.	Menor.
Duración del vuelo	Hasta 2 horas.	Hasta 2 horas.
Personal requerido	2 pilotos típicos con calificaciones en bimotores CPL (A), IFR, MEP (L).	1 piloto, algunas veces 1 ayudante u observador.
Área de cobertura por vuelo	Cientos de kilómetros cuadrados.	Alrededor de 9 km ² para mapa rectangular por vuelo. Hasta 72 km ² para vuelo de línea recta según la resolución requerida.
Resolución	500-250 m AGL. Menor altitud, limitada por ruido. Reglamentos y riesgo en zonas urbanas. Requiere tiempo para conectar a tierra.	4 cm/pix a 100m AGL-11 cm/pix a 300 mAGL. Límite superior de altitud impuesta por leyes de tránsito aéreo.
Impacto ambiental	Límites de ruido. Consumo de combustible.	A 200 m en su mayoría inaudibles. Energía eléctrica recargable.
Preparación remota de la misión	Sobre cartografía. Debe regresar al campo de aviación.	En la estación de tierra sobre un software específico. Se puede guardar cerca de la zona de misión a la espera de tiempo despejado.

Fuente: autor a partir de Berrío et al, 2015; Niño y Camacho, 2019; Benito 2015

De acuerdo con Berrío et al (2015) y González y Otálora (2020), la utilización de los UAV's requieren cuatro subsistemas (Ilustración 1):

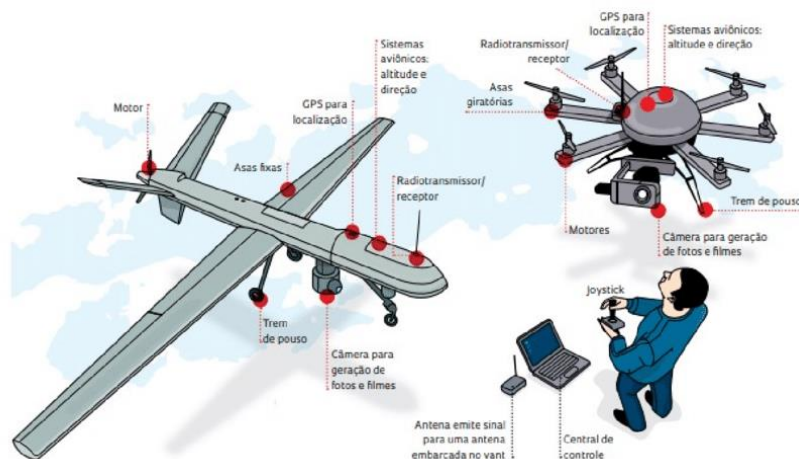


Ilustración 1. Sistema de implementación de vehículos aéreos no tripulados

Fuente: Monte et al. (2020).

- **Plataforma de vuelo:** conformada por el fuselaje, la batería que generalmente es de polímero de litio con diferente número de celdas y capacidades y la cámara que funciona en diferentes rangos del espectro electromagnético, desde el visible hasta el infrarrojo cercano.
- **Control de vuelo:** conformada por: la telemetría controlada por radio en 32 las frecuencias de 2.4 GHz y 5.8 GHz, a través de la cual se comunica el dron y se permite la transmisión de videos e imágenes si se usa un sistema de vista en primera persona (FPV- *first person view*), el computador a bordo el cual incluye el sistema de geoposicionamiento (GPS) y unidad de medición inercial (IMU). Este último dispositivo mide e informa acerca de la velocidad, orientación y fuerzas gravitacionales de un aparato, usando una combinación de acelerómetros y giróscopos. A su vez, cuenta con un sensor de presión y data log del vuelo que es operado por el software instalado en la estación de control en tierra.
- **Lanzamiento y recuperación:** corresponde a las modalidades de despegue y aterrizaje, las cuales pueden ser verticales como en los UAV de ala rotativa (helicópteros y multirrotor) o no vertical como los de ala fija (aeroplanos).
- **Comunicaciones:** constituye la comunicación entre la emisora de control y la aeronave.

Integrado por el receptor o control remoto que cuenta con 2 a 8 canales para control de alerones, elevadores y cámara y la estación de control en tierra (PC con software que transmitir coordenadas y recibir información del vuelo). Estos enlaces de datos pueden realizarse de manera directa (punto a punto) o por satélite (STATCOM) y tienen tres funciones principales: enlaces ascendentes para enviar datos de control desde un punto (estación terrestre o satélite) al UAV; enlaces descendentes que envían datos desde los sensores del UAV y por último un enlace que permite medir el azimut (orientación respecto del norte) y rango desde la estación terrestre hasta el UAV (Gupta, Ghonge, & Jawandhiya, 2013 citado por Sánchez, 2017).

Al conjunto de estos subsistemas se le denomina RPAS (*Remotely Piloted Aerial System*) (Sánchez y Calderón, 2020). Los RPAS, han tenido un gran auge por su versatilidad y utilidad en diferentes sectores, particularmente en la producción cartográfica temática de áreas relativamente pequeñas, cada vez es más común su uso, en especial por su bajo costo a la hora de obtener imágenes de alta resolución.

4.3 Fotogrametría digital

La fotogrametría es la ciencia de captura de información espacial a distancia que permite determinar las propiedades geométricas y espaciales de los objetos en una zona determinada, a través de grabación, medida e interpretación de imágenes y patrones de energía electromagnética radiante y otros fenómenos buscando obtener una representación precisa del mundo real (Sociedad Americana de Fotogrametría y Teledetección (ASPRS); Dávalos, 2018; Granados, 2018, Riaño, 2018).

La fotogrametría se clasifica en analógica, analítica y digital (Sánchez, 2017), siendo ésta última aquella basada en plataformas de sensores remotos (p.e UAVs), el uso de ordenadores y software para el desarrollo de los procesos fotogramétricos, permitiendo generar productos como el modelo de altura, ortoimágenes y estereoidágenes, generación y visualización de modelos

tridimensionales, entre otros (Santos, 2014; Nex y Remondino, 2013; Escalante et al., 2016) que son interpretados para generar nuevos productos como los mapas temáticos.

Los pasos para desarrollar la fotogrametría con UAV's se basan en la adquisición de información o plan de vuelo, el procesamiento de la información a través de software y el análisis de la información, los cuales se describen a continuación:

4.3.1 Plan de vuelo y adquisición de imágenes

Para la fotogrametría digital existe un amplio tipo de software especializados para imágenes obtenidas con UAV como PIX4D, OpenDroneMap (ODM), Meshroom, Regard 3D, Visual SFM, Colmap (Guzmán y Sandoval, 2020; Sánchez y Calderón, 2020). Específicamente, el software PIX4Dmapper “permite importar las imágenes obtenidas en los vuelos, identifica el sistema de coordenadas, las imágenes geolocalizadas y orientadas, y el tipo de cámara que se utiliza” (Niño y Camacho, 2019).

4.3.2. Procesamiento de la información a través del software

El procesamiento de la información a través del software se realiza en tres etapas:

Etapas 1. Configuración de bloque fotogramétrico

En esta etapa, el objetivo es determinar la información que recrea la escena en el momento de la captura de las imágenes (datos de orientación exterior e interior de la cámara y los puntos que relacionan las imágenes entre sí).

Operativamente, consiste en importar las imágenes que fueron obtenidas por el dron al software y cargar el archivo con la geolocalización de las imágenes para realizar el geo-etiquetado de cada foto. En esta etapa es necesario determinar los parámetros intrínsecos de las fotos, como la longitud focal, el punto principal de la imagen y las distorsiones de las lentes de la cámara, lo cual se hace con el software mediante la calibración de la cámara. Una vez realizada la calibración de las imágenes, se realiza su orientación determinando así los parámetros relacionados con posición y ángulos de inclinación de la cámara en el momento de la captura de cada imagen.

Etapa 2. Optimización del modelo

Consiste en la corrección geométrica de las imágenes a partir de puntos de control, lo cual garantiza la calidad del modelo digital y el ortomosaico.

Etapa 3: Generación de resultados fotogramétricos

Esta etapa consiste en la generación de los productos fotogramétricos como el modelo digital de terreno y los ortomosaicos, los cuales se definen por López y Riaño (2018) como *“la unión de imágenes fotográficas del terreno, cuya proyección central ha sido transformada en una proyección ortogonal, eliminando así las distorsiones planimétricas causadas por la inclinación de la cámara aérea y al desplazamiento debido al relieve. De este modo se elimina la variación de escala existente en el fotograma no rectificado y se obtiene una escala única y exacta para toda la superficie de la ortofoto, la transformación de una proyección central a otra ortogonal se realiza mediante el procedimiento llamado rectificación”*.

Operativamente, con base en el bloque fotogramétrico calibrado, orientado y optimizado, se procede a generar la nube de puntos, lo cual consiste en extraer una mayor cantidad de puntos 3D de la escena que complementa la nube de puntos dispersa, generada en las etapas anteriores. Los puntos generados corresponden a coordenadas del terreno (x, y, z) de cada uno de los puntos comunes extraídos de las imágenes y posteriormente generan las coordenadas del terreno para cada uno de sus píxeles. Esta nube de puntos es la base para la malla, el Modelo Digital de Elevación (MDE) y el ortomosaico. Para producir la malla y el MDE el programa genera una red irregular de triángulos (TIN) de la que son interpoladas los valores de altura para la generación de un archivo ráster.

Para la generación del ortomosaico, las imágenes individuales son rectificadas a partir del modelo de elevaciones, eliminando la distorsión asociada al relieve. El valor de la altura se obtiene al proyectar cada píxel de la imagen sobre el modelo de elevación, este valor es empleado

para proyectar sobre la imagen la nueva posición del pixel. Este proceso de proyección y reproyección de los píxeles de la imagen, se realizan a través de las ecuaciones de colinealidad. Por último, todas las imágenes rectificadas son unidas formando un mosaico (Escalante et al, 2016).

4.3.3. Análisis de la información

Entre las aplicaciones más utilizadas de los datos obtenidos de ortofotomosaicos se encuentra la generación de mapas de Cobertura de la tierra, los cuales pueden ser obtenidos a partir de técnicas de clasificación automática o por fotointerpretación. En el primer caso, se exploran diferentes tipos de atributos o clases por medio del análisis estadístico multivariado según unos parámetros previamente seleccionados, diferenciándose en clasificación supervisada (se cuenta con modelos ya clasificados) y no supervisada (se requiere de un área de entrenamiento para la clasificación). Por su parte, la fotointerpretación o interpretación visual se basa en la delimitación de áreas y elementos de interés mediante digitalización en la pantalla, dependiendo del conocimiento del terreno por parte del intérprete. Este método es muy práctico, especialmente en imágenes de alta resolución como lo son imágenes resultantes de un proceso de fotogrametría bajo la implementación de UAV, debido a los buenos sensores y resolución con la que cuentan facilitando de forma exponencial la interpretación y su posterior clasificación de las coberturas visualizadas (García-Meléndez (2007)).

4.4 Clasificación de cobertura de la tierra

De acuerdo con Gregorio & Jansen, (2000) *“la clasificación de las coberturas de la tierra describe el marco sistemático con los nombres de las clases y los criterios utilizados para distinguirlos, y la relación entre clases. Por lo tanto, la clasificación implica la definición de límites de clase que deben ser claros, precisos, posiblemente cuantitativos y basados en criterios objetivos, es decir deben tener una escala independiente, lo que significa que las clases en todos los niveles del sistema deberían ser aplicables a cualquier escala o nivel de detalle y también*

debe de tener una fuente independiente, lo que significa que no depende de los medios utilizados para recopilar información, ya sea que se utilicen imágenes satelitales, fotografías aéreas, estudios de campo o alguna combinación de ellas “

Por otro lado, Camacho et al. (2014) señala que estos sistemas de clasificación son metodologías que estandarizan las coberturas, partiendo de una necesidad de organizar un territorio determinado a partir de imágenes satelitales y aéreas.

Entre los sistemas más representativos de clasificación de cobertura de la tierra se encuentran: el sistema de clasificación *“A land use and land cover classification system for use with remote sensor data”* del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), el sistema Land Cover Classification System (LCCS) desarrollado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el sistema Global Land Cover (GLC 2000) y el sistema CORINE Land Cover (CLC) desarrollado por European Environment Agency (EEA). Ésta última metodología, ha sido adaptada para Colombia a través de un proceso que inició en 2004, mediante su aplicación en la cuenca Magdalena-Cauca bajo la alianza liderada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y la Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena (CORMAGDALENA), y finaliza en el año 2010 con la publicación de la leyenda nacional para la elaboración del mapa de cobertura de la tierra de Colombia a escala 1:100.000 según la metodología Corine Land Cover, la cual busca producir cartografía ordenada, estandarizada, sistemática e interinstitucional de cobertura de la tierra(IDEAM, 2010).

4.5 Geodatabase

De acuerdo con Sarria (2013) citado por López y Riaño (2018) *“se trata de una base de datos que almacena toda la información relativa a un conjunto de entidades geográficas o espaciales (geometría, topología, identificadores, datos temáticos), las ventajas de este método de almacenamiento de entidades geográficas son, la posibilidad de usar un lenguaje de consulta*

estructurada (SQL- Structured Query Language), para hacer consultas y análisis sobre mapas vectoriales, adema de mayor integración, en una sola herramienta, de todas las funciones para trabajar con información vectorial”.

Olaya, (2014) plantea algunas ventajas en relación con la estructuración de las bases de datos, como son:

- *“Mayor disponibilidad: Se facilita el acceso a los datos desde contextos, aplicaciones y medios distintos, haciéndolos útiles para un mayor número de usuarios*
- *Menor redundancia: Un mismo dato no se encuentra almacenado en múltiples ficheros o con múltiples esquemas distintos, sino en una única instancia en la base de datos. Esto redunda en menor volumen de datos y mayor rapidez de acceso.*
- *Mayor facilidad y sencillez de acceso: El usuario de la base de datos se debe preocupar únicamente de usar los datos, disponiendo para ello de las herramientas adecuadas y de una estructura sólida sobre la que apoyarse.*
- *Mayor eficiencia. Facilitando el acceso a los datos y haciendo más sencilla su explotación, la obtención de resultados es más eficiente”.*

5 METODOLOGIA

Con el propósito de desarrollar los objetivos de la práctica profesional, se aplicó una metodología estructurada en tres fases (Figura 1), teniendo como insumo las fotografías aéreas y los límites prediales suministrados por la Fundación Ecohabitats. La primera de ellas consiste en el post-procesamiento de las imágenes adquiridas con dron (UAV) de tal manera que puedan ser utilizadas en la producción cartográfica. La segunda fase corresponde a la edición y producción cartográfica a partir de métodos para clasificación, estructuración y codificación de cada tipo de cobertura de la tierra. Finalmente, la tercera fase consiste en la estructuración de la información en una base de datos geográfica.

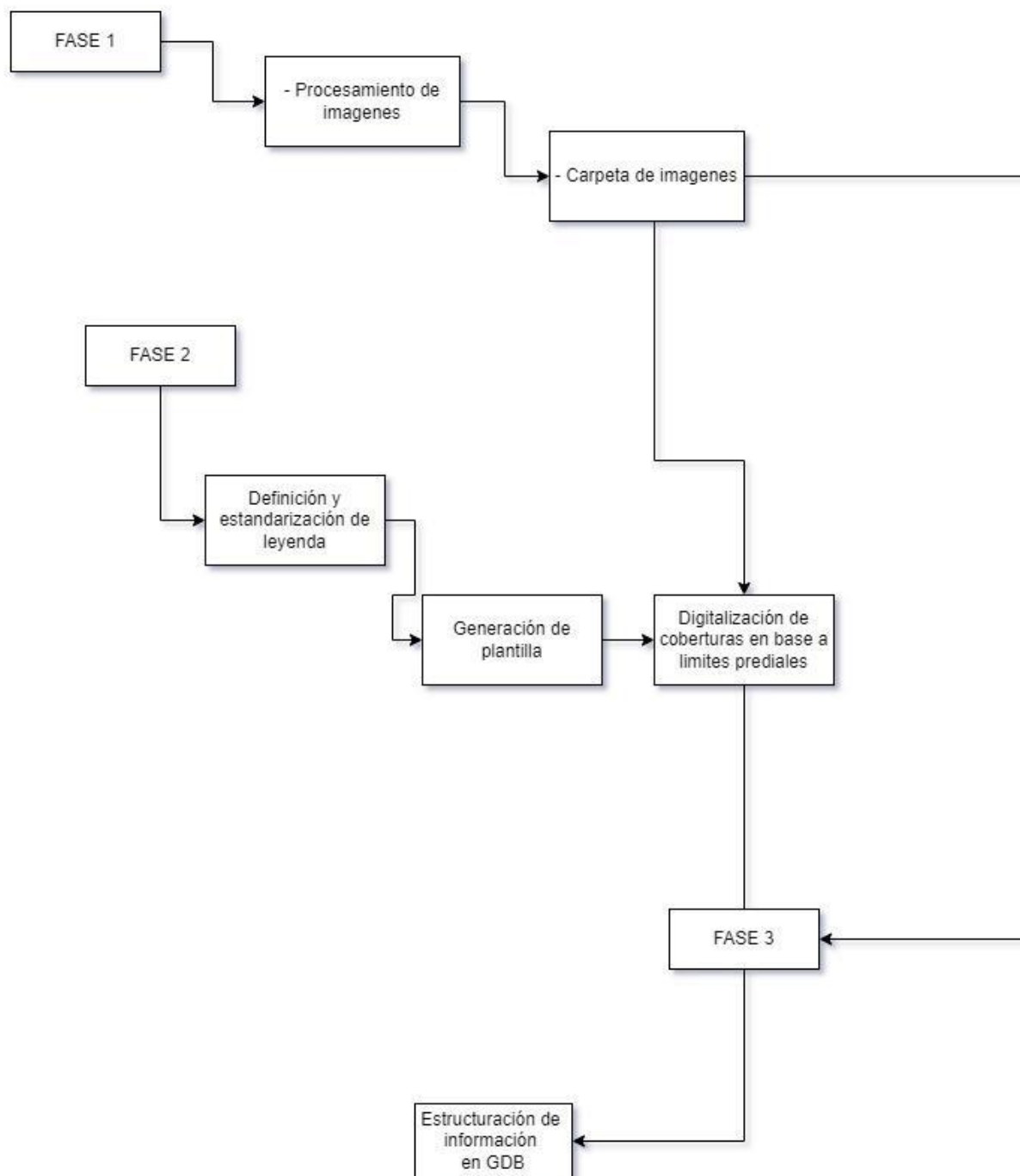


Figura 1. Fases para el procesamiento de imágenes, generación cartográfica y estructuración de la geodatabase.
Fuente: Elaboración propia

El dron utilizado por la Fundación Ecohabitats para la obtención de las imágenes fue un cuadricóptero DJI Mavic Pro, con cámara de sensor 1/2.3" (CMOS), 12,35 mega píxeles y lente focal 78,8°, formato 26 mm

(equivalente a 35 mm), apertura f/2,2, distorsión <1,5%. Enfoque de 0,5 m a ∞ , tamaño de imagen de 4000x3000 píxeles. Por su parte, el plan de vuelo, el dron y los parámetros de calibración del programa para el post-procesamiento del dron (PIX4Mapper) presentaban las siguientes coordenadas:

- Proyección: UTM
- Datum: WGS84
- Zona de Referencia: 18 Norte

Las características del plan de vuelo se presentan en la tabla 2 y las especificaciones de las imágenes entregadas por la Fundación Ecohabitats en la tabla 3.

Tabla 2. Características del plan de vuelo realizado por la Fundación Ecohabitats.

CARACTERÍSTICA	VALOR
Número de vuelos	6
Tiempo estimado x vuelo	22 minutos
Cobertura total del suelo	360 ha
Cobertura de una sola foto	1,99 ha
Número de fotos	1408

Tabla 3. Propiedades de imágenes capturadas por el vehículo aéreo no tripulado (UAV).

Propiedades de imagen	
Ítem	Descripción
Dimensiones	5472 x 3648
Ancho	5472 píxeles
Alto	3648 píxeles
Resolución Horizontal	72 ppp
Resolución Vertical	74 ppp
Profundidad en bits	24
Unidad de resolución	2
Representación del color	sRGB

5.1 Fase 1: Post- procesamiento

Con el propósito de dar respuesta al objetivo específico “conocer e implementar técnicas de

procesamiento de imágenes tomadas a través de un vehículo aéreo no tripulado (UAV)” en la zona de estudio a partir de los insumos entregados por la Fundación Ecohabitats, se realizó el post-procesamiento de las imágenes aéreas para la obtención de la ortofoto con el software fotogramétrico PIX4Dmapper (Figura 2), utilizando la versión de licenciamiento gratuito disponible por 15 días, la cual fue descargado desde su página web oficial¹. Este software permitió organizar la información en un proyecto para facilitar las diferentes etapas del procesamiento para la obtención de la ortofoto.

¹ <https://www.PIX4D.com/es/guia-de-las-soluciones-de-PIX4D>

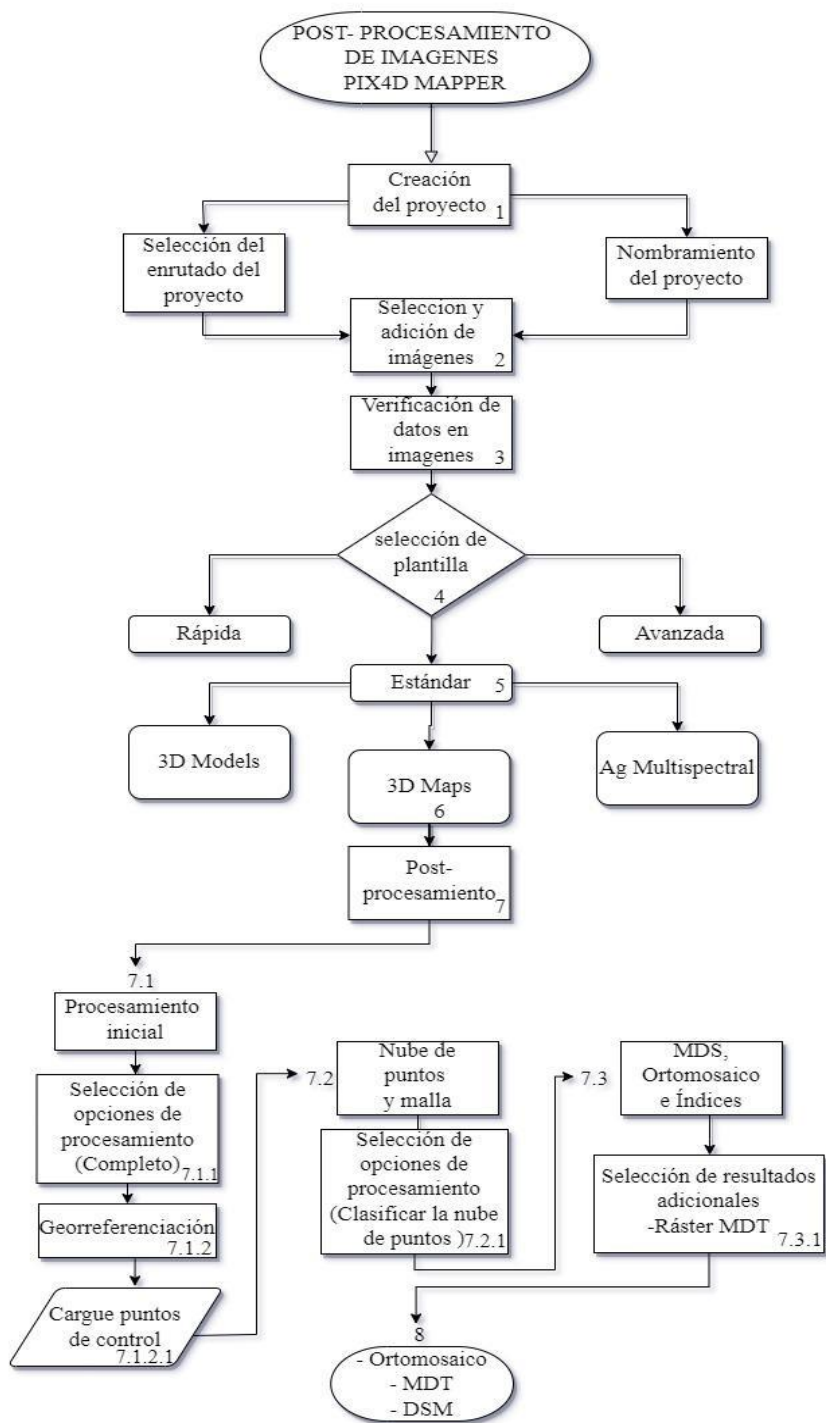


Figura 2 Procesamiento imágenes PIX4D Mapper.
Fuente: Elaboración propia

A continuación, se explica cada uno de los pasos seguidos para el post-procesamiento:

- **Creación del proyecto (1):** en este paso se asignó un enrutado específico para la localización del proyecto y se determina su nombre (Ilustración 2).

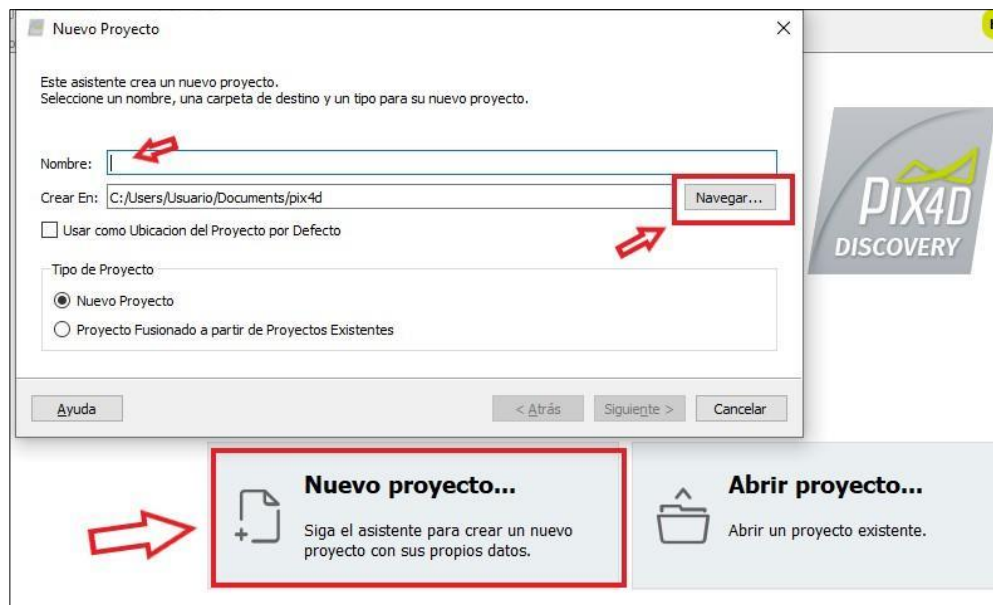


Ilustración 2. Creación del proyecto PIX4D Mapper.

- **Selección y adición de imágenes (2):** para este paso, se seleccionaron y se adicionaron las imágenes aéreas para su procesamiento (Ilustración 3).

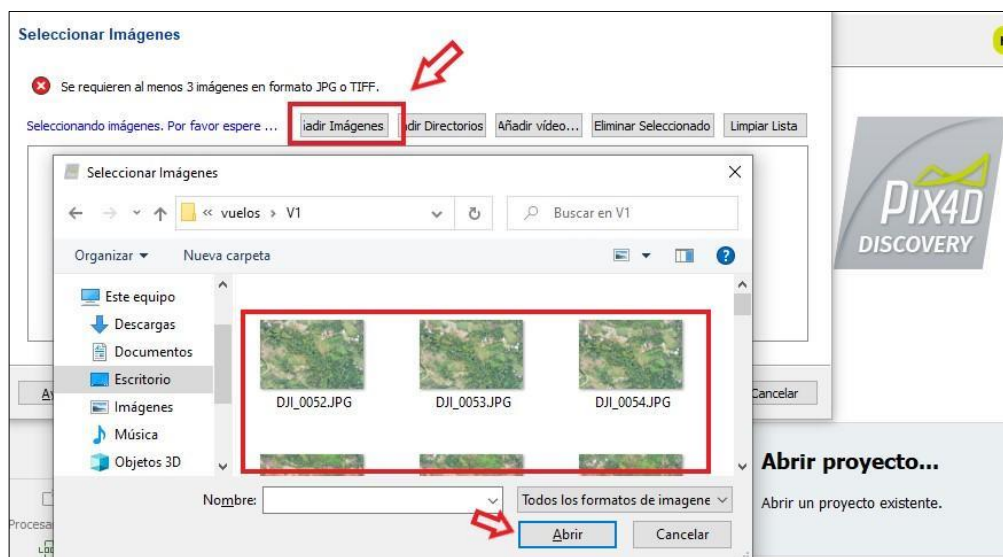


Ilustración 3. Selección y adición de imágenes (PIX4D Mapper).

- **Verificación de datos en imágenes (3):** se verificó y revisó que las imágenes tuvieran la información de latitud, longitud, altitud, orientación e inclinación, éstas dos últimas

identificadas por el software a partir de la información del tipo de cámara del UAV (Ilustración 4).

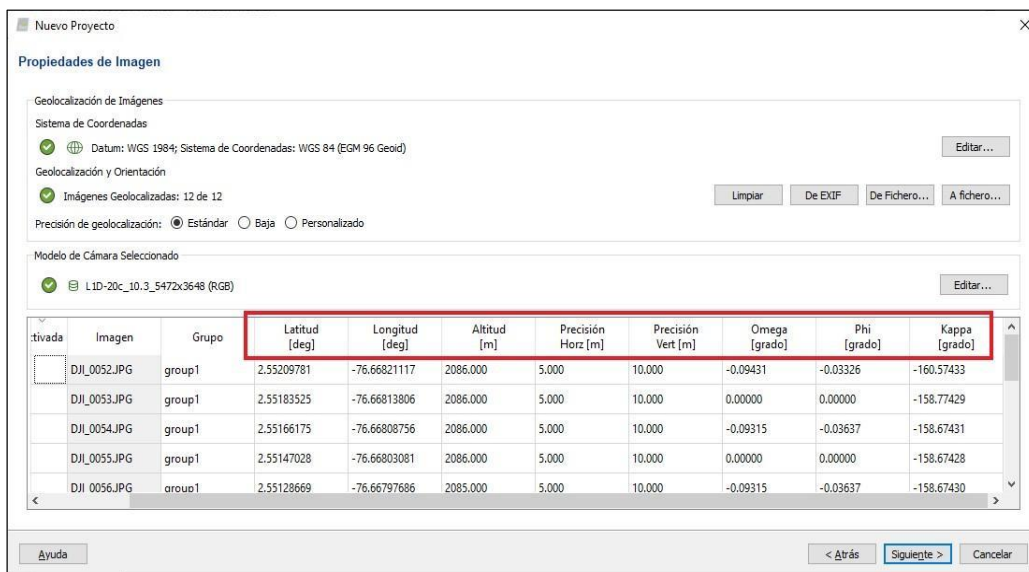


Ilustración 4. Cuadro imágenes y datos en PIX4D Mapper.

- **Selección de plantilla** (4, 5 y 6): una vez verificados los datos de las imágenes correspondiendo a fotos de alta resolución, se seleccionó la plantilla estándar-3D Maps, recomendada para elaboración de ortofotos de buena calidad. (Ilustración 5).

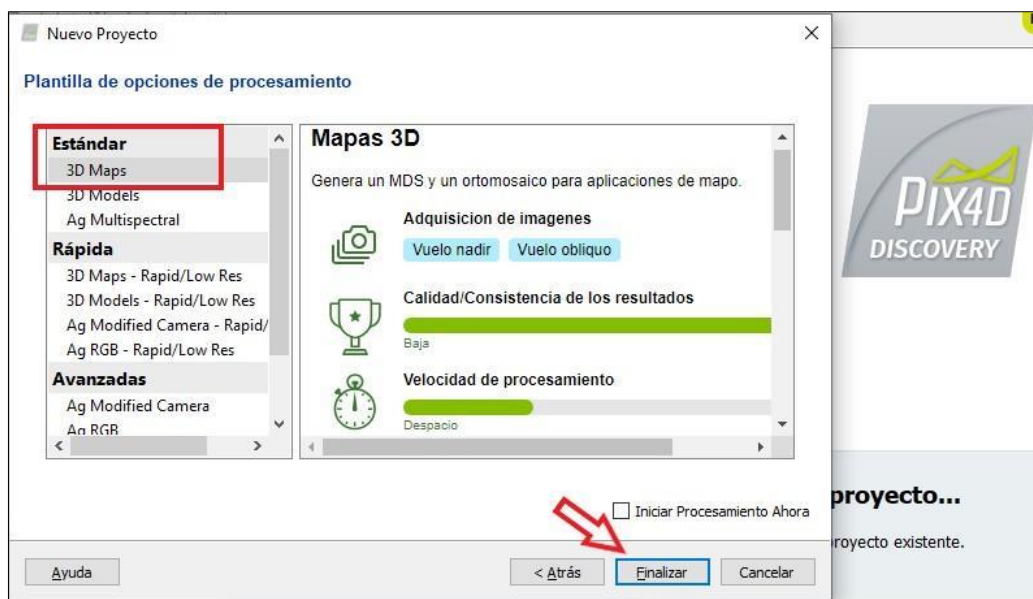


Ilustración 5. Plantilla de procesamiento software PIX4D Mapper.

- **Post Procesamiento** (7): en esta fase se desarrollaron tres pasos: el procesamiento

inicial, la generación de la nube de puntos y malla y la obtención del Modelo Digital de Superficie (MDS), ortomosaico e índices (Ilustración 7).



Ilustración 6. Fases de procesamiento en PIX4D Mapper.

- **Procesamiento inicial (7.1):** en este paso se escogió como opción de procesamiento una escala completa (7.1.1.) para generar de manera automática la nube de puntos previa (Ilustración 7).

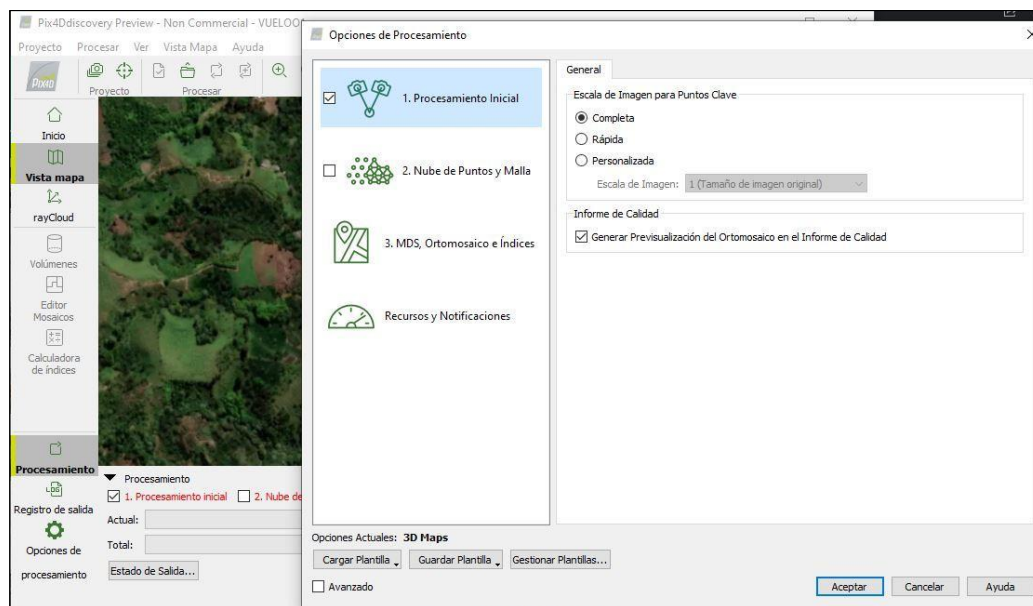


Ilustración 7. Procesamiento inicial PIX4D Mapper.

- **Georreferenciación (7.1.2.):** consistió en la obtención y cargue de puntos de control al software fotogramétrico PIX4D Mapper. Este proceso se realizó bajo los siguientes pasos:

- **Obtención de puntos de control:** Los puntos de control fueron generados a partir de una ortofoto rectificada del año 2014 de la zona de estudio entregada por la Fundación Ecohabitats. Se identificaron ocho (8) puntos (Tabla 4) confiables relacionados con hitos de infraestructura (p.e. techos), los cuales aparecen tanto en la ortofoto como en las imágenes a ortorectificar (Ilustración 8). Estos puntos fueron digitalizados en el programa ArcGIS 10.8 (licencia de la Fundación Ecohabitats), creando los atributos de latitud (Y), longitud (X) y altitud (Z) y manteniendo el mismo sistema de proyección definido para el proyecto.

Tabla 4. Puntos de control

Id	Longitud (X)	Latitud (Y)	Altitud (Z)
1	-76,652694	2,544905	1720
2	-76,65545	2,549753	1716
3	-76,658944	2,557843	1702
4	-76,664999	2,557306	1754
5	-76,659844	2,548532	1786
6	-76,669685	2,554479	1746
7	-76,666017	2,549507	1834
8	-76,663958	2,544535	1863

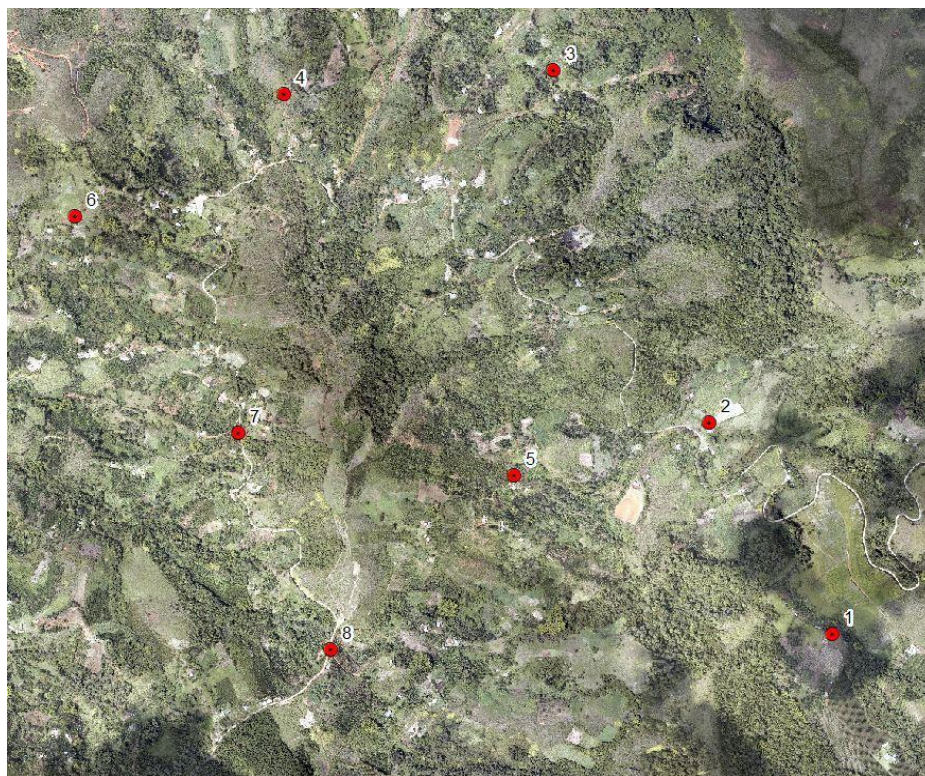


Ilustración 8. Localización de puntos de control en el área de estudio.

Para asignar los datos de altitud (z) de cada punto, se utilizó un modelo digital de terreno de alta precisión con 12,5 metros de resolución, generado a partir de información del Radar de Apertura Sintética (SAR, *Synthetic Aperture Radar*) del satélite de observación japonés ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*) de la Agencia Japonesa de Exploración Aeroespacial. La información, que es de licencia libre, se descargó a través del portal ASF VERTEX de la NASA².

Este modelo fue desplegado en el software Global Mapper³ (Ilustración 9) adicionando la capa generada de puntos de control (Tabla 4). A continuación, se generó la altitud de cada punto, la cual fue extraída de manera automática por el software Global Mapper al momento de exportar los datos (Extensión csv), mediante la selección de la opción, “generación de características 3d” a partir de los datos de elevación del modelo.

² <https://search.asf.alaska.edu/#/>

³ Versión de prueba descargada con autenticación de lortega@fundacionecohabitats.org

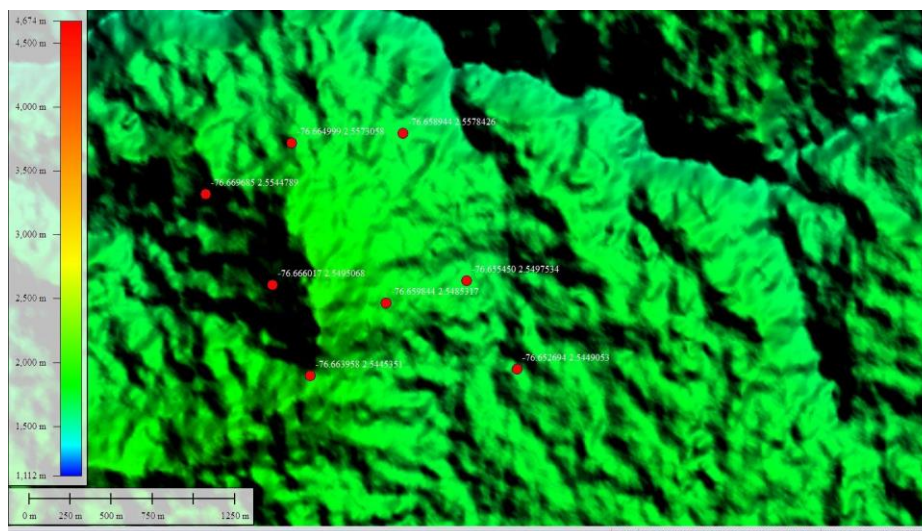


Ilustración 9. Interfaz de Global Mapper, (puntos de control sobre modelo digital de terreno)

- **Cargue de puntos de control:** los puntos de control en formato csv fueron importados con la herramienta GCP/ MPT Manager de PIX4D Mapper (Ilustración 10) y su calidad supervisada con la opción “rayCloud Editor” (Ilustración 11).

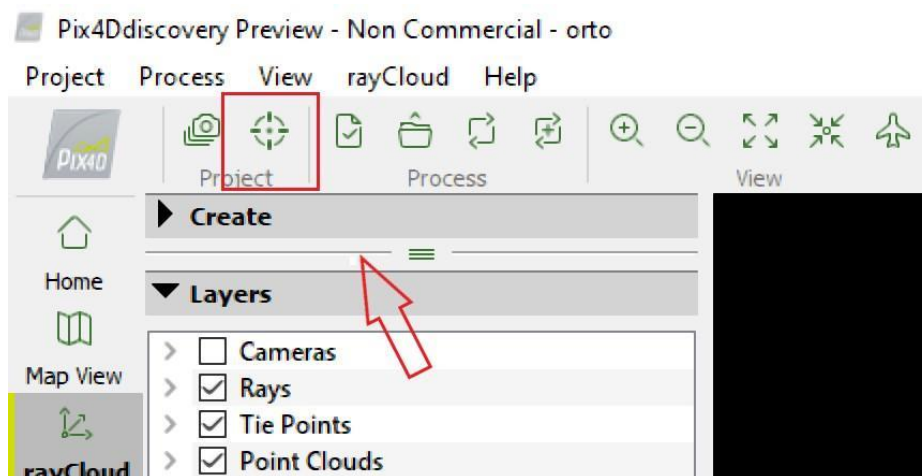


Ilustración 10. Herramienta "Gestor GCP/MTP" para agregar puntos de control (PIX4D Mapper).

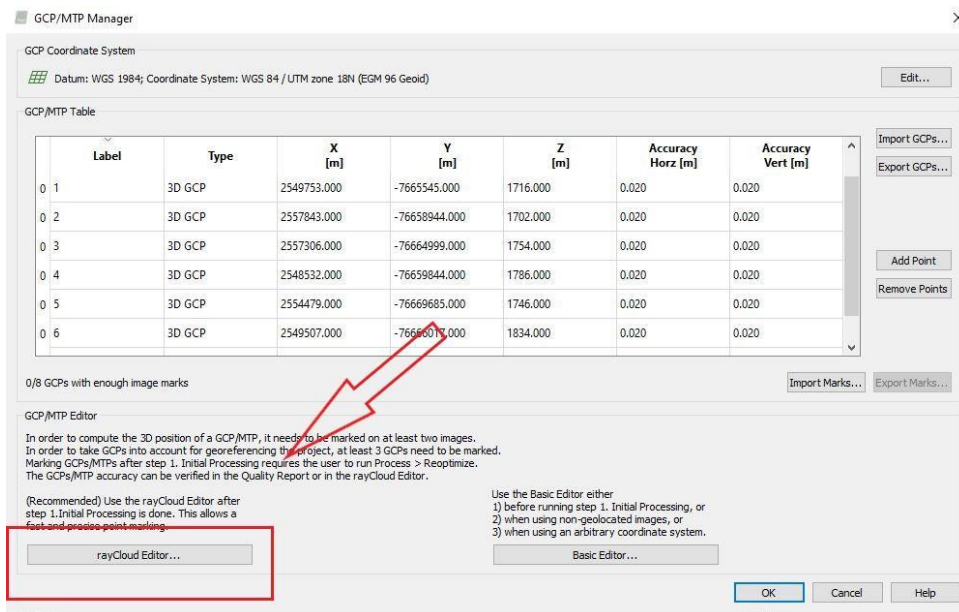


Ilustración 11. Visualización de opción "rayCloud Editor" y "GCPs cargados (PIX4D Mapper)".

A continuación, se marca cada punto de control como mínimo en tres de las fotografías desplegadas de manera automática por el software PIX4D Mapper (Ilustración 12).

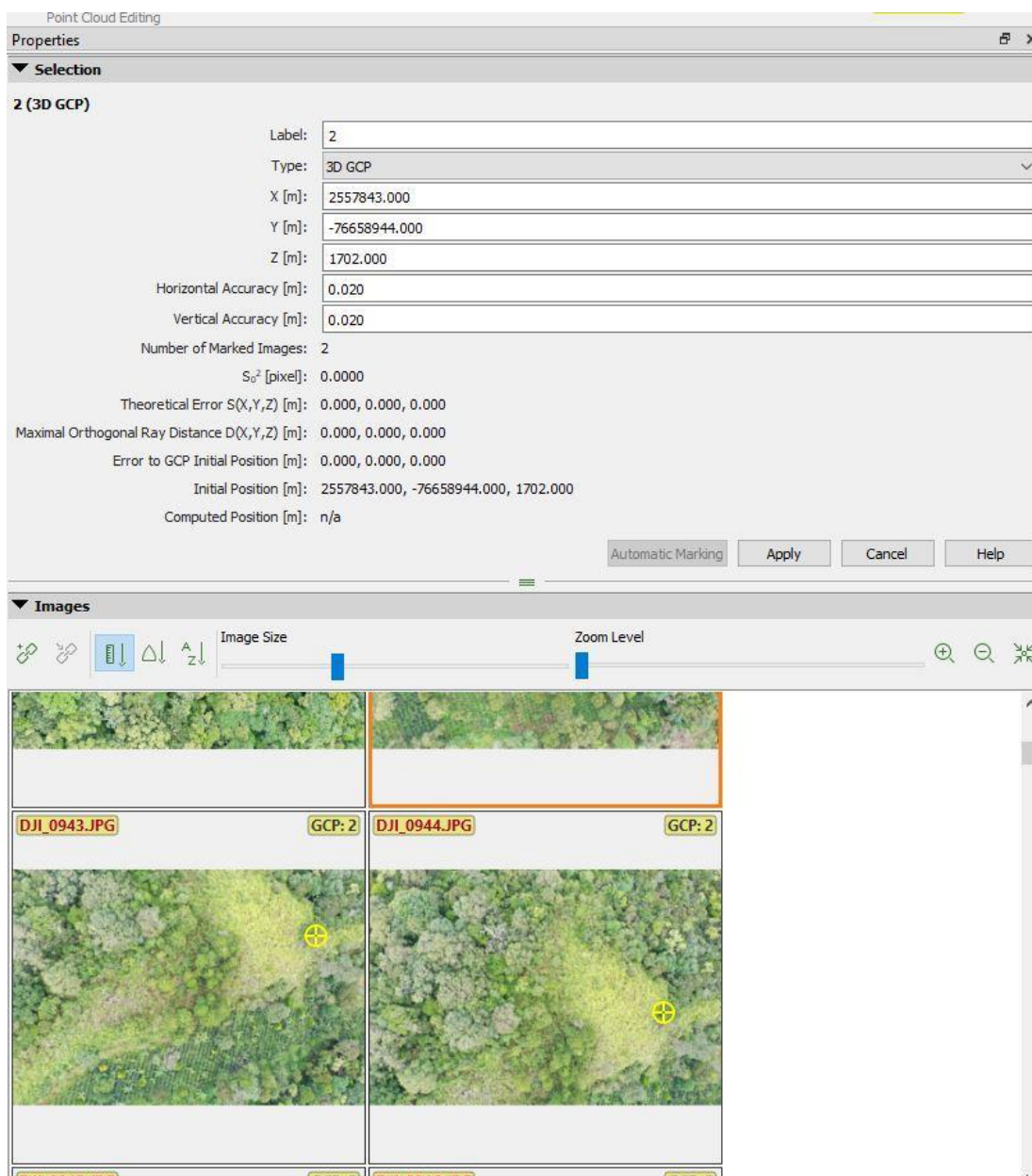


Ilustración 12. Ubicación de puntos de control (PIX4D Mapper).

Una vez, marcados los ocho puntos de control en las diferentes fotos, se selecciona la reoptimización (Ilustración 13). Finalmente, se debe tener en cuenta el reporte de control de calidad obtenido en este paso.

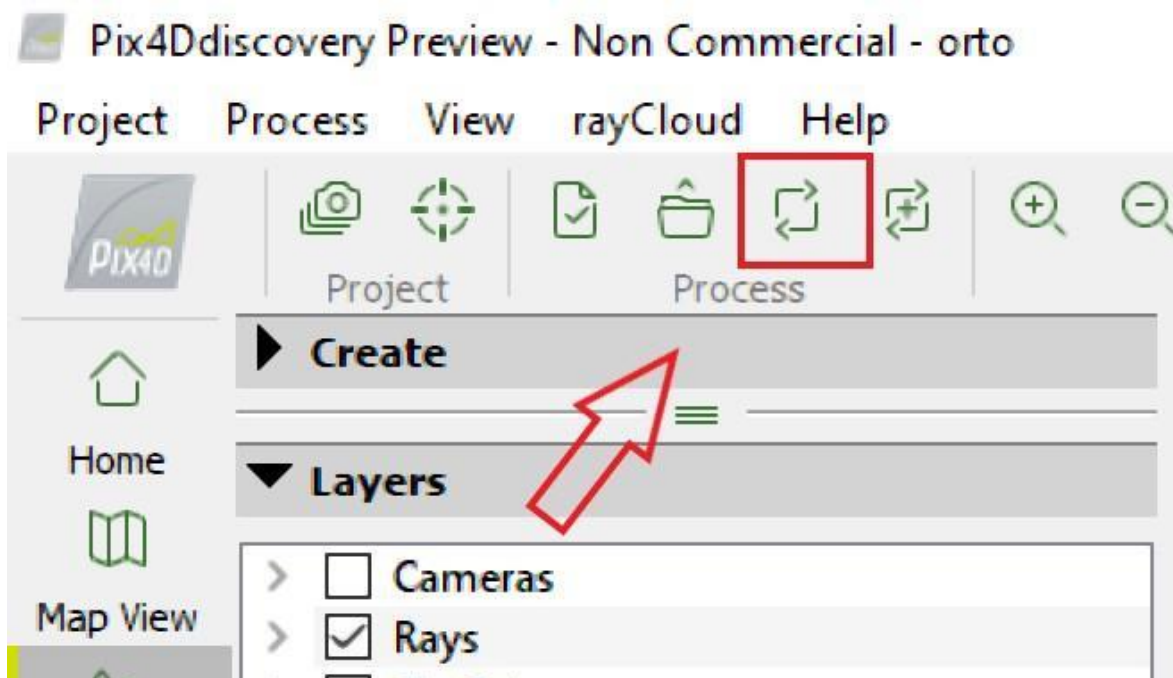


Ilustración 13. Opción "reoptimize" en PIX4D Mapper.

- **Generación de la nube de puntos y malla (7.2):** con la finalidad de obtener un Modelo Digital de Terreno de alta calidad, a partir de la nube de puntos previa y los puntos de control, se genera de manera automática la nube de puntos densa y la malla, seleccionando las características: densidad de puntos optima y las opciones que por defecto identifica el software (Ilustración 14 y 15).

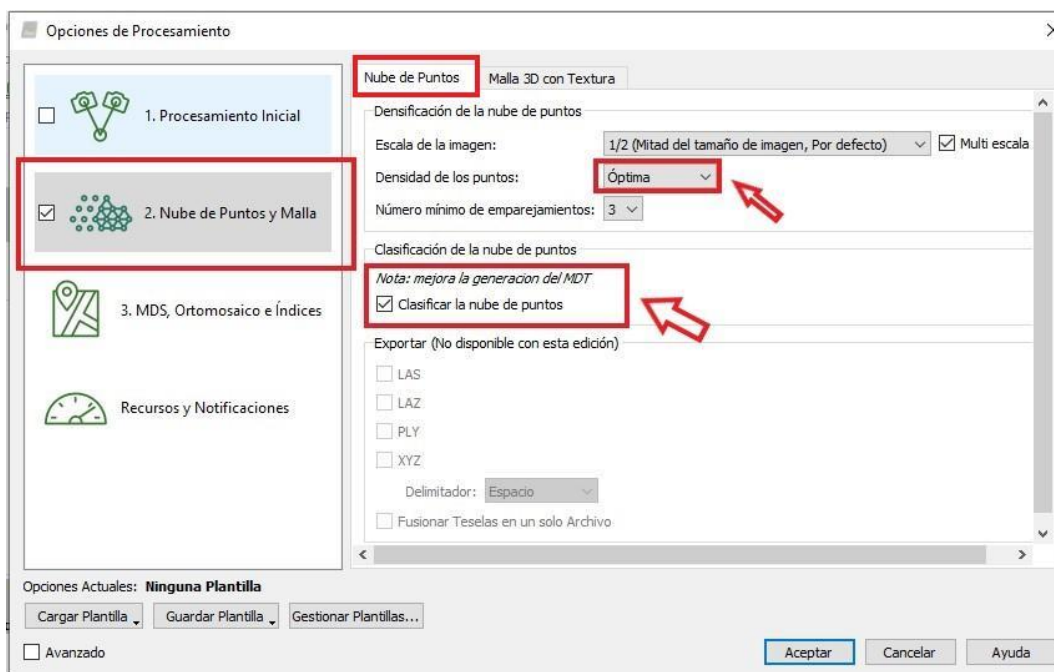
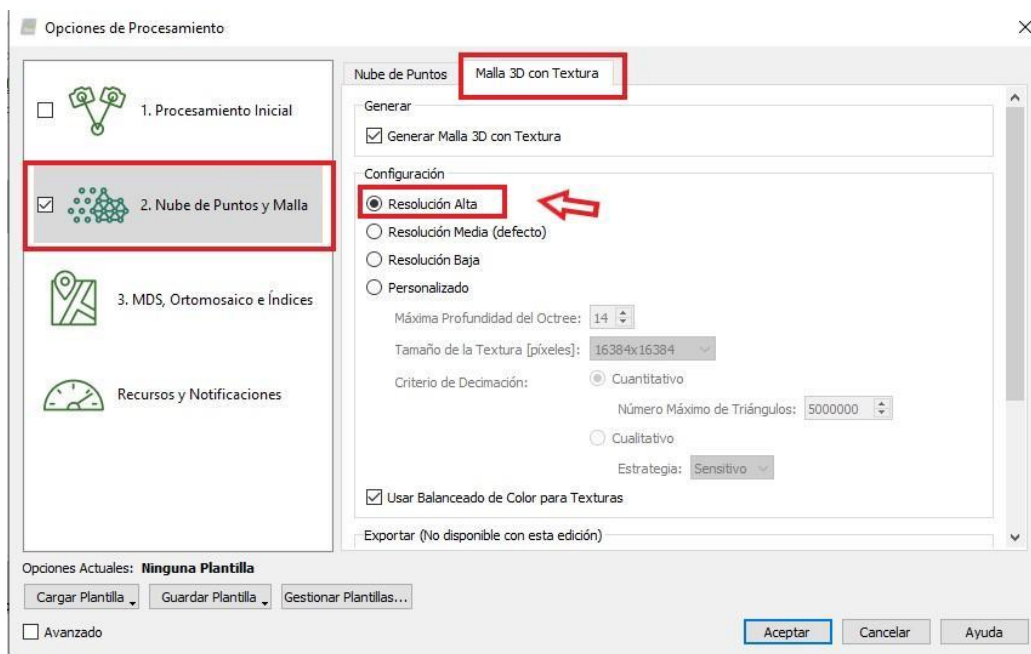


Ilustración 14. Nube de puntos (PIX4D Mapper).

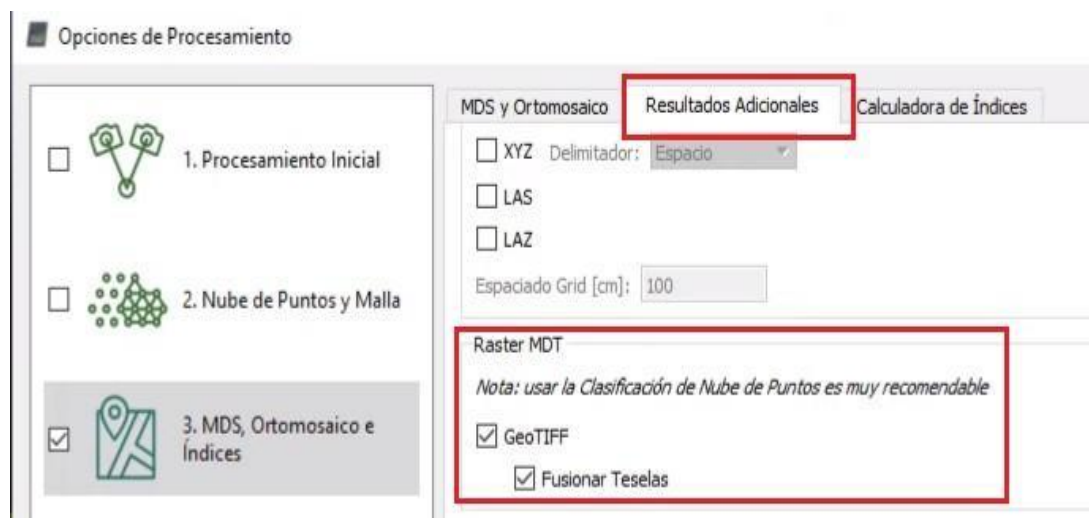


- **Obtención del Modelo Digital de Superficie (MDS), ortomosaico e índices (7.3):** en este paso solo se seleccionaron dos ajustes adicionales (Ilustración 16), las demás opciones se

dejaron por defecto.

5.2. Fase 2: Edición y producción cartográfica

Para dar respuesta al objetivo específico relacionado con la clasificación de cobertura de la



tierra de 20 predios seleccionados por la Fundación Ecohabitats en la vereda San Antonio (Popayán-Cauca), se utilizó la metodología Corine Land Cover (CLC) para Colombia realizando una adaptación a la escala de análisis (1:300 hasta 1:2.400), definiendo los atributos para cada nivel de cobertura, identificando los patrones de cobertura como base para la interpretación visual y estableciendo la leyenda RGB. Lo anterior permitió la generación de los mapas de cobertura de la tierra de los 20 predios.

5.2.1. Clasificación de coberturas de la tierra

En razón a la alta resolución de la ortofoto producida (escala 1:300 hasta 1:2.400) fue necesario, a partir de los niveles de clasificación de cobertura de la tierra de CLC, generar nuevas categorías (Nivel 5) que se ajustan a la escala (Tabla 5).

Tabla 5. Leyenda Corine Land Cover adaptada al nivel de detalle de la zona de estudio.

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	
1, TERRIT RIOS ARTIFICI ALIZAD OS	1.1, Zonas urbanizadas	1.1.3, Construcciones rurales	1.1.3.1, Vivienda rural dispersa		
			1.1.3.2, Infraestructura productiva		
	1.2, Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	1.2.2, Red vial y terrenos asociados	1.2.2.3, Vía pavimentada		
			1.2.2.4, Vía sin pavimentar		
2, TERRIT RIOS AGRÍCO LAS	2.2, Cultivos permanentes	2.2.1, Cultivos permanentes herbáceos	2.2.1.2, Caña		
			2.2.1.7, Fique		
		2.2.2, Cultivos permanentes arbustivos	2.2.2.2, Café		
			2.2.4, Cultivos agroforestales	2.2.4.2, Cultivos y árboles plantados	2.2.4.2.1, Café asociado con árboles
		2.2.4.3, Cultivos y arbustos plantados		2.2.4.3.1, Café asociado con yuca	
		2.2.4.4, Cultivos y hierbas plantadas	2.2.4.4.1, Café asociado con plátano		
	2.3, Pastos	2.2.5, Cultivos confinados	2.2.5.1, Hortalizas y verduras con cubierta		
			2.3.1, Pastos limpios		
			2.3.2, Pastos arbolados		
			2.3.3, Pastos enmalezados		
3, BOSQUE SY AREAS SEMINA TURALE S	3.1, Bosques	3.1.3, Bosque fragmentado	3.1.3.2, Bosque fragmentado con vegetación secundaria		
			3.1.4, Bosque de galería y ripario	3.1.4.1, Guadua	
		3.1.4.2, Bosque de galería arbolado			
		3.1.4.3, Bosque de galería con arbustal y herbazal			
	3.2, Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	3.2.1, Herbazal	3.2.1.1, Herbazal denso	3.2.1.1.3, Herbazal denso arbolado	
				3.2.1.1.4, Herbazal denso con arbustos	
		3.2.2, Arbustal	3.2.1.2, Herbazal abierto		
			3.2.2.1, Arbustal denso		
	3.3, Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	3.3.3, Tierras desnudas y degradadas	3.2.2.2, Arbustal abierto		
			3.3.3.1, Áreas erosionadas		
3.3.4, Zonas quemadas		3.3.3.2, Remoción en masa			
		3.3.3.3, Tierra desnuda			
4, ÁREAS HÚMEDAS	4.1, Áreas húmedas continentales	4.1.1, Humedales y Zonas Pantanosas	3.3.4.1, Zonas quemadas naturales		
			3.3.4.2, Zonas quemadas antrópicas		
5, SUPERFI CIES DE AGUA	5.1, Aguas continentales	5.1.1, Ríos, (quebradas y rondas)			
			5.1.2, Ciénagas naturales		
		5.1.4, Cuerpos de agua artificiales	5.1.4.1, Estanques		

Fuente: adaptada a partir de la Leyenda Corina Land Cover para Colombia (2018).

5.2.2. Definición de atributos

Con el propósito de estructurar la información cartográfica en un sistema de información geográfico (SIG), se definieron los campos de atributos de las capas a generar (Mapas de cobertura de la tierra) (Tabla 6).




Tabla 6. Atributos de los mapas de cobertura de la tierra de los predios de la vereda San Antonio (Popayán-Cauca).



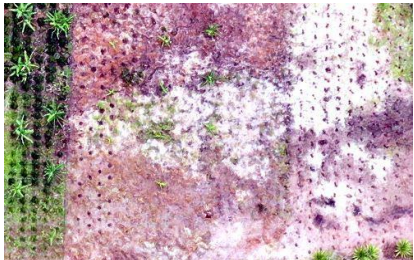


Campo	Tipo de dato	Tamaño	Descripción	Ejemplo
Área m ²	Double	-	Área en m ² de cada polígono	2344
Nivel 1	Texto	70	Código separado por una coma más el nombre de la cobertura en su primer nivel de clasificación	2, TERRITORIOS AGRÍCOLAS
Nivel 2	Texto	70	Código separado por puntos y una coma más el nombre de la cobertura en su segundo nivel de clasificación	2.2, Cultivos permanentes
Nivel 3	Texto	70	Código separado por puntos y una coma más el nombre de la cobertura en su tercer nivel de clasificación	2.2.4, Cultivos agroforestales
Nivel 4	Texto	70	Código separado por puntos y una coma más el nombre de la cobertura en su cuarto nivel de clasificación	2.2.4.2, Cultivos y árboles plantados
Nivel 5	Texto	70	Código separado por puntos y una coma más el nombre de la cobertura en su quinto nivel de clasificación	2.2.4.2.1, Café asociado con árboles
Nivel Max	Texto	70	Código separado por puntos y una coma más el nombre de la cobertura en su nivel más alto de clasificación	2.2.4.2.1, Café asociado con árboles
Cobertura	Texto	70	Nombre de la cobertura sin puntos ni código de clasificación	Café asociado con árboles
Código	Texto	10	Código de la cobertura en su nivel más alto sin puntos ni coma	22421
Grupo Uso	Texto	20	Se especifica el grupo en el uso que se le da a la cobertura	Agrícola

5.2.3. Patrones de cobertura de la tierra






La clasificación de los diferentes tipos de cobertura de la tierra para los 20 predios se realizó mediante una interpretación visual con base en imágenes patrón correspondientes con la leyenda CLC estructurada. En la tabla 7 se presenta la imagen patrón, el nombre de la cobertura y su descripción para cada tipo de cobertura.






Tabla 7. Diccionario de coberturas.


IMAGEN PATRÓN	COBERTURA	DESCRIPCIÓN
1. TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS (1.1.3. Construcciones rurales- 1.2.2 Red vial y terrenos asociados)		
	Vivienda rural dispersa- (1.1.3.1.)	Espacio conformado con construcciones de uso doméstico-agrícola, donde el campesino habita y desarrolla sus funciones agrícolas, esta área se identifica por la asociación de las construcciones con suelo desnudo o pastos limpios que se denomina como "patio" y por su cercanía a las redes viales, además se encuentran otras construcciones que son complementarias al área domésticas, como los son; baños, cocinas, bodegas, parabólicos y beneficiaderos.
	Infraestructura productiva (1.1.3.2)	Espacio conformado por aquellas infraestructuras que se encuentran fuera del área de influencia de la vivienda rural dispersa y se encuentran inmersas en áreas de cultivos o espacios naturales, en la infraestructura productiva se pueden encontrar: ramadas, parabólicos, chozas, composteras entre otras.
	Vía sin pavimentar (1.2.2.4)	Infraestructura de comunicación, sin cubrimiento de asfalto o cemento, usada para tránsito peatonal y vehicular rural o urbano-rural. Las vías cuentan con un ancho entre 3 y 5 metros.

2. TERRITORIOS AGRÍCOLAS (2.2, Cultivos permanentes-2.3, Pastos)		
	<p>Caña (2.2.1.2)</p>	<p>Espacio conformado por tierra cubierta de caña panelera, planta gramínea tropical, usada para la extracción de jarabe o "guarapo" para la fabricación de panela, cuanta con un tallo de 2 a 4 metros de alto con 5 o 8 cm de diámetro, dependiendo de la especie; su primer corte se realiza entre los 12 y 14 meses, los posteriores se realiza entre 11 y 13 meses por un periodo 4 años. (IDEAM,2008)</p>
<p>1</p> 	<p>2.2.2.2, Café</p>	<p>Espacio cubierto por cultivo de café, es una especie arbustiva, con una altura promedio entre 1 a 4 metros, dependiendo de la especie, tiempo de siembra y practica de siembra.</p> <p>la cobertura se puede visualizar de 2 formas: la primera como se evidencia en la imagen 1 es una cobertura de café con una edad superior al año, se evidencia gran cobertura del suelo por las ramas de la especie, en la imagen 2 se evidencia poca cobertura con una edad entre los 2 a 6 meses de siembra o de zoca, generalmente se reconoce por la distancia y patrón de siembra que va entre 1 x 1,,20 metros, diferenciándolo del suelo desnudo con poca vegetación, el cual no cuenta con patrones de siembra identificables.</p>
<p>2</p> 		
	<p>2.2.4.2.1, Café asociado con árboles</p>	<p>Espacio cubierto por la especie arbustiva del cultivo de café asociado con árboles de mayor porte, la asociación de árboles con el cultivo se reconoce como una práctica de siembra (café con sombra o café sombrío), que tiene la finalidad de evitar que el cultivo reciba directamente los rayos del sol.</p>
	<p>2.2.4.4.1, Café asociado con plátano</p>	<p>Espacio cubierto por la especie arbustiva del cultivo de café asociado con plátano, se considera asociación de café y plátano cuando él hay una distribución del plátano en más del 40% sobre el área del cultivo principal (café), esta práctica se realiza con la finalidad de optimizar el uso del terreno y aportar sombra al cultivo de café.</p>

<p>1</p>  <p>2</p> 	<p>2.2.5.1, Hortalizas y verduras con cubierta</p>	<p>Pequeños espacios (imagen 1) cubierto por infraestructura (plástico), donde se cultiva hortalizas y verduras confinadas bajo el plástico, principalmente se logran encontrar cerca de la vivienda, con un área no mayor a los 45 m², en la imagen 2 se evidencia otro tipo de infraestructura, que corresponde a infraestructura agrícola, se diferencia por su forma alargada.</p>
<p>2. TERRITORIOS AGRÍCOLAS- (2.3. Pastos)</p>		
	<p>Pastos limpios (2.3.1.)</p>	<p>Espacio cubierto por pasto limpio con un 75% mayor de cubrimiento, su principal uso se destina a la ganadería o espacios verdes alrededor de las viviendas (uso ornamental). (IDEAM,2008)</p>
	<p>Pastos enmalezados (2.3.3.)</p>	<p>Espacios cubiertos por pastos combinados con algunas malezas, estos pastos son áreas con poco manejo y uso, denominándolos rastrojos o pastos enrastrojados.</p>
<p>3. BOSQUES Y AREAS SEMINATURALES (3.1, Bosques-3.2, Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva- 3.3, Áreas abiertas, sin o con poca vegetación)</p>		
	<p>3.1.3.2, Bosque fragmentado con vegetación secundaria</p>	<p>Áreas cubiertas por bosques naturales que han sufrido cambios por la intervención antrópica, reduciendo su área principalmente con cultivos e infraestructuras.</p>
<p>3. BOSQUES Y AREAS SEMINATURALES (3.1.4, Bosque de galería y ripario)</p>		
	<p>3.1.4.1, Guadua</p>	<p>Espacio cubierto por la guadua es una planta familia del bambú, pueden alcanzar una altura de 10 metros, son áreas naturales y escasamente plantadas, implementadas para la protección de fuentes hídricas y obtención de materia prima.</p>

	<p>3.1.4.3, Bosque de galería con arbustal y herbazal</p>	<p>Espacio cubierto por vegetación Arborea, arbustiva y hierbas ubicadas en la margen de fuentes hídricas, bordeando dicho margen de estos cursos naturales de agua.</p>
<p>3. BOSQUES Y AREAS SEMINATURALES (3.2.1, Herbazal)</p>		
	<p>3.2.1.1.3, Herbazal denso arbolado</p>	<p>Espacios cubierto y dominado por hierbas con presencia de especies arbóreas dispersos en el área, ocupando de 2 al 30% del área total. En algunos predios estas áreas son espacios agrícolas que han dejado sin uso.</p>
	<p>3.2.1.1.4, Herbazal denso con arbustos</p>	<p>Espacios cubierto y dominado por hierbas con presencia de especies arbustivas dispersos en el área, ocupando de 2% al 30% del área total. En algunos predios estas áreas no tienen uso y son denominados rastrojos.</p>
	<p>3.2.1.1.5, Helechal</p>	<p>Área cubierta por helecho (<i>Pteridium aquilinum</i>) o conocido en la zona como "helecho marranero", es una especie perenne que puede cubrir grandes áreas, estas áreas no presentan ningún uso agrícola.</p>
	<p>3.2.1.2, Herbazal abierto</p>	<p>Área cubierta por elementos herbáceos desarrollados de forma natural con un cubrimiento del 30% al 70% de ocupación.</p>

3. BOSQUES Y AREAS SEMINATURALES (3.2.2, Arbustal)		
	3.2.2.2, Arbustal abierto	Especio conformado por especies arbustivas desarrollados de forma natural con una cubierta del 30% al 70% del área total.
3. BOSQUES Y AREAS SEMINATURALES (3.3.3, Tierras desnudas y degradadas)		
	3.3.3.1, Áreas erosionadas	Espacios con poca a cubierta vegetal, proveniente de diferentes procesos erosivos tanto antrópicos como naturales, principalmente se identifica en pastos utilizados para el uso ganadero, que a causa del sobre uso y mal cuidado presenta estas afectaciones, también se reconocen como potreros enrastrados o rastrojos.
	3.3.3.2, Remoción en masa	Área desnuda o semi desnuda, en donde se evidencia un desplazamiento del suelo y vegetación a favor de la pendiente, generada a partir la fuerza de gravedad y demás factores naturales.
	3.3.3.3, Tierra desnuda	Superficie de escasa cobertura de la tierra causada por factores erosivos de influencia antrópica o natural. (IDEAM,2008)
5, SUPERFICIES DE AGUA (5.1, Aguas continentales-5.1.4, Cuerpos de agua artificiales)		
	5.1.2, Ciénagas naturales	Espacios con o sin cobertura de la tierra con presencia de pequeños depósitos de agua visibles que pueden estar conectados o asociados a ríos o pequeñas quebradas, son espacios lodosos y arenosos fragmentados.

	5.1.4.1, Estancos	Superficie de agua artificiales destinados a la acuicultura o reserva de agua, se reconocen por su simetría y uso de plásticos o cubiertas (polisombra), para su cuidado.
---	-------------------	---

Nota: Las imágenes expuestas como “imagen patrón” en este diccionario de coberturas, corresponden a recortes extraídos de la ortofoto resultante de la fase de post-procesamiento de imágenes tomadas por el vehículo aéreo no tripulado.

Algunas descripciones se basaron en la descripción realizada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales en el “Mapa de Cobertura de la Tierra Cuenca Magdalena-Cauca 2008”, las demás descripciones se realizaron por el autor.

5.2.4. Leyenda RGB

La leyenda Corine Land Cover para Colombia ha sido estructurada por niveles según las clases de cobertura de la tierra las cuales se les ha asignado un color con base en el código de colores RGB. Para las nuevas clases de coberturas definidas en los niveles 4 y 5, se siguió el patrón RGB buscando que el nuevo código correspondiera a la gama de colores del nivel (Tabla 8).

Tabla 8. Códigos y colores RGB adaptados a partir de Corine Land Cover.

Nivel 1	Cod RGB	Nivel 2	Cod RGB	Nivel 3	Cod RGB	Nivel 4	Cod RGB	Nivel 5
1, TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS	204-000-000	1.1, Zonas urbanizadas	255-000-000	1.1.3, Construcciones rurales	255-000-000	1.1.3.1, Vivienda rural dispersa		
					255-090-000	1.1.3.2, Infraestructura productiva		
	217-101-069	1.2, Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	217-101-069	1.2.2, Red vial y terrenos asociados	215-094-061	1.2.2.3, Vía pavimentada		
					213-083-047	1.2.2.4, Vía sin pavimentar		
2, TERRITORIOS	242-204-166	2.2, Cultivos permanentes	242-204-166	2.2.1, Cultivos permanent	239-198-158	2.2.1.2, Caña		

Nivel 1	Cod RGB	Nivel 2	Cod RGB	Nivel 3	Cod RGB	Nivel 4	Cod RGB	Nivel 5	
S AGRÍCOLAS				es herbáceos	245-217-189	2.2.1.7, Figue			
				242-166-077	2.2.2, Cultivos permanentes arbustivos	238-160-067	2.2.2.2, Café		
				204-144-010	2.2.4, Cultivos agroforestales	190-135-010	2.2.4.2, Cultivos y árboles plantados	190-135-010	2.2.4.2.1, Café asociado con árboles
						181-127-000	2.2.4.3, Cultivos y arbustos plantados	181-127-000	2.2.4.3.1, Café asociado con yuca
						181-127-020	2.2.4.4, Cultivos y hierbas plantadas	181-127-020	2.2.4.4.1, Café asociado con plátano
130-074-018	2.2.5, Cultivos confinados	130-074-018	2.2.5.1, Hortalizas y verduras con cubierta						
204-255-204	2.3, Pastos	204-255-204	2.3.1, Pastos limpios						
		158-255-158	2.3.2, Pastos arbolados						
		158-255-200	2.3.3, Pastos enmalezados						
3, BOSQUES Y ÁREAS SEMINTURBADES	071-143-000	3.1, Bosques	097-194-000	3.1.3, Bosque fragmentado	097-203-000	3.1.3.2, Bosque fragmentado con vegetación secundaria			
			112-224-000	3.1.4, Bosque de galería y ripario	112-224-000	3.1.4.1, Guadua			
					090-224-020	3.1.4.2, Bosque de galería arbolado			
					090-255-020	3.1.4.3, Bosque de galería con arbustal y herbazal			
					102-255-051	3.1.4.4, Bosque de galería mixto			
204-242-078	3.2, Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	204-242-078	3.2.1, Herbazal	204-242-078	3.2.1.1, Herbazal denso	205-244-081	3.2.1.1.3, Herbazal denso arbolado		
						206-246-084	3.2.1.1.4, Herbazal denso con arbustos		
						228-255-091	3.2.1.1.5, Helechal		

Nivel 1	Cod RGB	Nivel 2	Cod RGB	Nivel 3	Cod RGB	Nivel 4	Cod RGB	Nivel 5
					211-253-099	3.2.1.2, Herbazal abierto		
			172-219-015	3.2.2, Arbustal	172-219-015	3.2.2.1, Arbustal denso		
					172-226-015	3.2.2.2, Arbustal abierto		
	194-194-194	3.3, Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	158-158-158	3.3.3, Tierras desnudas y degradadas	158-158-158	3.3.3.1, Áreas erosionadas		
					200-200-200	3.3.3.2, Remoción en masa		
					220-220-220	3.3.3.3, Tierra desnuda		
			137-137-137	3.3.4, Zonas quemadas	137-137-137	3.3.4.1, Zonas quemadas naturales		
					110-110-110	3.3.4.2, Zonas quemadas antrópicas		
4, ÁREAS HÚMEDAS	166-166-255	4.1, Áreas húmedas continentales	166-166-255	4.1.1, Humedales y Zonas Pantanosas				
5, SUPERFICIES DE AGUA	000-000-248	5.1, Aguas continentales	000-000-248	5.1.1, Ríos, (quebradas y rondas)				
			000-128-255	5.1.2, Ciénagas naturales				
			000-206-242	5.1.4, Cuerpos de agua artificiales	000-192-232	5.1.4.1, Estanques		

Fuente: Adaptado de Leyenda Corine Land Cover para Colombia 2018

5.3 Fase 3: Estructuración

Con relación al objetivo específico de la pasantía relacionado con la estructuración de la información geoespacial y alfanumérica producida, se construyó una base de datos espacial (Geodatabase) en el software ArcMap, con sistema de coordenada WGS_1984, utilizando el sistema métrico decimal, la cual fue estructurada de la siguiente manera: una carpeta de capas shape correspondiente a los límites de los 20 predios, una carpeta para los shapes de cobertura de la tierra generados para los 20 predios, un dataset con los recortes ráster correspondientes al área de cada predio. Adicionalmente, se creó otra carpeta con la capa que agrupa los límites de los 20 predios y otra capa con su cobertura de la tierra.

Para mantener los estilos y diseños de las salidas gráficas, se generó una carpeta con los proyectos (Extensión mxd) de cada mapa y los estilos de la leyenda.

6 RESULTADOS

Teniendo en cuenta el desarrollo de las 3 fases metodológicas (Post- procesamiento, Edición y producción cartográfica y Estructuración) a continuación se presentan los resultados obtenidos en cada una de ellas.

6.1. POST- PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

El resultado del post-procesamiento de las 1408 imágenes fue un ortomosaico (Ilustración 17) con cobertura de 340 ha, con resolución de 4.81 cm/píxel, con sistema de coordenada WGS84, un modelo digital de superficie (DSM o MDS) con resolución de 4.81 cm/píxel (Ilustración 18) y un modelo digital de terreno (Ilustración 19) con una resolución de 4.81 cm/píxel.



Ilustración 17. Ortofoto de la zona de estudio generada a partir de procesamiento en PIX4D.

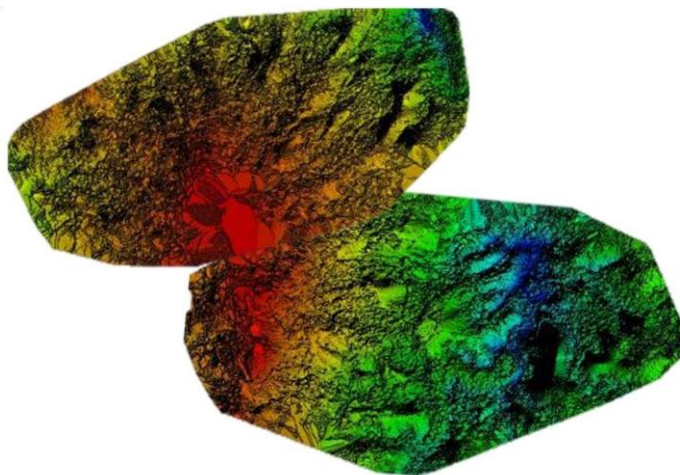


Ilustración 18. Modelo Digital de Superficie generado a partir del procesamiento en PIX4D.

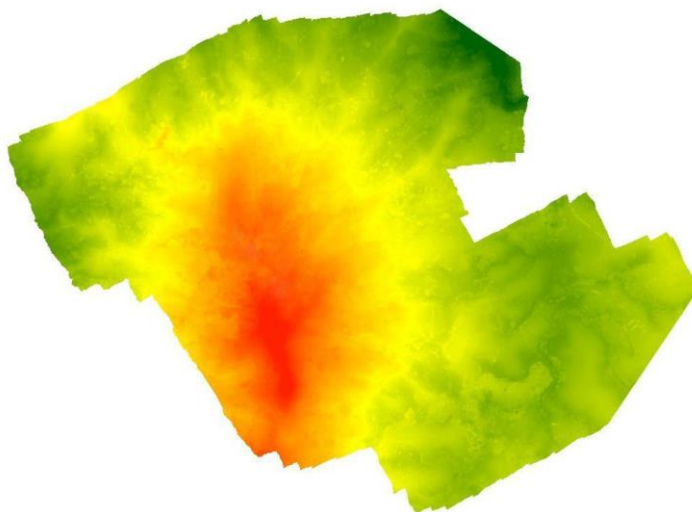
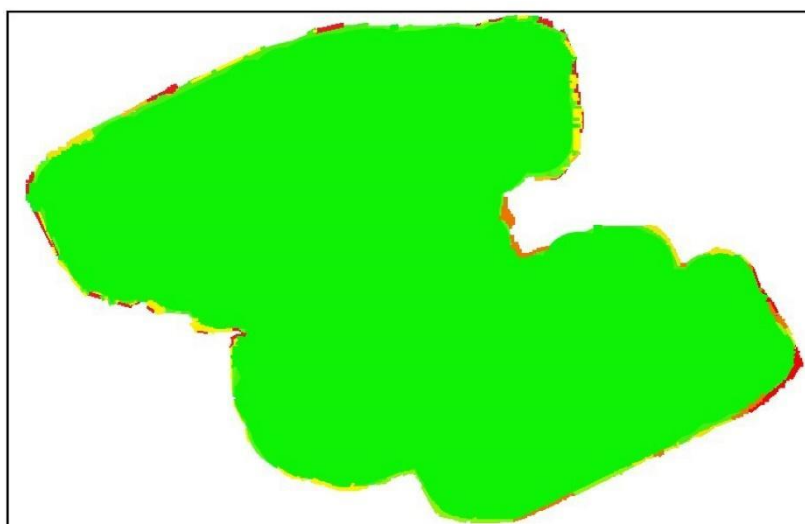


Ilustración 19. Modelo Digital de Terreno generado a partir del procesamiento en PIX4D.

Así mismo, PIX4D Mapper genera reportes de calidad de cada proceso. Entre sus ítems se encuentra la “superposición” (Ilustración 20) que representa el número de imágenes superpuestas calculadas para cada píxel del ortomosaico. De esta manera, las áreas rojas, naranjas y amarillas representan una superposición baja, las áreas verdes representan una óptima superposición. Para los resultados del MDS, MDT y ortomosaico también se genera un ítem descriptivo de calidad y tiempo de procesamiento (Ilustración 21).



Number of overlapping images: 1 2 3 4 5+

Ilustración 20. Resultado de superposición de imágenes en PIX4D Mapper

DSM, Orthomosaic and Index Details

Processing Options

DSM and Orthomosaic Resolution	1 x GSD (4.81 [cm/pixel])
DSM Filters	Noise Filtering: yes Surface Smoothing: yes, Type: Sharp
Raster DSM	Generated: yes Method: Inverse Distance Weighting Merge Tiles: yes
Orthomosaic	Generated: yes Merge Tiles: yes GeoTIFF Without Transparency: no Google Maps Tiles and KML: no
Raster DTM	Generated: yes Merge Tiles: yes
DTM Resolution	5 x GSD (4.81 [cm/pixel])
Time for DSM Generation	47m:10s
Time for Orthomosaic Generation	04h:17m:08s
Time for DTM Generation	01h:50m:20s

Ilustración 21. Descripción resultados del modelo digital de superficie, terreno y Ortomosaico. PIX4D Mapper.

6.2. CLASIFICACIÓN DE COBERTURA DE LA TIERRA

La generación cartográfica realizada para 20 predios localizados en la vereda San Antonio del municipio de Popayán (Cauca) cubre un área total de 40,94 ha, de las cuales el 48,51% corresponden a coberturas naturales (19,8 ha) y 41,49% a coberturas antropogénicas (21,1 ha) (Tabla 9).

Tabla 9. Cobertura de la tierra naturales y antropogénicas de 20 predios en la vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

Tipo	Cobertura de la tierra	Área (ha)	Representatividad con respecto al subtotal (%)
Natural	Remoción en masa	0,01	0,07
	Ciénagas naturales	0,15	0,74
	Bosque de galería con arbustal y herbazal	0,27	1,38
	Tierra desnuda	0,46	2,29
	Helechal	0,60	3,04
	Herbazal denso arbolado	0,70	3,51
	Guadua	0,87	4,37
	Herbazal denso con arbustos	1,07	5,37
	Áreas erosionadas	2,49	12,52
	Arbustal abierto	2,64	13,29
	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	4,89	24,62
	Herbazal abierto	5,72	28,79
	Subtotal coberturas naturales	19,86	100
Antropogénico	Estanques	0,02	0,09
	Hortalizas y verduras con cubierta	0,06	0,30

Infraestructura productiva	0,16	0,74
Vía sin pavimentar	0,42	1,97
Pastos limpios	0,87	4,11
Vivienda rural dispersa	1,30	6,19
Caña	1,69	8,00
Café asociado con árboles	3,55	16,86
Café	3,69	17,52
Café asociado con plátano	4,16	19,73
Pastos enmalezados	5,16	24,49
Subtotal coberturas antropogénicas	21,08	100
Total	40,94	

En el caso de las coberturas naturales, se presentan 12 tipos siendo las principales el herbazal abierto (5,72 ha-13,97%), el bosque fragmentado con vegetación secundaria (4,89 ha-11,94%), arbustal abierto (2,64 ha-6,44%) y áreas erosionadas (2,49 ha-6,08%) (Tabla 9 - Figura 3).

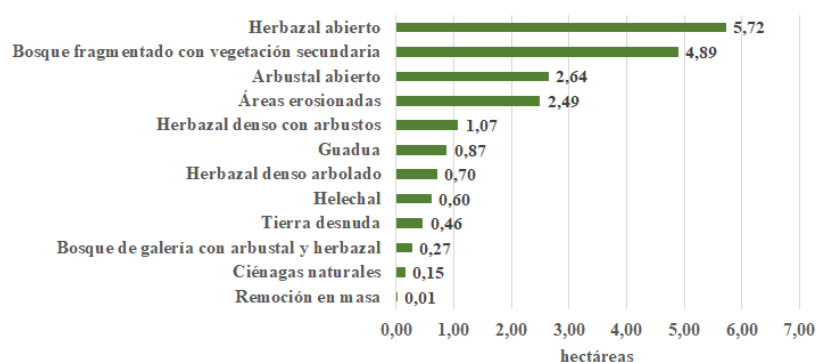


Figura 3. Distribución de coberturas naturales en los 20 predios localizados en la vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

Por su parte, las coberturas antropogénicas presentan 11 tipos de coberturas siendo las principales, pastos enmalezados (5,16 ha-24,49%), café asociado con plátano (4,16-19,73%), café (3,69 ha-17,52%), café asociado con árboles (3,55 ha-16,86%) (Tabla 9 - Figura 4).

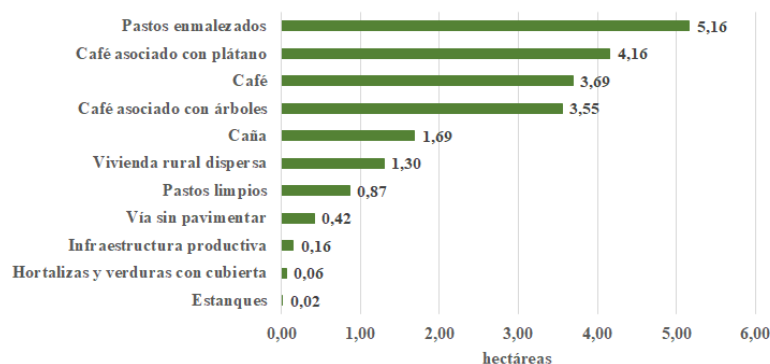


Figura 4. Distribución de coberturas antropogénicas en los 20 predios localizados en la vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

A continuación, se presentan los resultados individualizados para las coberturas de la tierra y

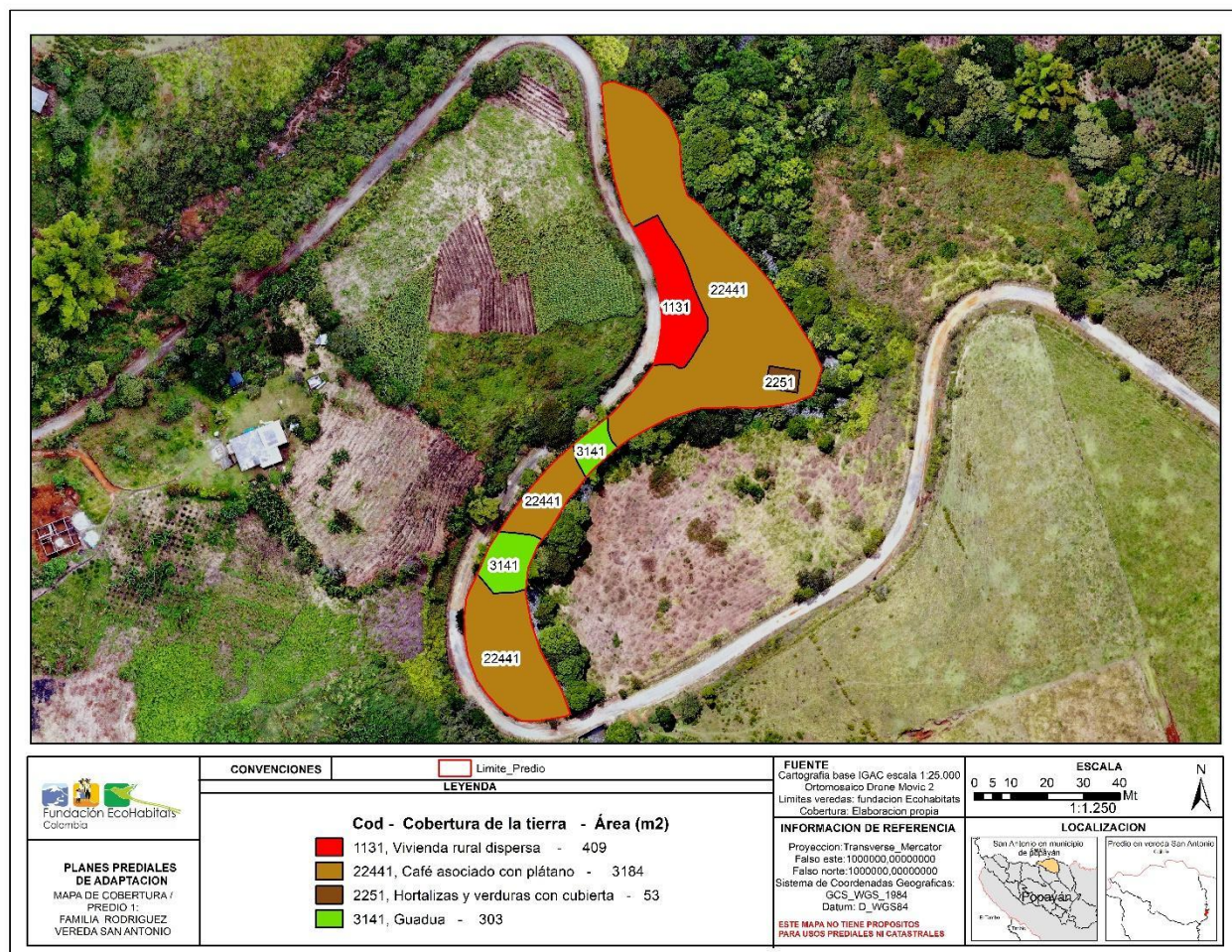
uso del suelo de los 20 predios.

6.2.1 PREDIO No.1. FAMILIA RODRIGUEZ

El predio de la familia Rodríguez tiene una extensión de 3.949 m², predominando la cobertura de café asociado con plátano el cual representa el 80,63% del predio (3.184 m²), seguido por vivienda rural dispersa (409 m²-10,36%), guadua (303 m²-7,67%) y hortalizas y verduras con cubierta (53 m²-1,34%) (Tabla 10- Mapa 2).

Tabla 10. Cobertura de la tierra del predio No.1. Familia Rodríguez. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca)

Código	Cobertura de la tierra	Área (m²)	Representatividad con respecto al total (%)
2.2.5.1	Hortalizas y verduras con cubierta	53	1,34%
1.1.3.1	Guadua	303	7,67%
1.1.3.1	Vivienda rural dispersa	409	10,36%
2.2.4.4.1	Café asociado con plátano	3184	80,63%
	Total	3949	100,00%



Mapa 2. Cobertura de la tierra del predio No.1. Familia Rodríguez. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca)

Estas coberturas, se encuentran distribuidas en tres (3) tipos de uso: agrícola (3.237 m²), habitacional (409 m²) y conservación (303 m²) (Figura 5).

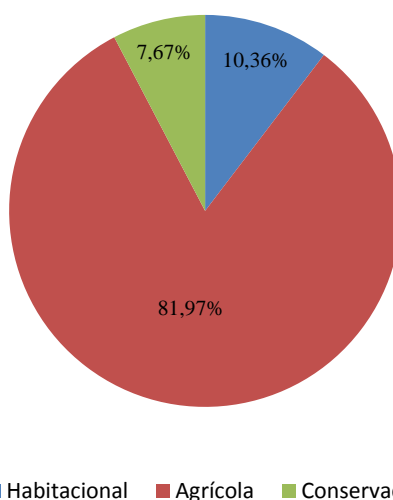


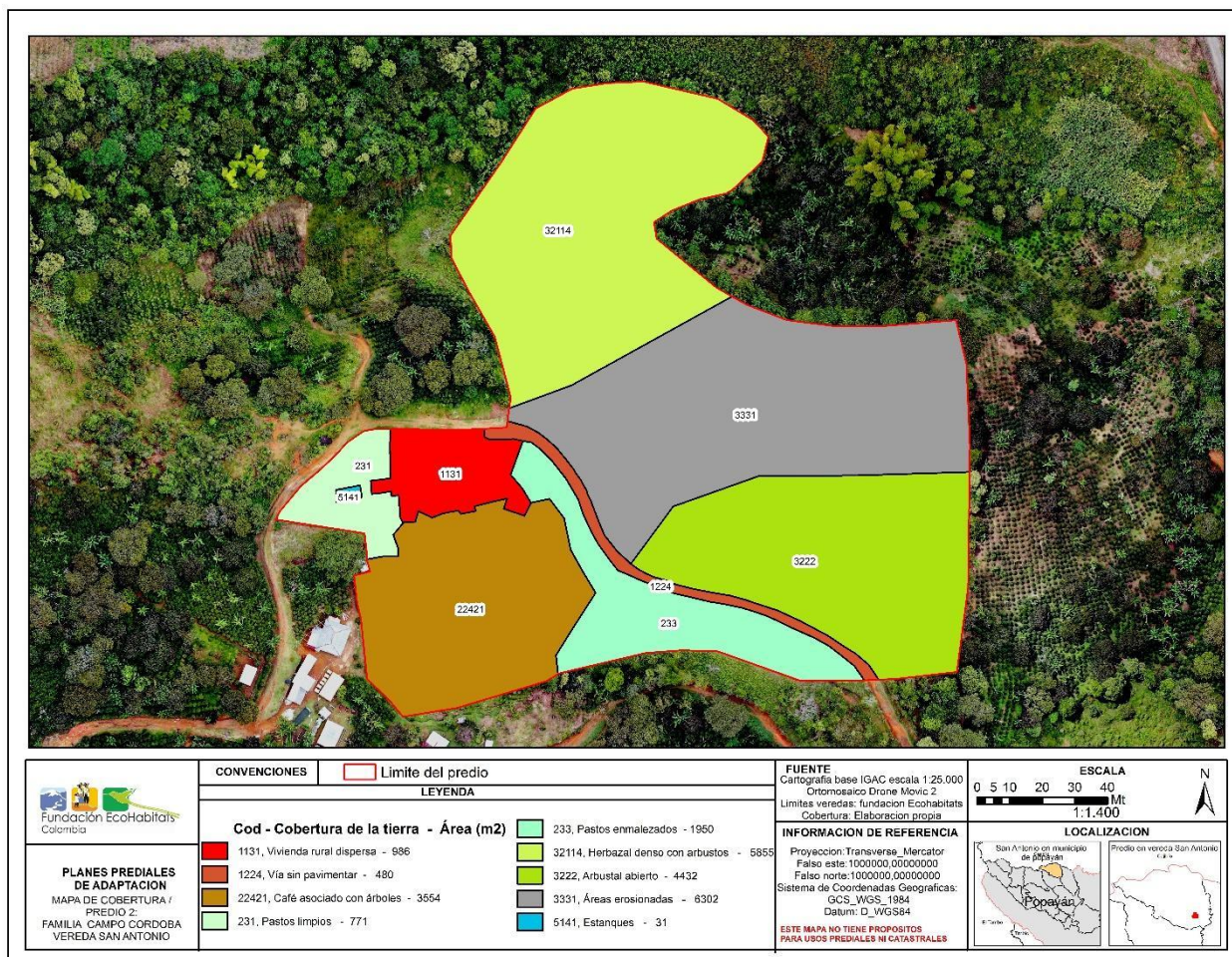
Figura 5. Distribución porcentual (%) de los tipos de uso del suelo en el predio No. 1. Familia Rodríguez. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

6.2.2 PREDIO No.2. FAMILIA CAMPO CORDOBA

El predio de la familia Campo Córdoba tiene una extensión de 24.361 m², siendo las principales Áreas erosionadas, el cual representa el 25,87% del predio (6.302 m²), seguido por Herbazal denso con arbustos (5.855 m²-24,03%), Arbustal abierto (4.432 m²-18,19%) y Café asociado con árboles (3.554 m²-14,59%) (Tabla 11- Mapa 3).

Tabla 11. Cobertura de la tierra del predio No.2. Familia Campo Córdoba. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca)

Código	Cobertura de la tierra	Área (m ²)	Representatividad con respecto al total (%)
5.1.4.1	Estanques	31	0,13%
1.2.2.4	Vía sin pavimentar	480	1,97%
2.3.1	Pastos limpios	771	3,16%
1.1.3.1	Vivienda rural dispersa	986	4,05%
2.3.3	Pastos enmalezados	1950	8,00%
2.2.4.2.1	Café asociado con árboles	3554	14,59%
3.2.2.2	Arbustal abierto	4432	18,19%
3.2.1.1.4	Herbazal denso con arbustos	5855	24,03%
3.3.3.1	Áreas erosionadas	6302	25,87%
	Total	24361	100,00%



Mapa 3. Cobertura de la tierra del predio No.2. Familia Campo Córdoba. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

Estas coberturas, se encuentran distribuidas en cinco (5) tipos de uso: acuícola (31 m²), comunicación (480 m²), habitacional (986 m²), agrícola (3.554 m²), ganadería (8.576 m²) y recuperación (10.734 m²) (Figura 6).

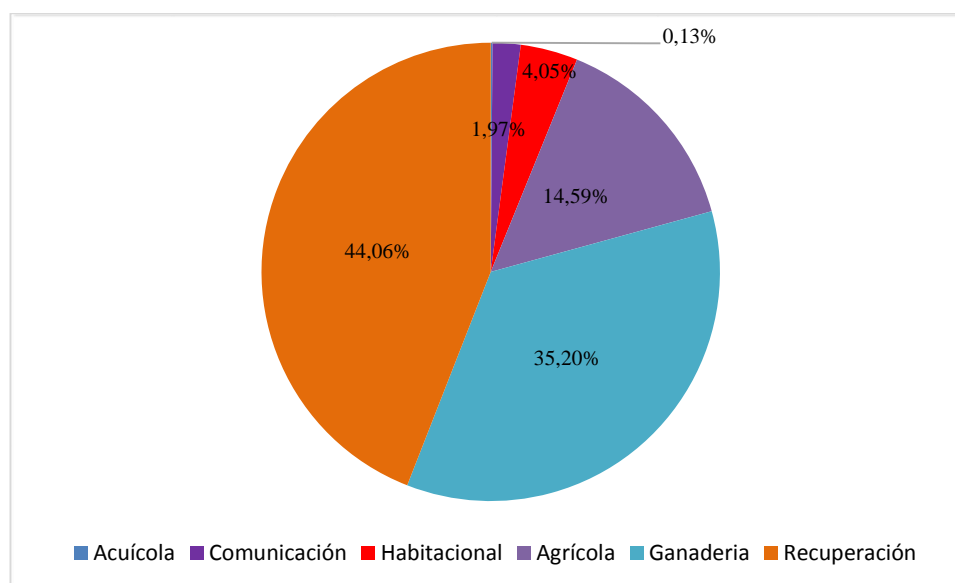


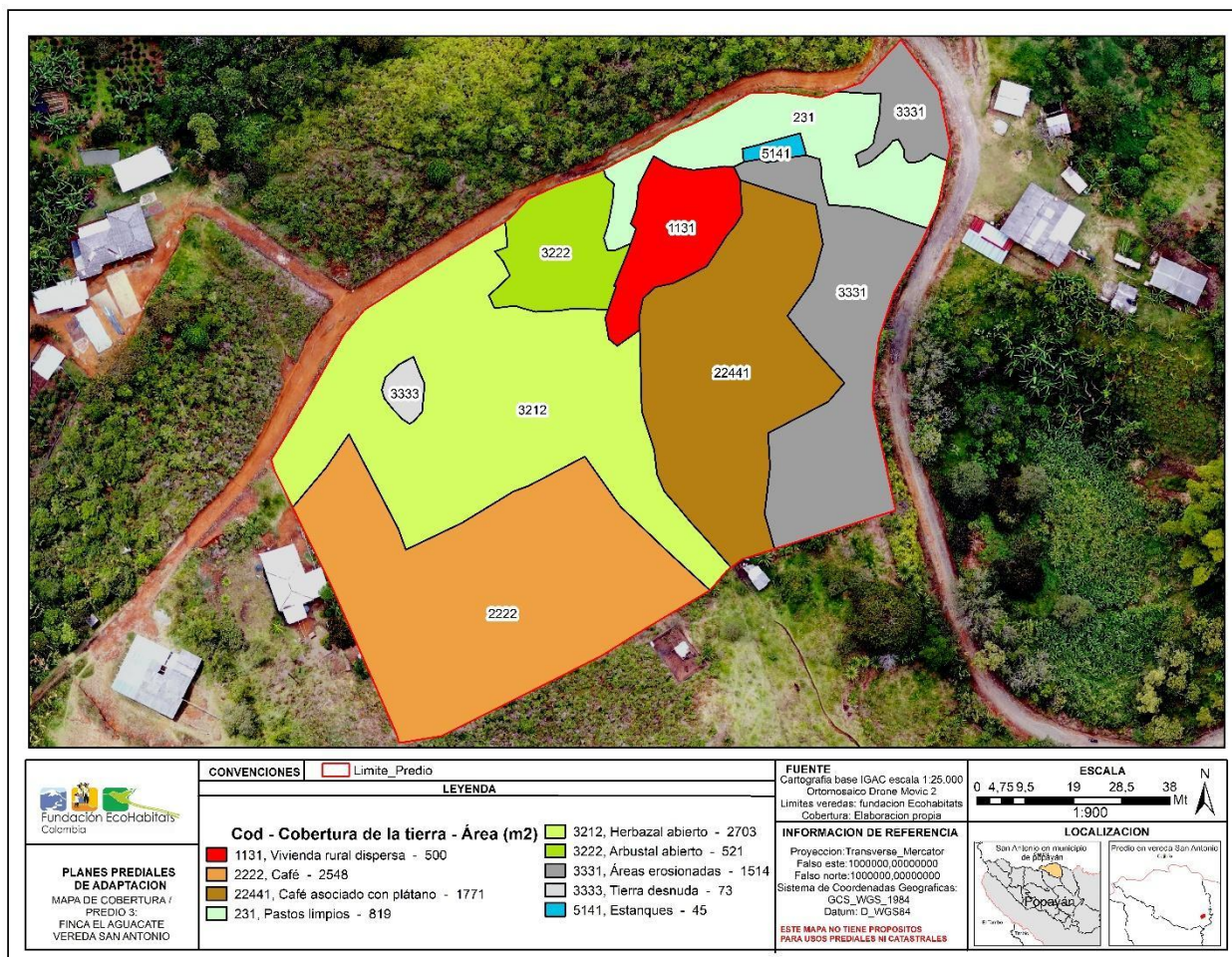
Figura 6. Distribución porcentual (%) de los tipos de uso del suelo en el predio No. 2. Familia Campo Córdoba. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

6.2.3 PREDIO No.3. FINCA EL AGUACATE

El predio El Aguacate tiene una extensión de 10.494 m², siendo las principales Herbazal abierto, el cual representa el 25,76% del predio (2.703 m²), seguido por Café (2.548 m²-24,28%), Café asociado con plátano (1.771 m²-16,88%) y Áreas erosionadas (1.514 m²-14,43%) (Tabla 12- Mapa 4).

Tabla 12. Cobertura de la tierra del predio No.3. finca El Aguacate. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca)

Código	Cobertura de la tierra	Área (m ²)	Representatividad con respecto al total (%)
5.1.4.1	Estanques	45	0,43%
3.3.3.3	Tierra desnuda	73	0,70%
1.1.3.1	Vivienda rural dispersa	500	4,76%
3.2.2.2	Arbustal abierto	521	4,96%
2.3.1	Pastos limpios	819	7,80%
3.3.3.1	Áreas erosionadas	1514	14,43%
2.2.4.4.1	Café asociado con plátano	1771	16,88%
2.2.2.2	Café	2548	24,28%
3.2.1.2	Herbazal abierto	2703	25,76%
	Total	10494	100,00%



Mapa 4. Cobertura de la tierra del predio No.3. Finca El Aguacate. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

Estas coberturas, se encuentran distribuidas en seis (6) tipos de uso: agrícola (4.319 m²), recuperación (4.290 m²), ganadería (919 m²), conservación (521 m²), habitacional (500 m²) y acuícola (45 m²). (Figura 7).

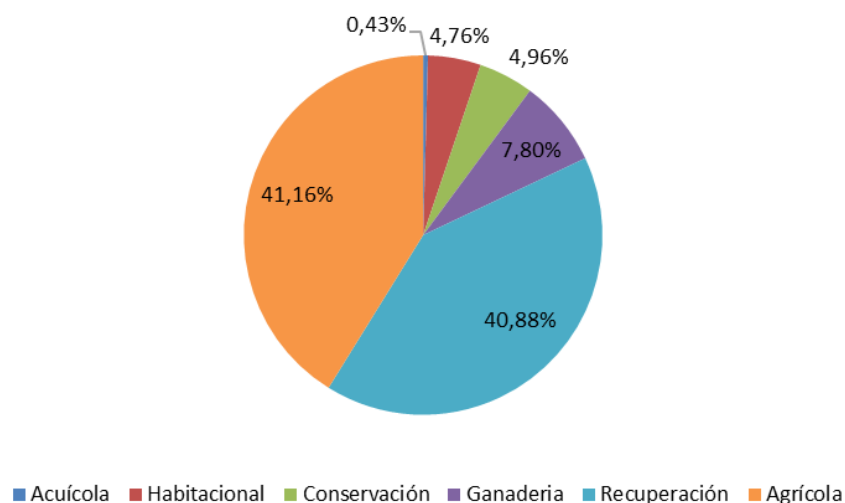


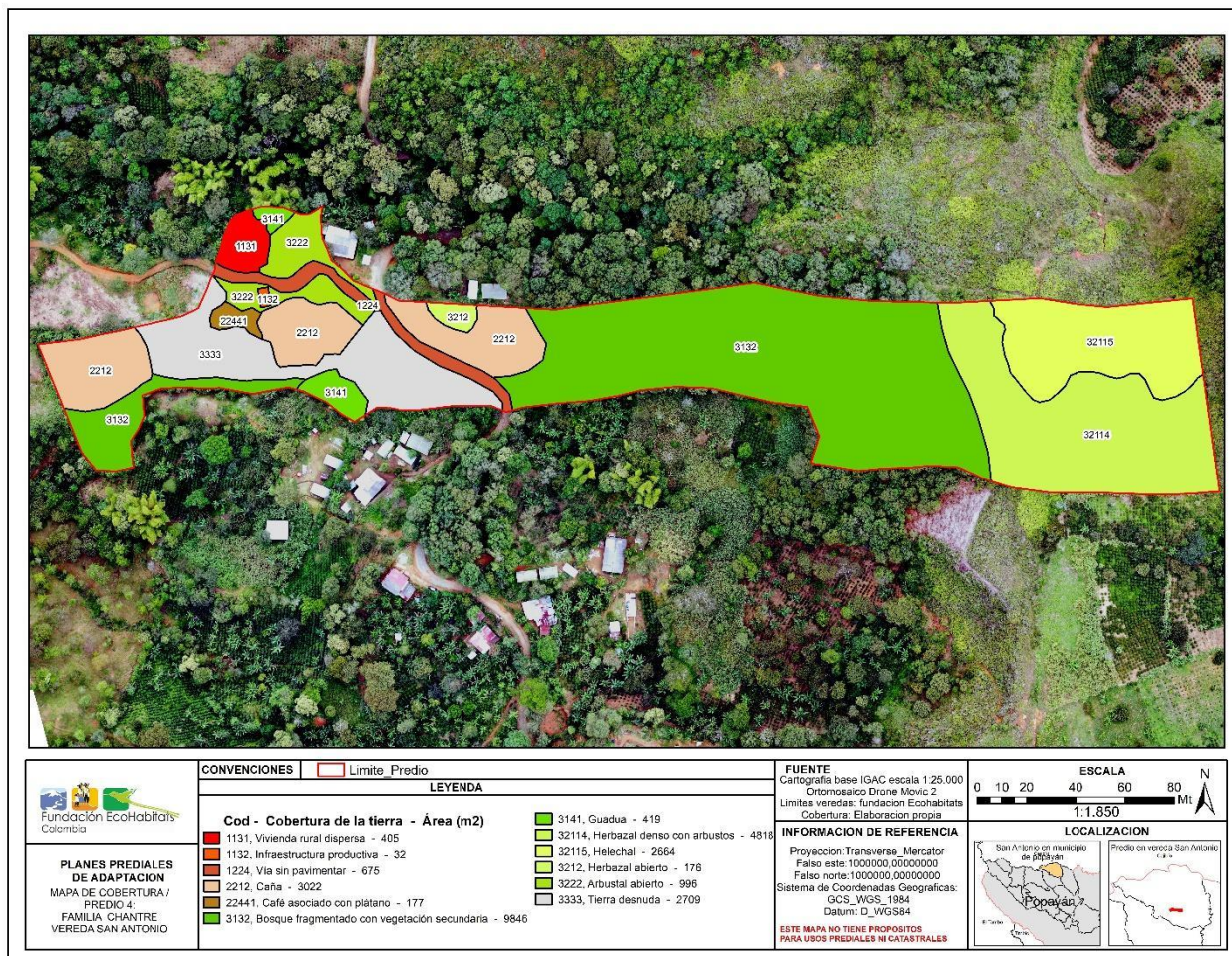
Figura 7. Distribución porcentual (%) de los tipos de uso del suelo en el predio No. 3. Finca El Aguacate. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

6.2.4 PREDIO No.4. FAMILIA CHANTRE

El predio de la familia Chantre tiene una extensión de 25.939 m², siendo las principales Bosque fragmentado con vegetación secundaria, el cual representa el 37,96% del predio (9.846 m²), seguido por Herbazal denso con arbustos (4.818 m²-18,57%), Caña (3.022 m²-11,65%) y Tierra desnuda (2.709 m²-10,44%) (Tabla 13- Mapa 5).

Tabla 13. Cobertura de la tierra del predio No.4. familia Chantre. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca)

Código	Cobertura de la tierra	Área (m ²)	Representatividad con respecto al total (%)
1.1.3.2	Infraestructura productiva	32	0,12%
3.2.1.2	Herbazal abierto	176	0,68%
2.2.4.4.1	Café asociado con plátano	177	0,68%
1.1.3.1	Vivienda rural dispersa	405	1,56%
3.1.4.1	Guadua	419	1,62%
1.2.2.4	Vía sin pavimentar	675	2,60%
3.2.2.2	Arbustal abierto	996	3,84%
3.2.1.1.5	Helechal	2664	10,27%
3.3.3.3	Tierra desnuda	2709	10,44%
2.2.1.2	Caña	3022	11,65%
3.2.1.1.4	Herbazal denso con arbustos	4818	18,57%
3.1.3.2	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	9846	37,96%
	Total	25939	100,00%



Mapa 5. Cobertura de la tierra del predio No.4. Familia Chantre. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca)

Estas coberturas, se encuentran distribuidas en cinco (5) tipos de uso: conservación (10.265 m²), recuperación (8.654 m²), agrícola (5.940 m²), comunicación (675 m²) y habitacional (405 m²). (Figura 8).

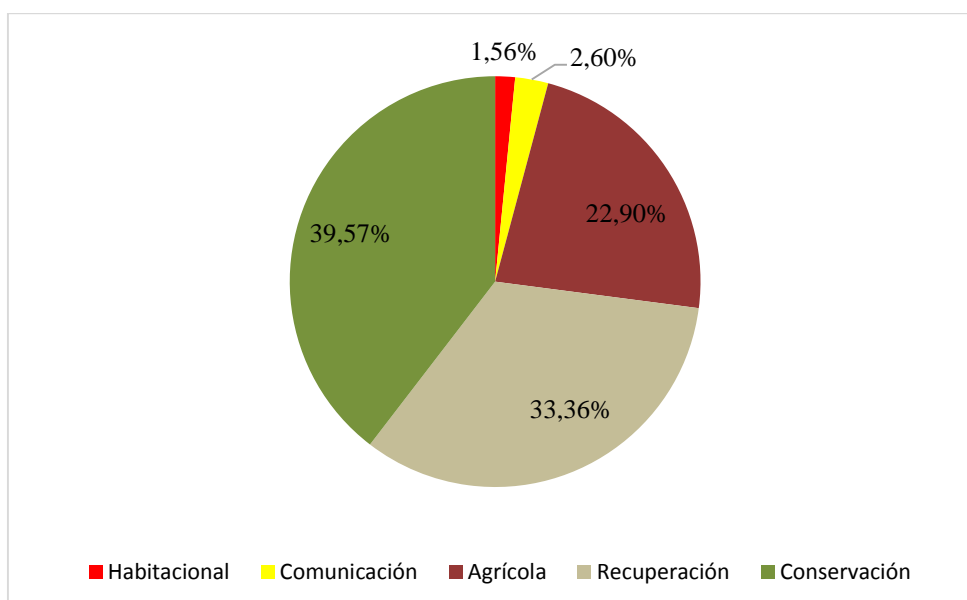


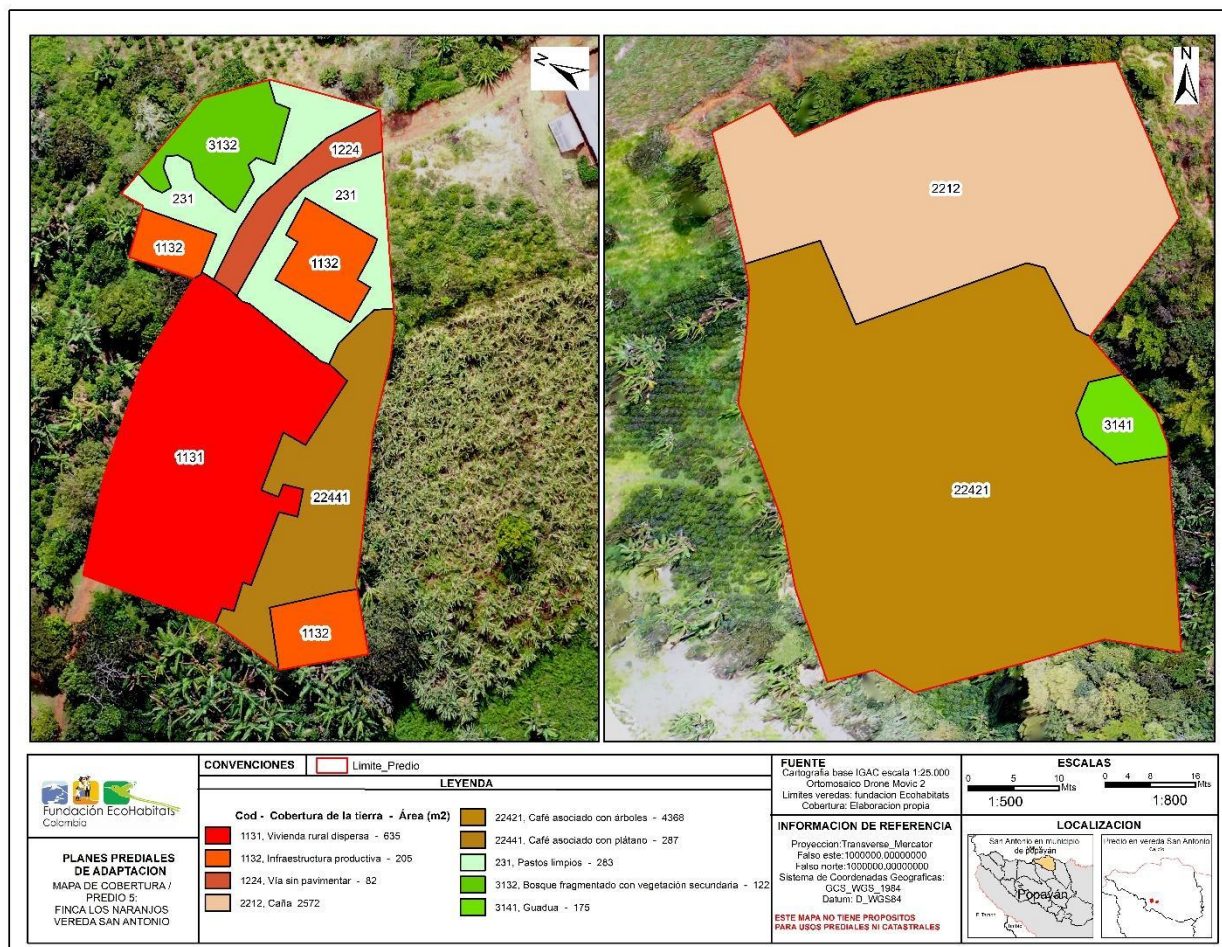
Figura 8. Distribución porcentual (%) de los tipos de uso del suelo en el predio No. 4. Familia Chantre. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

6.2.5 PREDIO No.5. FINCA LOS NARANJOS

El predio Los Naranjos tiene una extensión de 8.729 m², siendo las principales Café asociado con árboles, el cual representa el 50,04% del predio (4.308 m²), seguido por Caña (2.572 m²-29,47%) y Vivienda rural dispersa (635 m²-7,27%) (Tabla 14- Mapa 6).

Tabla 14. Cobertura de la tierra del predio No.5. finca Los Naranjos. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca)

Código	Cobertura de la tierra	Área (m ²)	Representatividad con respecto al total (%)
1.1.3.1	Vía sin pavimentar	82	0,94%
1.1.3.2	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	122	1,40%
1.2.2.4	Guadua	175	2,00%
2.2.1.2	Infraestructura productiva	205	2,35%
2.2.4.2.1	Pastos limpios	283	3,24%
2.2.4.4.1	Café asociado con plátano	287	3,29%
2.3.1	Vivienda rural dispersa	635	7,27%
3.1.3.2	Caña	2572	29,47%
3.1.4.1	Café asociado con árboles	4368	50,04%
	Total	8729	100,00%



Mapa 6. Cobertura de la tierra del predio No.5. Finca Los Naranjos. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

Estas coberturas, se encuentran distribuidas en cinco (5) tipos de uso: agrícola (7.432 m²), habitacional (635 m²), conservación (287 m²), ornamental (283 m²) y comunicación (82 m²). (Figura 9).

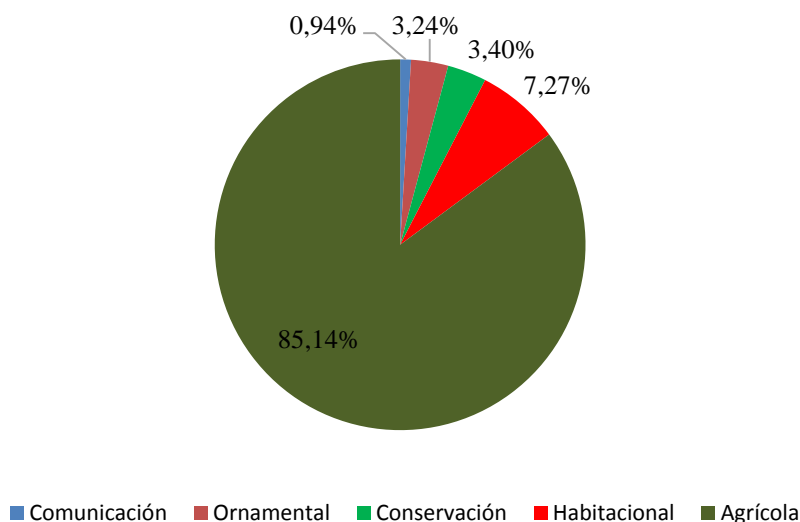


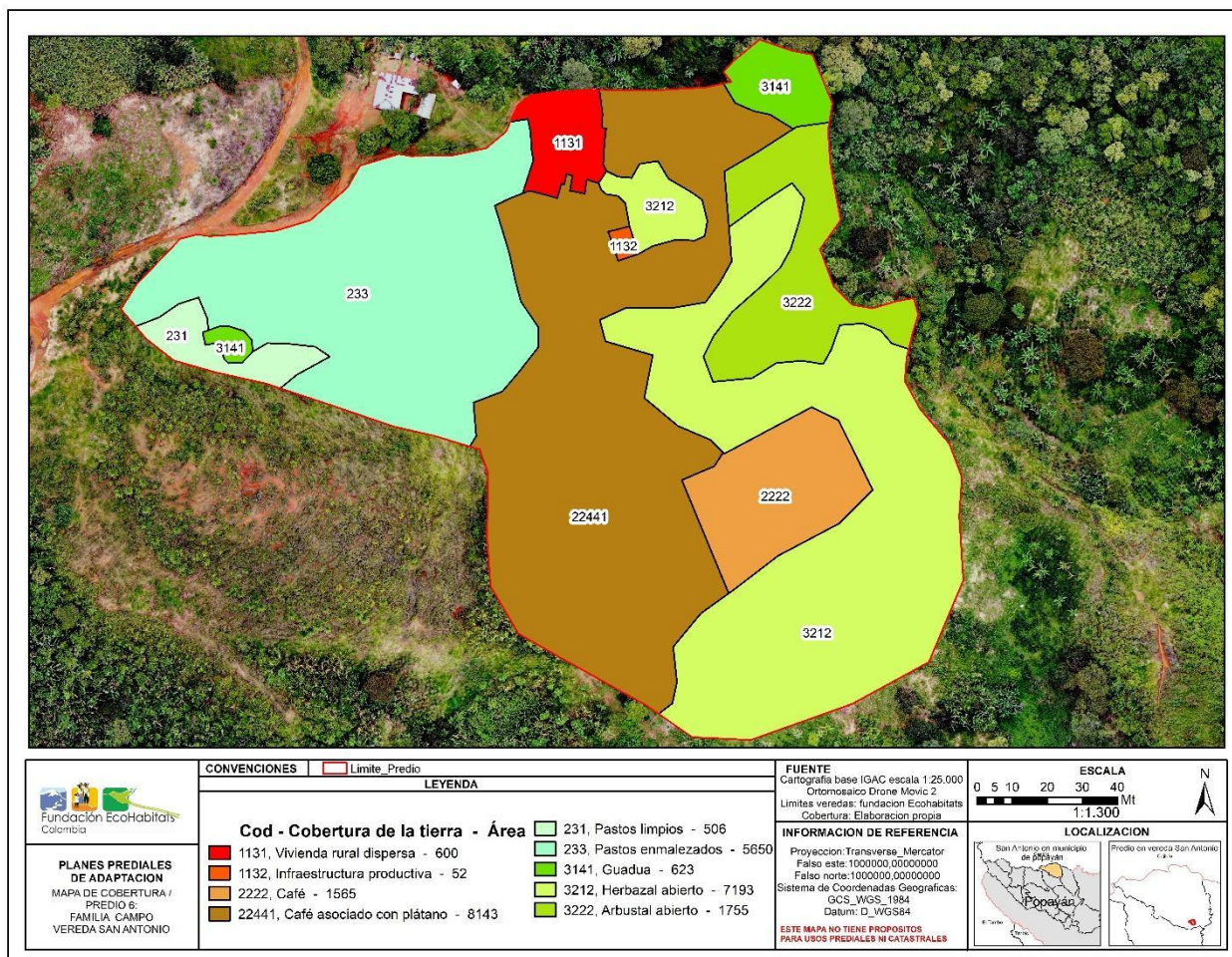
Figura 9. Distribución porcentual (%) de los tipos de uso del suelo en el predio No. 5. Finca Los Naranjos. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

6.2.6 PREDIO No.6. FAMILIA CAMPO

El predio de la familia Campo tiene una extensión de 26.087 m², siendo las principales Café asociado con plátano, el cual representa el 31,21% del predio (8.143 m²), seguido por Herbazal abierto (7.193 m²-27,57%), Pastos enmalezados (5.650 m²-21,66%) y Arbustal abierto (1.755 m²-6,73%) (Tabla 15- Mapa 7).

Tabla 15. Cobertura de la tierra del predio No.6. familia Campo. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

Código	Cobertura de la tierra	Área (m ²)	Representatividad con respecto al total (%)
1.1.3.2	Infraestructura productiva	52	0,20%
2.3.1	Pastos limpios	506	1,94%
1.1.3.1	Vivienda rural dispersa	600	2,30%
3.1.4.1	Guadua	623	2,39%
2.2.2.2	Café	1565	6,00%
3.2.2.2	Arbustal abierto	1755	6,73%
2.3.3	Pastos enmalezados	5650	21,66%
3.2.1.2	Herbazal abierto	7193	27,57%
2.2.4.4.1	Café asociado con plátano	8143	31,21%
	Total	26087	100,00%



Mapa 7. Cobertura de la tierra del predio No.6. Familia Campo. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca)

Estas coberturas, se encuentran distribuidas en cuatro (4) tipos de uso: agrícola (9.760 m²), conservación (9.571 m²), ganadería (6.156 m²), y habitacional (600 m²). (Figura 10).

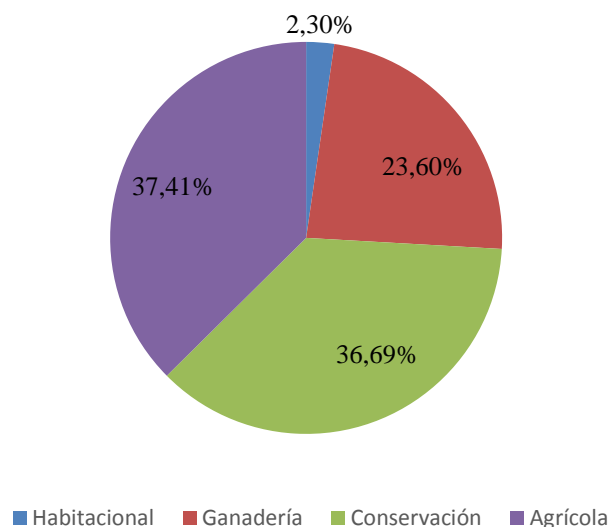


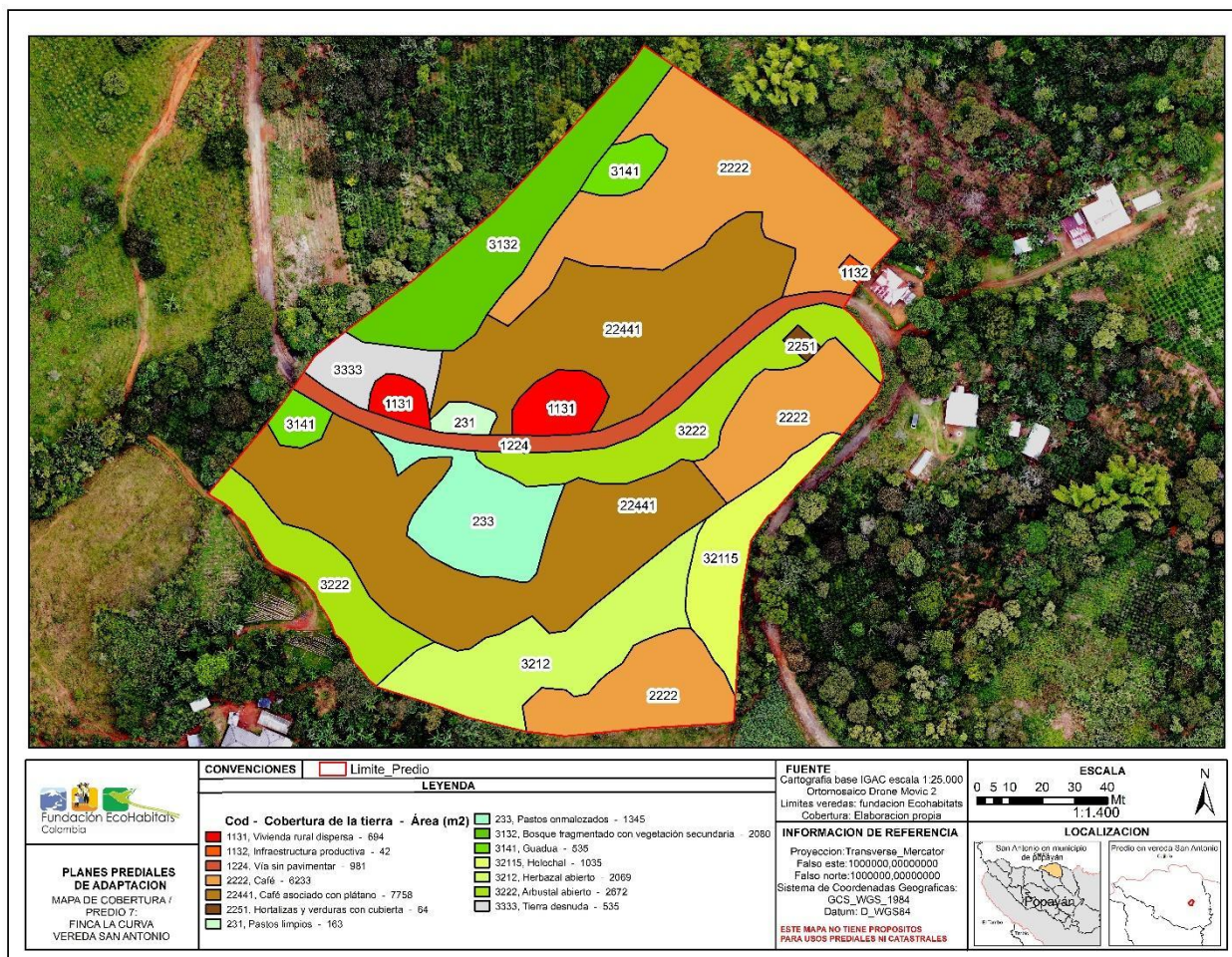
Figura 10. Distribución porcentual (%) de los tipos de uso del suelo en el predio No. 6. Familia Campo. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

6.2.7 PREDIO No.7. FINCA LA CURVA

El predio La Curva tiene una extensión de 26.206 m², siendo las principales Café asociado con plátano, el cual representa el 29,60% del predio (7.758 m²), seguido por café (6.233 m²-23,78%) y arbustal abierto (2.672 m²-10,20%) (Tabla 16 - Mapa 8).

Tabla 16. Cobertura de la tierra del predio No.7. finca La Curva. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

Código	Cobertura de la tierra	Área (m ²)	Representatividad con respecto al total (%)
1.1.3.2	Infraestructura productiva	42	0,16%
2.2.5.1	Hortalizas y verduras con cubierta	64	0,24%
2.3.1	Pastos limpios	163	0,62%
3.1.4.1	Guadua	535	2,04%
3.3.3.3	Tierra desnuda	535	2,04%
1.1.3.1	Vivienda rural dispersa	694	2,65%
1.2.2.4	Vía sin pavimentar	981	3,74%
3.2.1.1.5	Helechal	1035	3,95%
2.3.3	Pastos enmalezados	1345	5,13%
3.2.1.2	Herbazal abierto	2069	7,90%
3.1.3.2	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	2080	7,94%
3.2.2.2	Arbustal abierto	2672	10,20%
2.2.2.2	Café	6233	23,78%
2.2.4.4.1	Café asociado con plátano	7758	29,60%
	Total	26206	100,00%



Mapa 8. Cobertura de la tierra del predio No.7. Finca La Curva. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

Estas coberturas, se encuentran distribuidas en seis (6) tipos de uso: agrícola (14.097 m²), conservación (5287 m²), recuperación (3639 m²), ganadería (1508 m²), comunicación (981 m²) y habitacional (694 m²). (Figura 11).

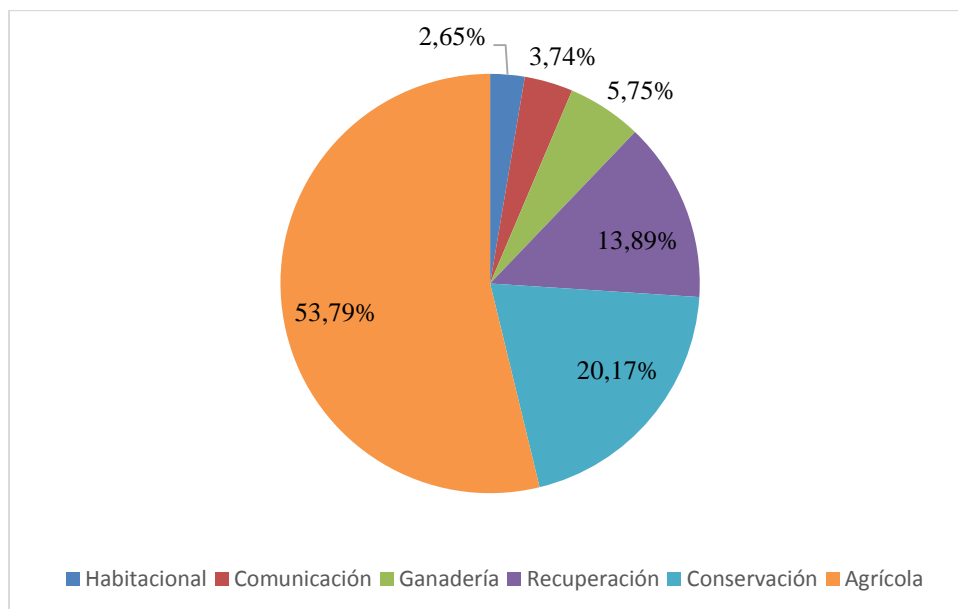


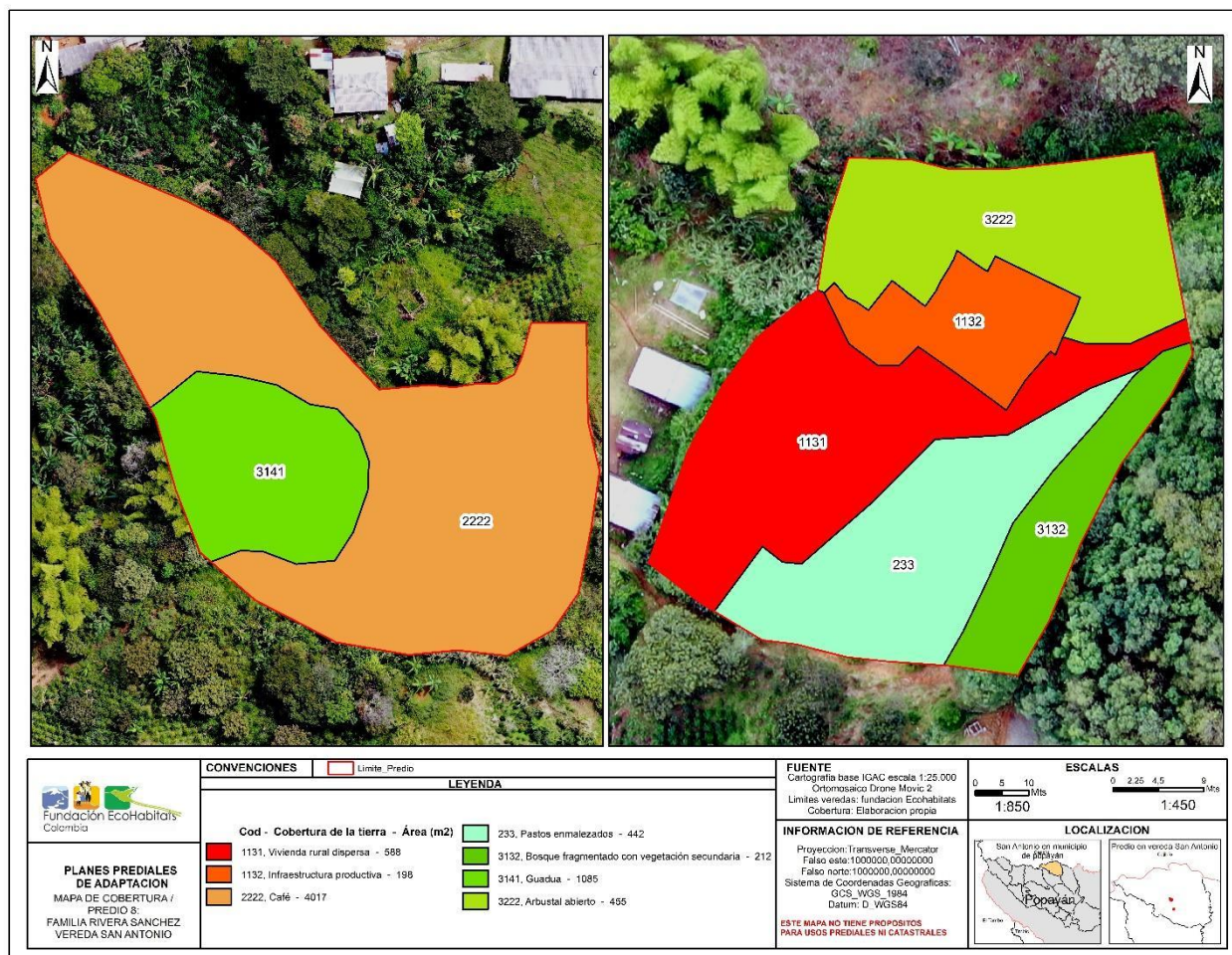
Figura 11. Distribución porcentual (%) de los tipos de uso del suelo en el predio No. 7. Finca La Curva. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

6.2.8 PREDIO No.8. FAMILIA RIVERA SANCHEZ

El predio de la familia Rivera Sánchez tiene una extensión de 6.997 m², siendo las principales Café, el cual representa el 57,41% del predio (4.017 m²), seguido por Guadua (1.085 m²-15,51%) y Vivienda rural dispersa (588 m²-8,40%) (Tabla 17 - Mapa 9).

Tabla 17. Cobertura de la tierra del predio No.8. familia Rivera Sánchez. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

Código	Cobertura de la tierra	Área (m ²)	Representatividad con respecto al total (%)
1.1.3.2	Infraestructura productiva	198	2,83%
3.1.3.2	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	212	3,03%
2.3.3	Pastos enmalezados	442	6,32%
3.2.2.2	Arbustal abierto	455	6,50%
1.1.3.1	Vivienda rural dispersa	588	8,40%
3.1.4.1	Guadua	1085	15,51%
2.2.2.2	Café	4017	57,41%
	Total	6997	100,00%



Mapa 9. Cobertura de la tierra No. 8. Familia Rivera Sánchez. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

Estas coberturas, se encuentran distribuidas en cuatro (4) tipos de uso: agrícola (4.215 m²), conservación (1.752 m²), habitacional (588 m²), y ganadería (442 m²). (Figura 12).

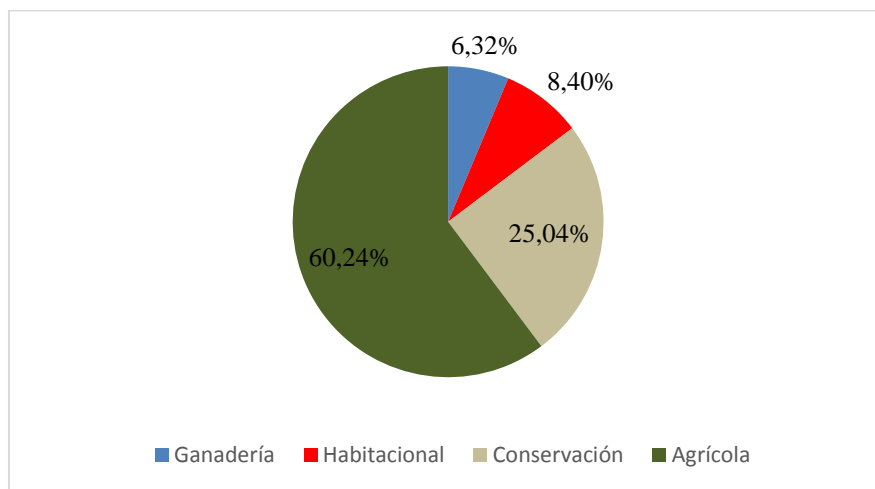


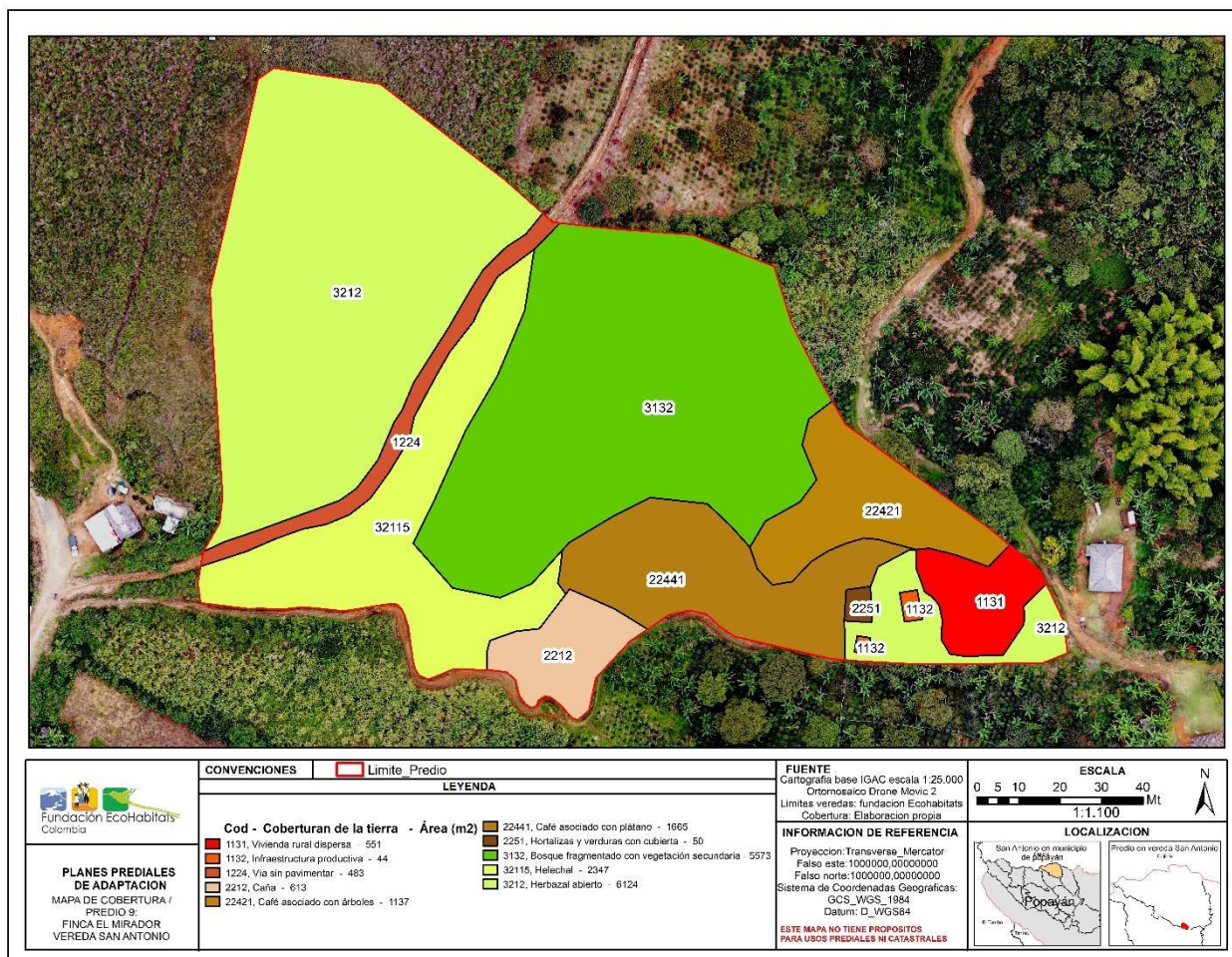
Figura 12. Distribución porcentual (%) de los tipos de uso del suelo en el predio No. 8. Familia Rivera Sánchez. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

6.2.9 PREDIO No.9. FINCA EL MIRADOR

El predio La Curva tiene una extensión de 18.587 m², siendo las principales Herbazal abierto, el cual representa el 32,95% del predio (6.124 m²), seguido por Bosque fragmentado con vegetación secundaria (5.573 m²-29,98%) y Helechal (2.347 m²-12,63%) (Tabla 18 - Mapa 10).

Tabla 18. Cobertura de la tierra del predio No.9. finca El Mirador. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

Código	Cobertura de la tierra	Área (m ²)	Representatividad con respecto al total (%)
1.1.3.2	Infraestructura productiva	44	0,24%
2.2.5.1	Hortalizas y verduras con cubierta	50	0,27%
1.2.2.4	Vía sin pavimentar	483	2,60%
1.1.3.1	Vivienda rural dispersa	551	2,96%
2.2.1.2	Caña	613	3,30%
2.2.4.2.1	Café asociado con árboles	1137	6,12%
2.2.4.4.1	Café asociado con plátano	1665	8,96%
3.2.1.1.5	Helechal	2347	12,63%
3.1.3.2	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5573	29,98%
3.2.1.2	Herbazal abierto	6124	32,95%
	Total	18587	100,00%



Mapa 10. Cobertura de la tierra del predio No.9. Finca El Mirador. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

Estas coberturas, se encuentran distribuidas en cinco (5) tipos de uso: recuperación (8.471 m²), conservación (5.573 m²), agrícola (3.509 m²), habitacional (551 m²) y comunicación (483 m²). (Figura 13).

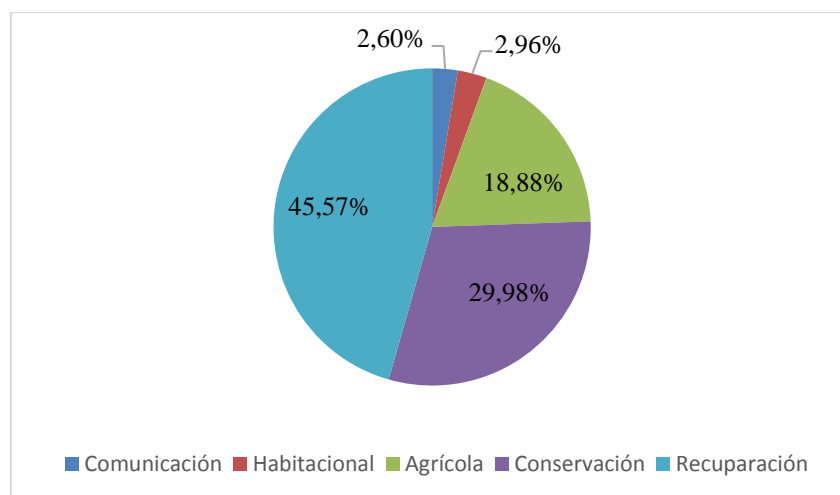


Figura 13. Distribución porcentual (%) de los tipos de uso del suelo en el predio No. 9. Finca El Mirador. Vereda San Antonio

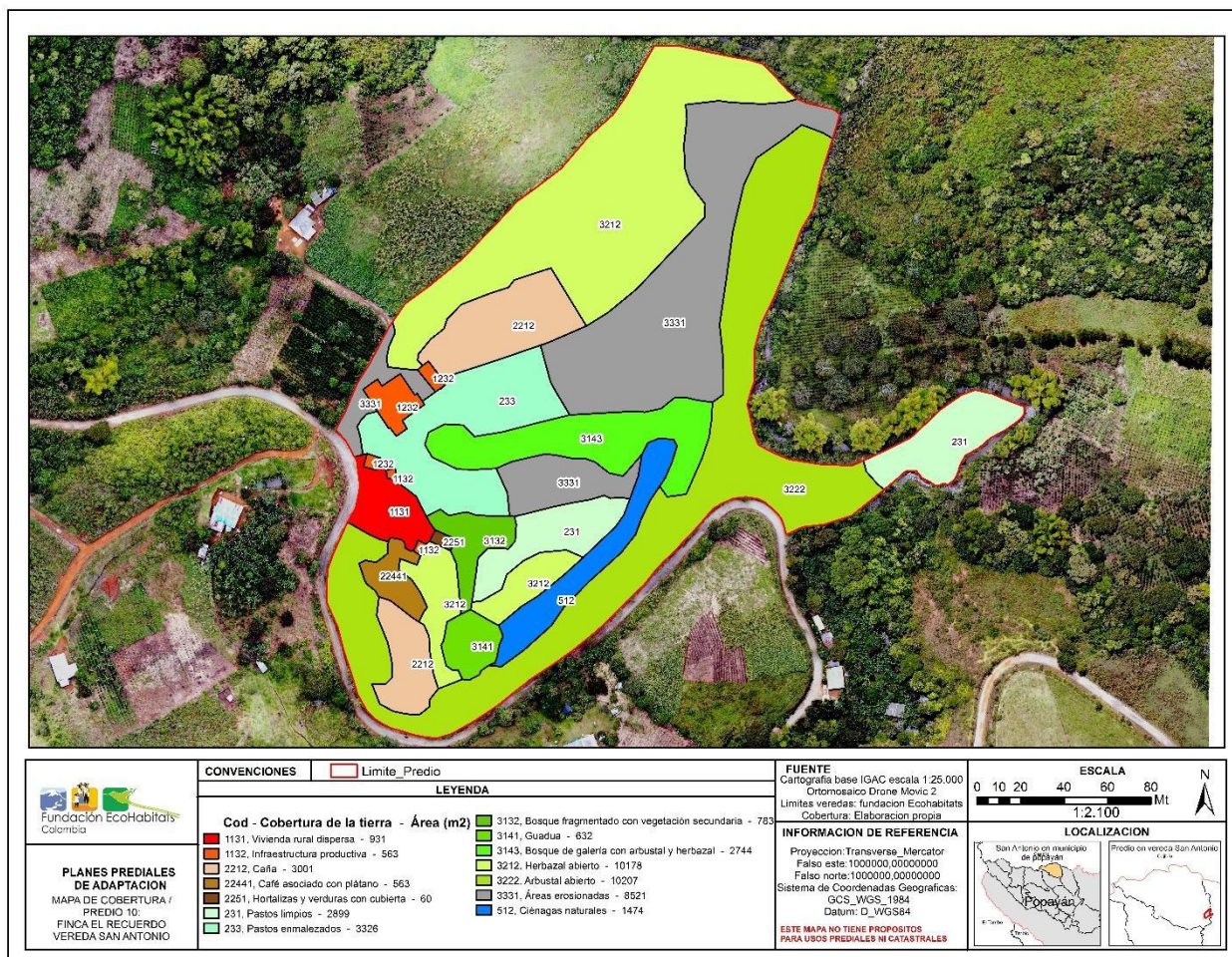
(Popayán-Cauca).

6.2.10 PREDIO No.10. FINCA EL RECUERDO

El predio El Recuerdo tiene una extensión de 45.882 m², siendo los principales, arbustal abierto, el cual representa el 22,25% del predio (10.207 m²), seguido por Herbazal abierto (8.583 m²-18,71%) y Áreas erosionadas (8.521m²-18,57%) (Tabla 19 - Mapa 11).

Tabla 19. Cobertura de la tierra del predio No.10. finca El Recuerdo. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

Código	Cobertura de la tierra	Área (m ²)	Representatividad con respecto al total (%)
2.2.5.1	Hortalizas y verduras con cubierta	60	0,13%
1.1.3.2	Infraestructura productiva	563	1,23%
2.2.4.4.1	Café asociado con plátano	563	1,23%
3.1.4.1	Guadua	632	1,38%
3.1.3.2	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	783	1,71%
1.1.3.1	Vivienda rural dispersa	931	2,03%
5.1.2	Ciénagas naturales	1474	3,21%
3.2.1.2	Herbazal abierto	1595	3,48%
3.1.4.3	Bosque de galería con arbustal y herbazal	2744	5,98%
2.3.1	Pastos limpios	2899	6,32%
2.2.1.2	Caña	3001	6,54%
2.3.3	Pastos enmalezados	3326	7,25%
3.3.3.1	Áreas erosionadas	8521	18,57%
3.2.1.2	Herbazal abierto	8583	18,71%
3.2.2.2	Arbustal abierto	10207	22,25%
Total		45882	100,00%



Mapa 11. Cobertura de la tierra del predio No.10. Finca El Recuerdo. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

Estas coberturas, se encuentran distribuidas en cinco (5) tipos de uso: conservación (19.166 m²), ganadería (11.482 m²), recuperación (10.116 m²), agrícola (4.187 m²) y habitacional (931 m²). (Figura 14).

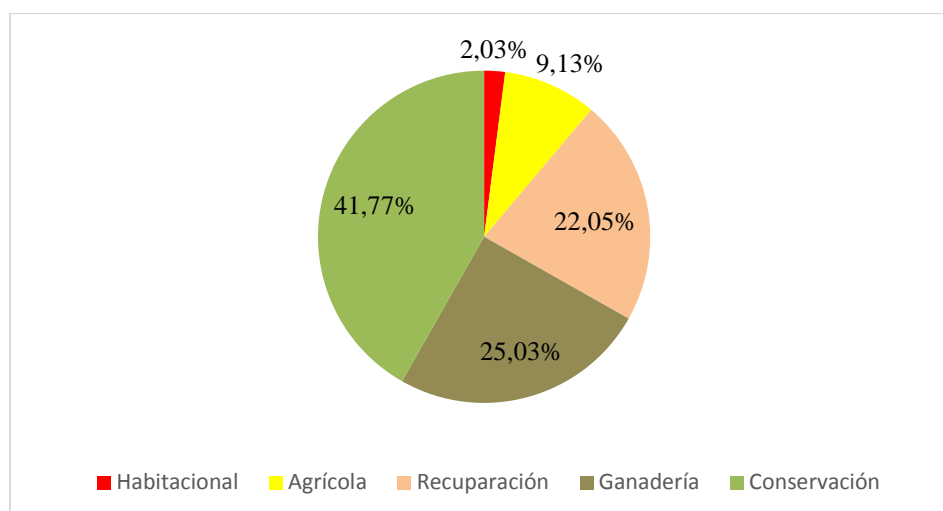


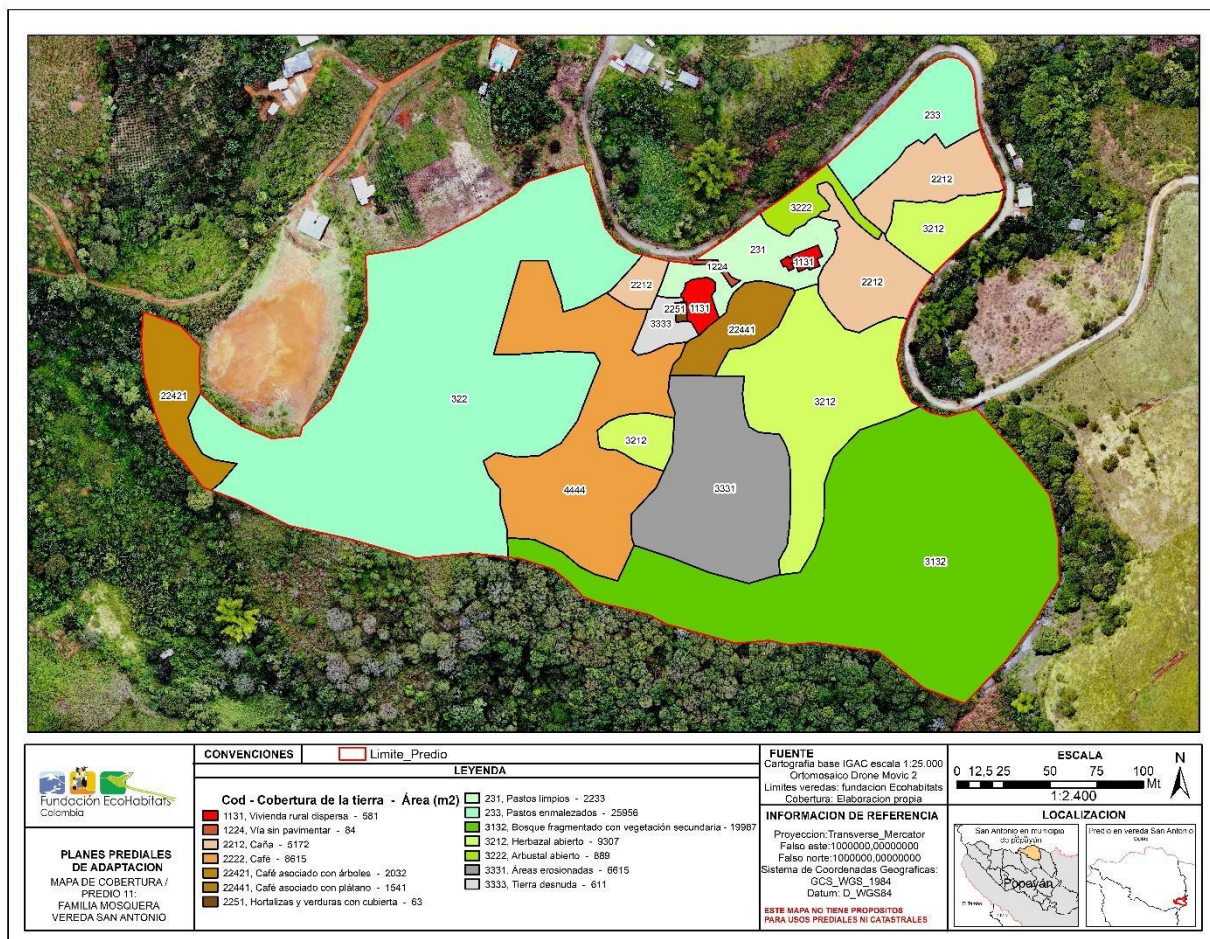
Figura 14. Distribución porcentual (%) de los tipos de uso del suelo en el predio No. 10. Finca El Recuerdo. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

6.2.11 PREDIO No.11. FAMILIA MOSQUERA

El predio de la familia Mosquera tiene una extensión de 83.666 m², siendo las principales Pastos enmalezados, el cual representa el 31,02% del predio (25.956 m²), seguido por Bosque fragmentado con vegetación secundaria (19.967 m²-23,87%) y Herbazal abierto (9.307 m²-11,12%) (Tabla 20 - Mapa 12).

Tabla 20. Cobertura de la tierra del predio No.11. familia Mosquera. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

Código	Cobertura de la tierra	Área (m ²)	Representatividad con respecto al total (%)
2.2.5.1	Hortalizas y verduras con cubierta	63	0,08%
1.2.2.4	Vía sin pavimentar	84	0,10%
1.1.3.1	Vivienda rural dispersa	581	0,69%
3.3.3.3	Tierra desnuda	611	0,73%
3.2.2.2	Arbustal abierto	889	1,06%
2.2.4.4.1	Café asociado con plátano	1541	1,84%
2.2.4.2.1	Café asociado con árboles	2032	2,43%
2.3.1	Pastos limpios	2233	2,67%
2.2.1.2	Caña	5172	6,18%
3.3.3.1	Áreas erosionadas	6615	7,91%
2.2.2.2	Café	8615	10,30%
3.2.1.2	Herbazal abierto	9307	11,12%
3.1.3.2	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	19967	23,87%
2.3.3	Pastos enmalezados	25956	31,02%
	Total	83666	100,00%



Mapa 12. Cobertura de la tierra del predio No.11. Familia Mosquera. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

Estas coberturas, se encuentran distribuidas en seis (6) tipos de uso: ganadería (28.189 m²), conservación (20.856 m²), agrícola (18.034 m²), recuperación (15.922 m²), habitacional (581 m²), y comunicación (84 m²). (Figura 15).

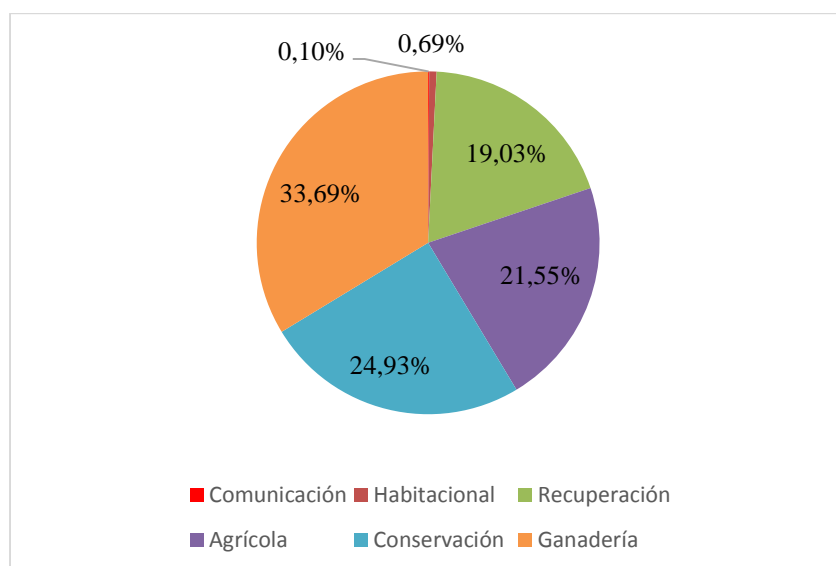


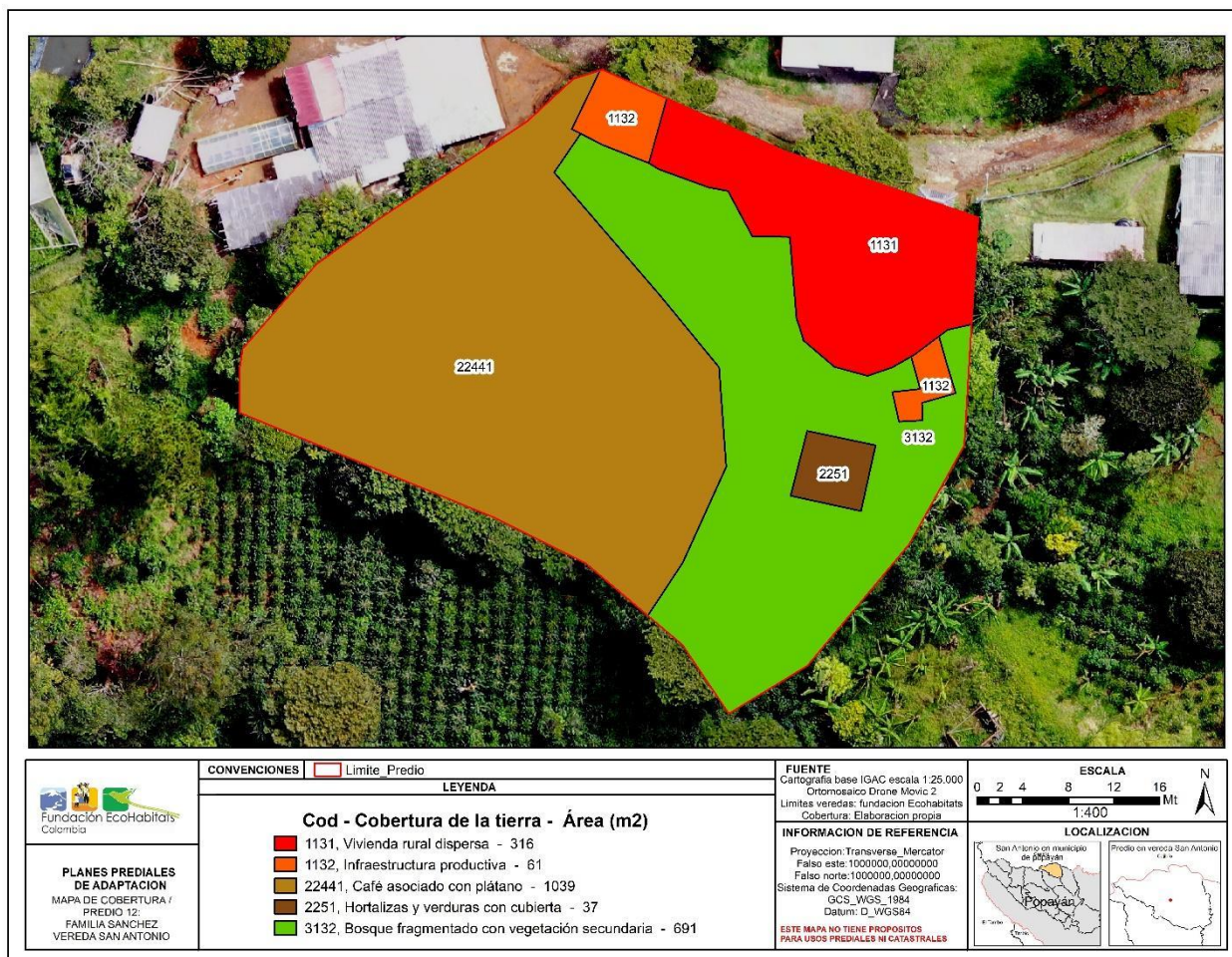
Figura 15. Distribución porcentual (%) de los tipos de uso del suelo en el predio No. 11. Familia Mosquera. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

6.2.12 PREDIO No.12. FAMILIA SANCHEZ

El predio de la familia Sánchez tiene una extensión de 2.144 m², siendo las principales Café asociado con plátano, el cual representa el 48,46% del predio (1.039 m²), seguido por Bosque fragmentado con vegetación secundaria (691 m²-32,23%) y Vivienda rural dispersa (316 m²-14,74%) (Tabla 21 - Mapa 13).

Tabla 21. Cobertura de la tierra del predio No.12. familia Sánchez. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

Código	Cobertura de la tierra	Área (m ²)	Representatividad con respecto al total (%)
2.2.5.1	Hortalizas y verduras con cubierta	37	1,73%
1.1.3.2	Infraestructura productiva	61	2,85%
1.1.3.1	Vivienda rural dispersa	316	14,74%
3.1.3.2	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	691	32,23%
2.2.4.4.1	Café asociado con plátano	1039	48,46%
	Total	2144	100,00%



Mapa 13. Cobertura de la tierra del predio No.12. Familia Sánchez. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

Estas coberturas, se encuentran distribuidas en tres (3) tipos de uso: agrícola (1.137 m²), conservación (691 m²) y habitacional (316 m²). (Figura 16).

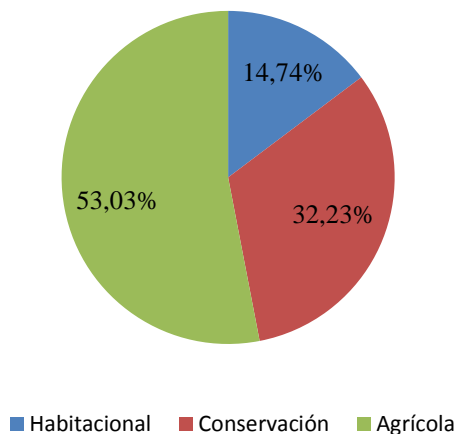


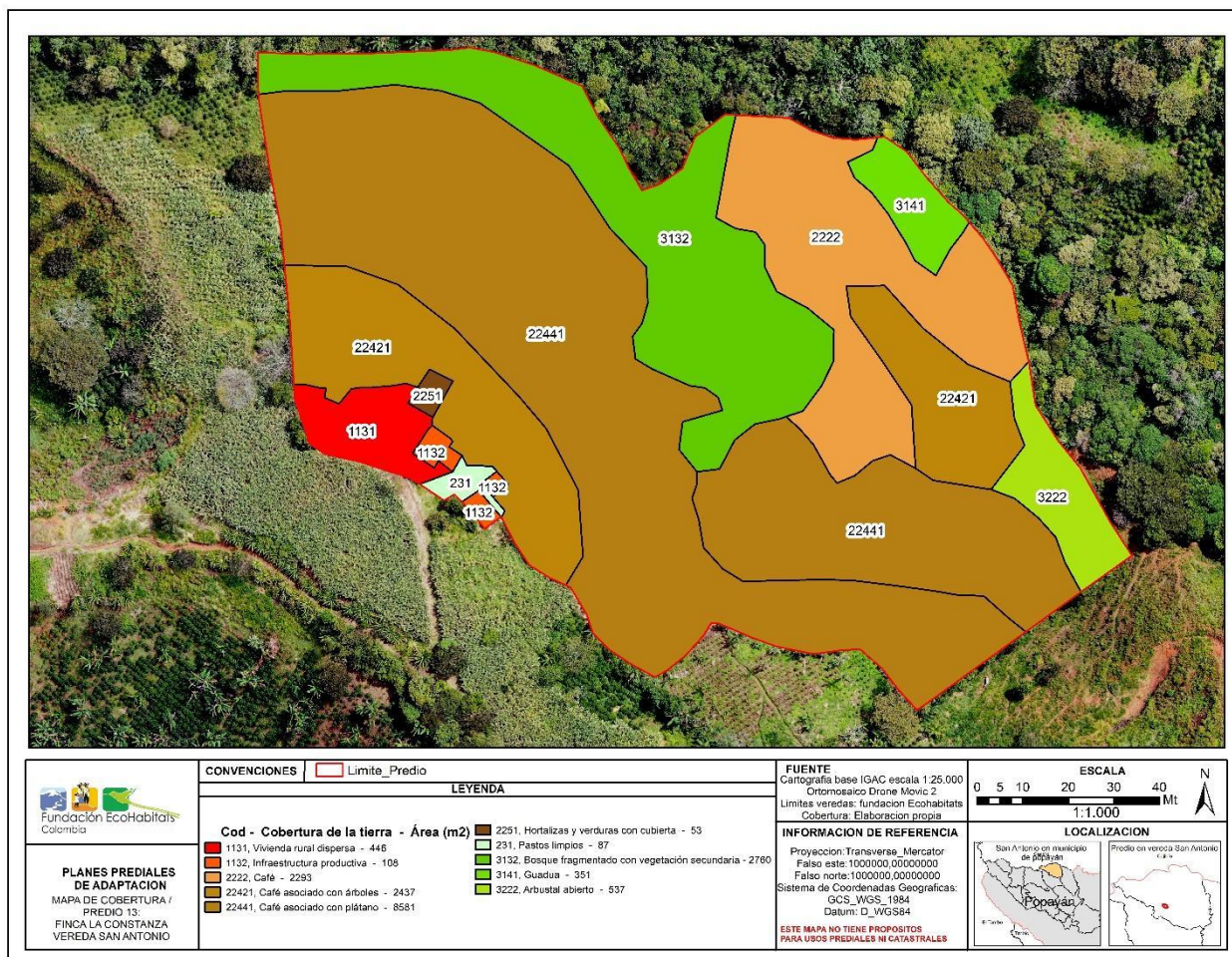
Figura 16. Distribución porcentual (%) de los tipos de uso del suelo en el predio No. 12. Familia Sánchez. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

6.2.13 PREDIO No.13. FINCA LA CONSTANZA

El predio La Constanza tiene una extensión de 17.653 m², siendo los principales, Café asociado con plátano, el cual representa el 48,61% del predio (8,561 m²), seguido por Bosque fragmentado con vegetación secundaria (2.760 m²-15,63%) y Café asociado con árboles (2.437 m²-13,81%) (Tabla 22 - Mapa 14).

Tabla 22. Cobertura de la tierra del predio No.13. finca La Constanza. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

Código	Cobertura de la tierra	Área (m ²)	Representatividad con respecto al total (%)
2.2.5.1	Hortalizas y verduras con cubierta	53	0,30%
2.3.1	Pastos limpios	87	0,49%
1.1.3.2	Infraestructura productiva	108	0,61%
3.1.4.1	Guadua	351	1,99%
1.1.3.1	Vivienda rural dispersa	446	2,53%
3.2.2.2	Arbustal abierto	537	3,04%
2.2.2.2	Café	2293	12,99%
2.2.4.2.1	Café asociado con árboles	2437	13,81%
3.1.3.2	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	2760	15,63%
2.2.4.4.1	Café asociado con plátano	8581	48,61%
	Total	17653	100,00%



Mapa 14. Cobertura de la tierra del predio No.13. Finca La Constanza. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

Estas coberturas, se encuentran distribuidas en cuatro (4) tipos de uso: agrícola (13.472 m²), conservación (3.648 m²), habitacional (446 m²) y ganadería (87 m²). (Figura 17).

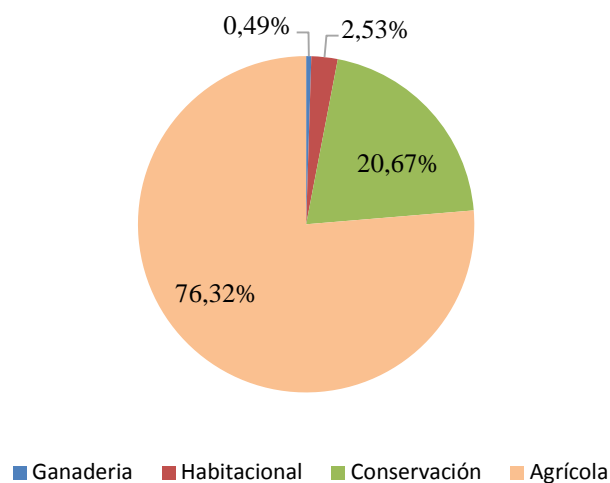


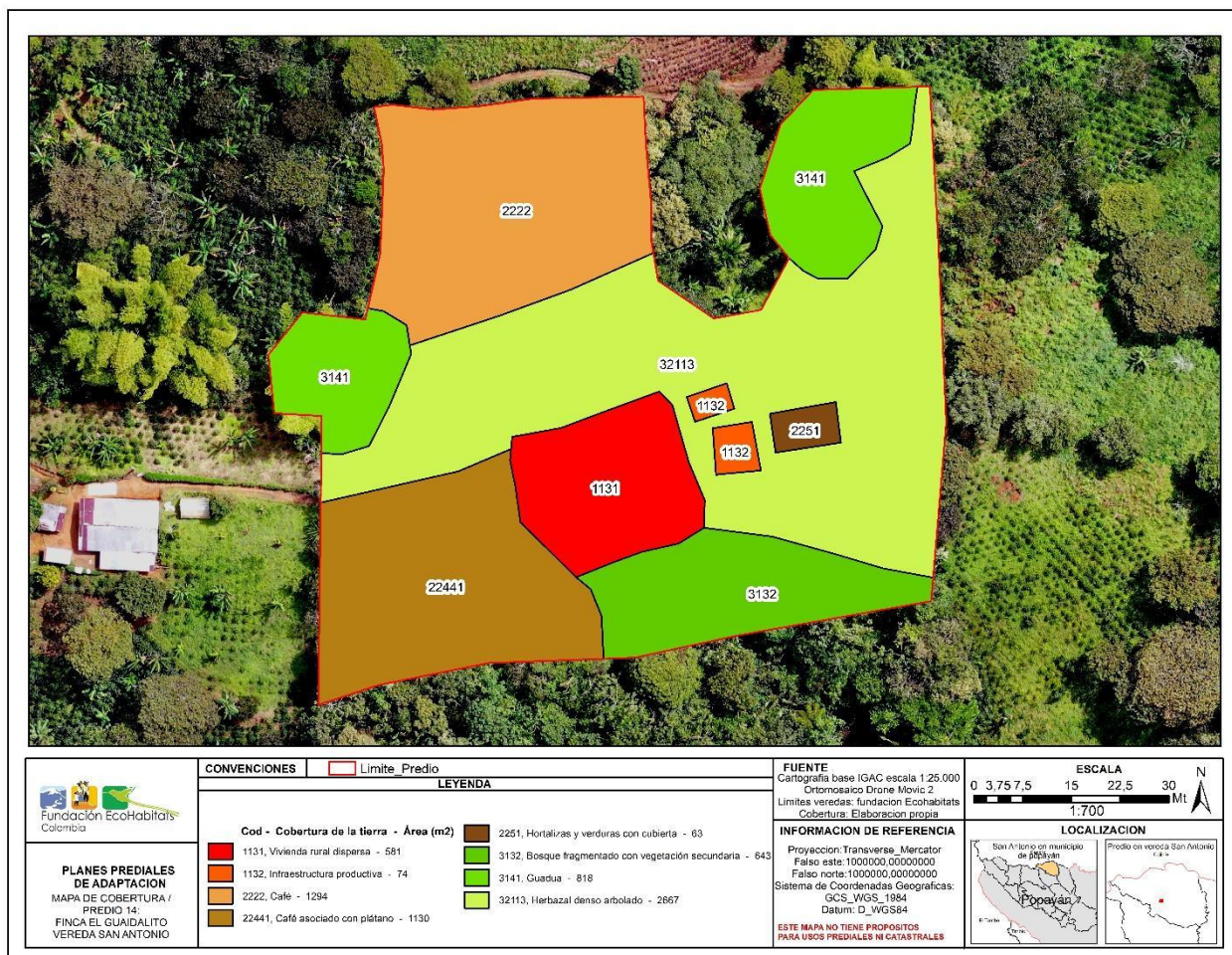
Figura 17. Distribución porcentual (%) de los tipos de uso del suelo en el predio No. 13. Finca La Constanza. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

6.2.14 PREDIO No.14. FINCA EL GUAIDALITO

El predio El Guaidalito tiene una extensión de 7.260 m², siendo los principales, Herbazal denso arbolado, el cual representa el 36,69% del predio (2.667 m²), seguido por Café (1.294 m²-17,80%) y Café asociado con plátano (1.130 m²-15,54%) (Tabla 23 - Mapa 15).

Tabla 23. Cobertura de la tierra del predio No.14. finca El Guaidalito. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

Código	Cobertura de la tierra	Área (m ²)	Representatividad con respecto al total (%)
2.2.5.1	Hortalizas y verduras con cubierta	63	0,87%
1.1.3.2	Infraestructura productiva	74	1,02%
1.1.3.1	Vivienda rural dispersa	581	7,99%
3.1.3.2	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	643	8,84%
3.1.4.1	Guadua	818	11,25%
2.2.4.4.1	Café asociado con plátano	1130	15,54%
2.2.2.2	Café	1294	17,80%
3.2.1.1.3	Herbazal denso arbolado	2667	36,69%
	Total	7270	100,00%



Mapa 15. Cobertura de la tierra del predio No.14. Finca El Guaidalito. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

Estas coberturas, se encuentran distribuidas en cuatro (4) tipos de uso: agrosilvopastoril (2.667 m²), agrícola (2.561 m²), conservación (1.461 m²) y habitacional (581 m²). (Figura 18).

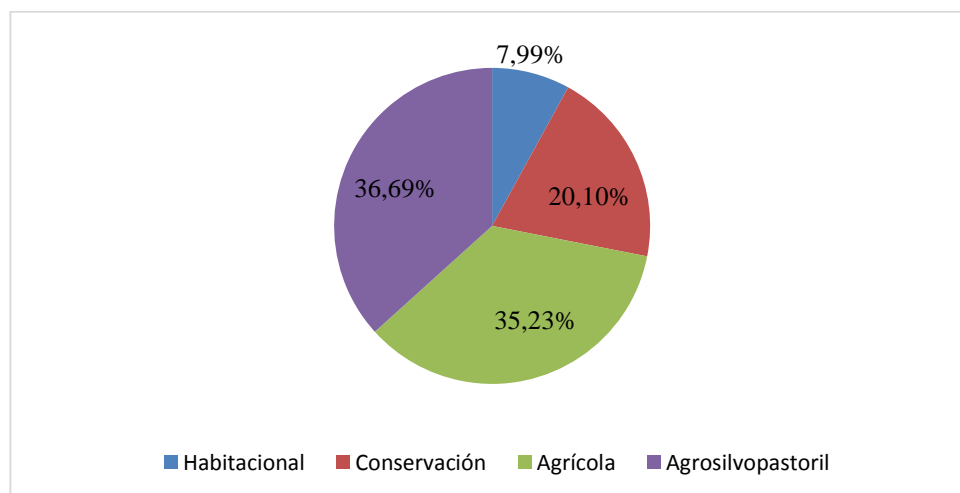


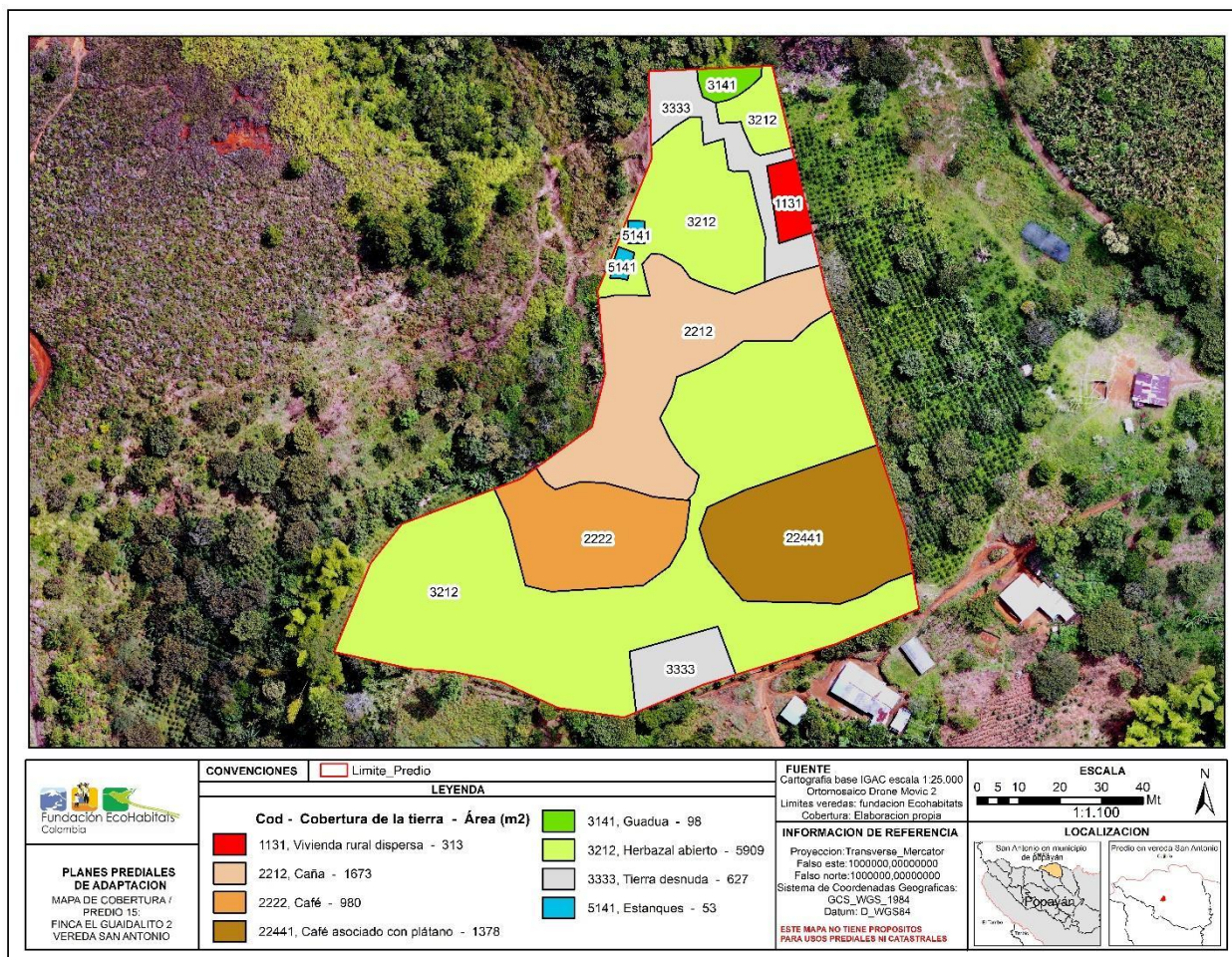
Figura 18. Distribución porcentual (%) de los tipos de uso del suelo en el predio No. 14. Finca El Guaidalito. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

6.2.15 PREDIO No.15. FINCA EL GUAIDALITO 2

El predio El Guaidalito 2 tiene una extensión de 11.031 m², siendo los principales, Herbazal abierto, el cual representa el 53,57% del predio (5.909 m²), seguido por Caña (1.673 m²-15,17%) y Café asociado con plátano (1.378 m²-12,49%) (Tabla 24 - Mapa 16).

Tabla 24. Cobertura de la tierra del predio No.15. finca El Guaidalito 2. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

Código	Cobertura de la tierra	Área (m ²)	Representatividad con respecto al total (%)
5.1.4.1	Estanques	53	0,48%
3.1.4.1	Guadua	98	0,89%
1.1.3.1	Vivienda rural dispersa	313	2,84%
3.3.3.3	Tierra desnuda	627	5,68%
2.2.2.2	Café	980	8,88%
2.2.4.4.1	Café asociado con plátano	1378	12,49%
2.2.1.2	Caña	1673	15,17%
3.2.1.2	Herbazal abierto	5909	53,57%
	Total	11031	100,00%



Mapa 16. Cobertura de la tierra del predio No.15. Finca El Guaidalito 2. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

Estas coberturas, se encuentran distribuidas en cinco (5) tipos de uso: conservación (6.007 m²), agrícola (4.031 m²), recuperación (627 m²), habitacional (313 m²) y acuícola (53 m²). (Figura 19).

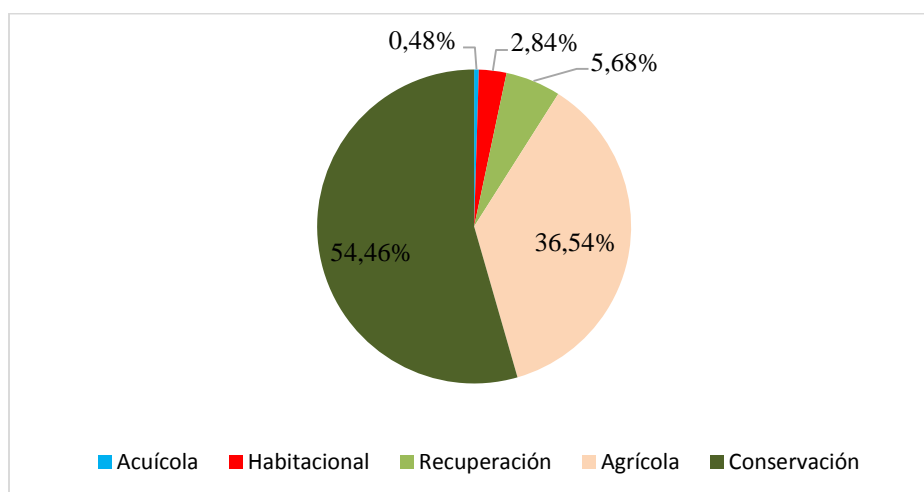


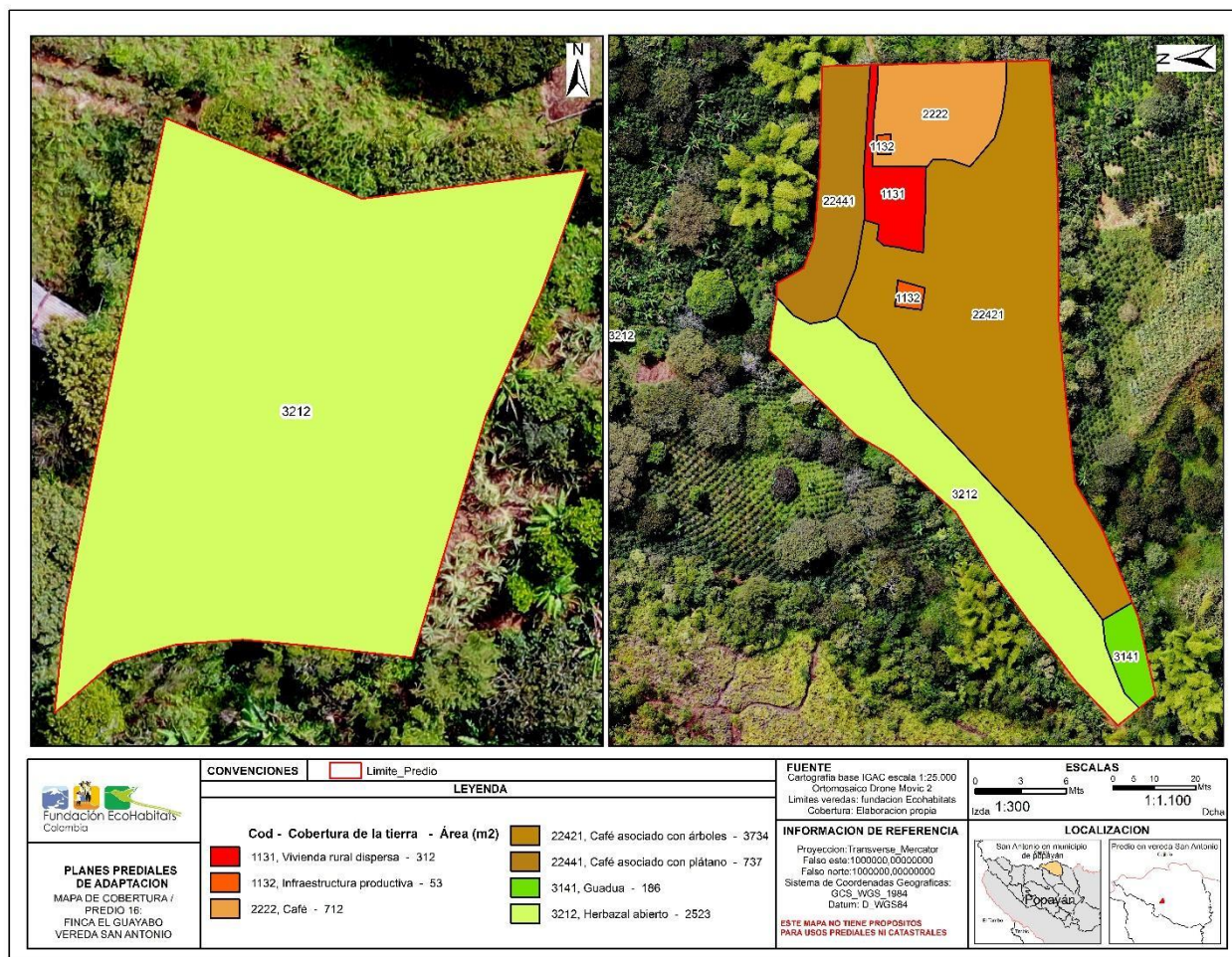
Figura 19. Distribución porcentual (%) de los tipos de uso del suelo en el predio No. 15. Finca El Guaidalito Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

6.2.16 PREDIO No.16. FINCA EL GUAYABO

El predio El Guayabo tiene una extensión de 8.257 m², siendo los principales, Café asociado con árboles, el cual representa el 45,22% del predio (3.734 m²), seguido por Herbazal abierto (2.523 m²-30,56%) y Café asociado con plátano (737 m²-8,93%) (Tabla 25 - Mapa 17).

Tabla 25. Cobertura de la tierra del predio No.16. finca El Guayabo. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

Código	Cobertura de la tierra	Área (m ²)	Representatividad con respecto al total (%)
1.1.3.2	Infraestructura productiva	53	0,64%
3.1.4.1	Guadua	186	2,25%
1.1.3.1	Vivienda rural dispersa	312	3,78%
2.2.2.2	Café	712	8,62%
2.2.4.4.1	Café asociado con plátano	737	8,93%
3.2.1.2	Herbazal abierto	2523	30,56%
2.2.4.2.1	Café asociado con árboles	3734	45,22%
	Total	8257	100,00%



Mapa 17. Cobertura de la tierra del predio No.16. Finca El Guayabo. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

Estas coberturas, se encuentran distribuidas en tres (3) tipos de uso: agrícola (5.236 m²), conservación (2.709 m²) y habitacional (312 m²). (Figura 20).

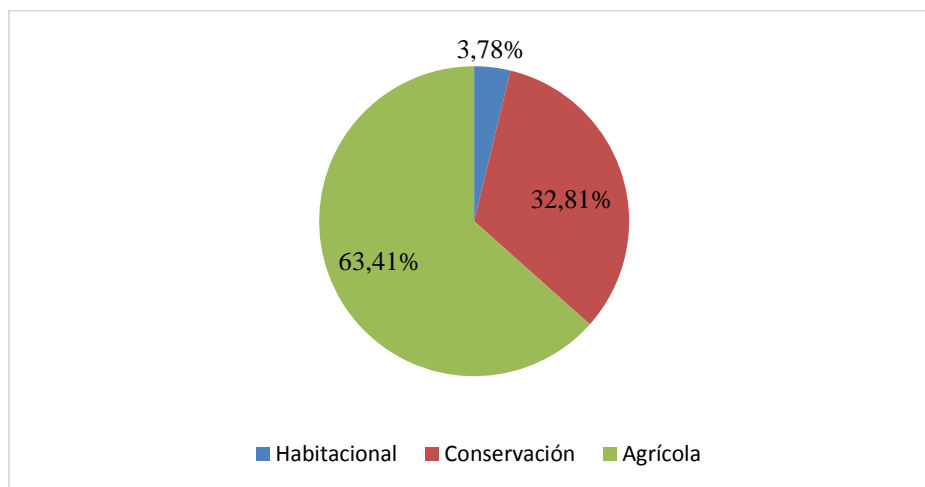


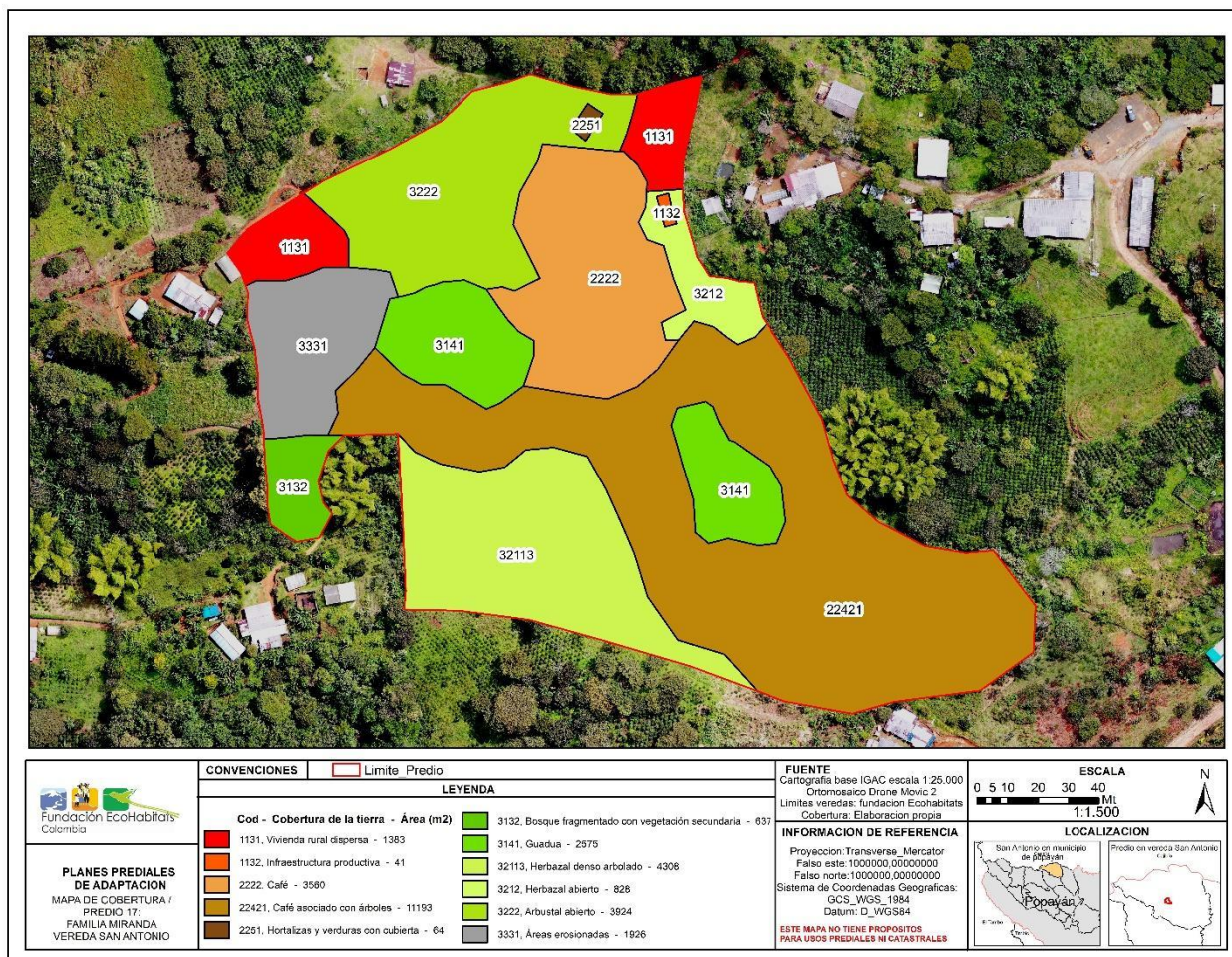
Figura 20. Distribución porcentual (%) de los tipos de uso del suelo en el predio No. 16. Finca El Guayabo. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

6.2.17 PREDIO No.17. FAMILIA MIRANDA

El predio de la familia Miranda tiene una extensión de 30.439 m², siendo las principales Café asociado con árboles, el cual representa el 36,77% del predio (11.193 m²), seguido por Herbazal denso arbolado (4.308 m²-14,15%) y Arbustal abierto (3.924 m²-12,89%) (Tabla 26 - Mapa 18).

Tabla 26. Cobertura de la tierra del predio No.17. familia Miranda. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca)

Código	Cobertura de la tierra	Área (m ²)	Representatividad con respecto al total (%)
1.1.3.2	Infraestructura productiva	41	0,13%
2.2.5.1	Hortalizas y verduras con cubierta	64	0,21%
3.1.3.2	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	637	2,09%
3.2.1.2	Herbazal abierto	828	2,72%
1.1.3.1	Vivienda rural dispersa	1383	4,54%
3.3.3.1	Áreas erosionadas	1926	6,33%
3.1.4.1	Guadua	2575	8,46%
2.2.2.2	Café	3560	11,70%
3.2.2.2	Arbustal abierto	3924	12,89%
3.2.1.1.3	Herbazal denso arbolado	4308	14,15%
2.2.4.2.1	Café asociado con árboles	11193	36,77%
	Total	30439	100,00%



Mapa 18. Cobertura de la tierra del predio No.17. Familia Miranda. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

Estas coberturas, se encuentran distribuidas en cuatro (4) tipos de uso: agrícola (16.784 m²), recuperación (9060 m²), conservación (3.112 m²) y habitacional (1.383 m²). (Figura 21).

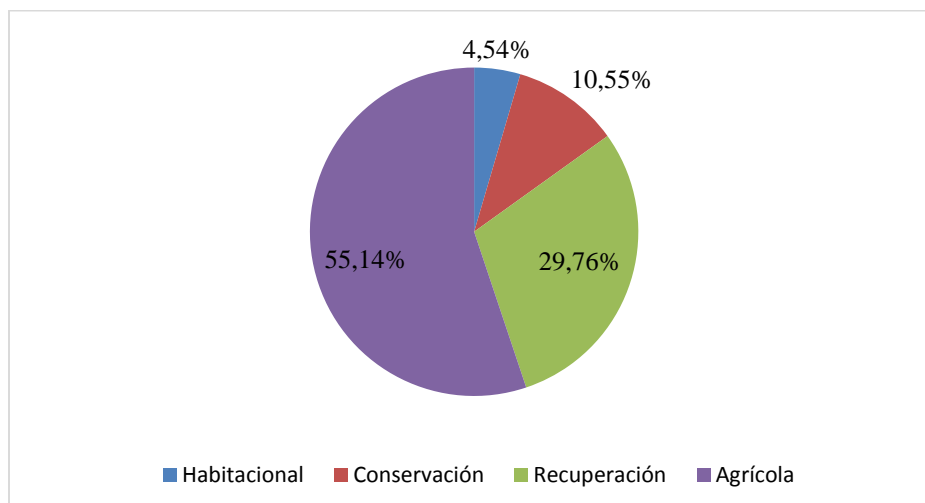


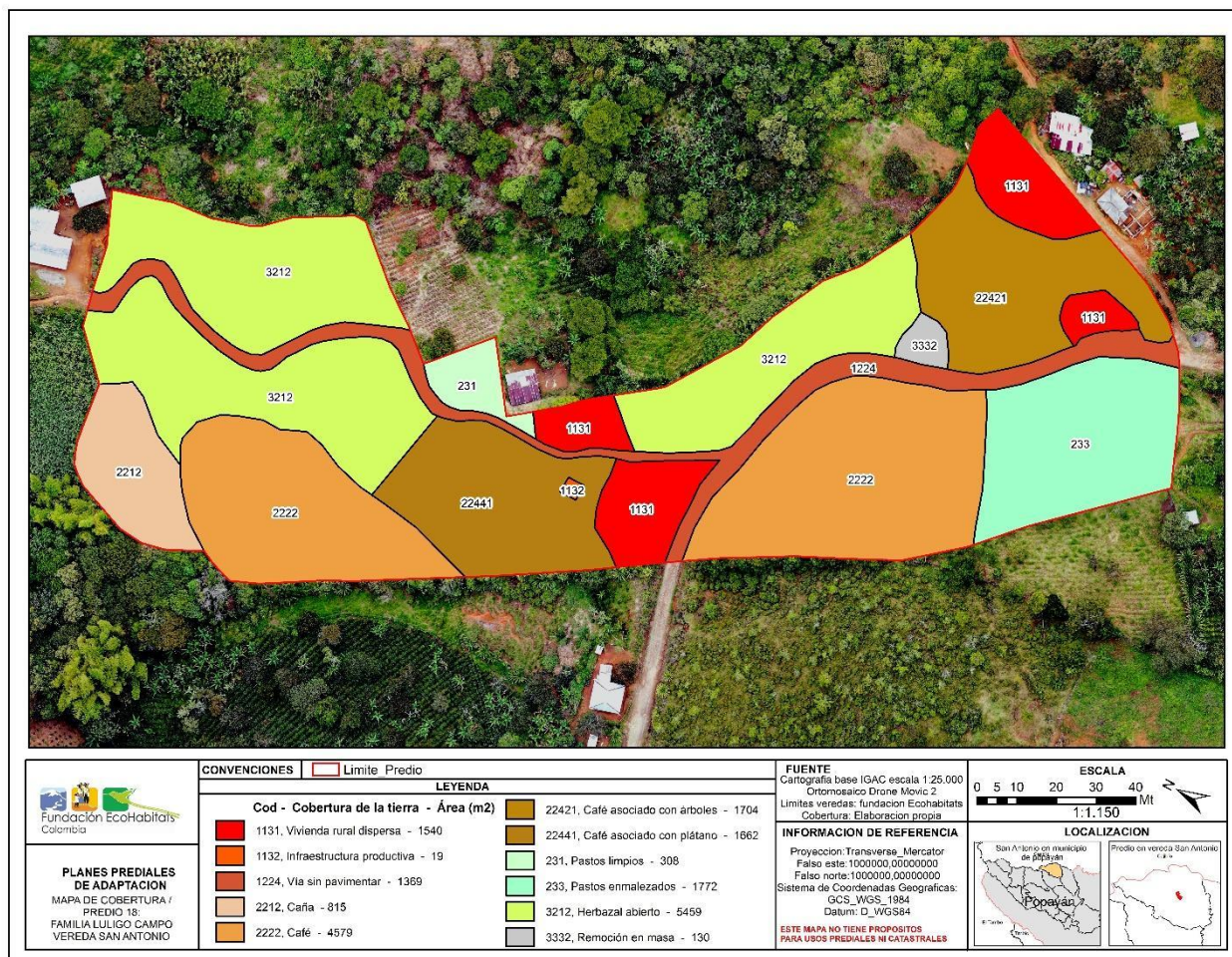
Figura 21. Distribución porcentual (%) de los tipos de uso del suelo en el predio No. 17. Familia Miranda. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).c

6.2.18 PREDIO No.18. FAMILIA LULIGO CAMPO

El predio de la familia Luligo Campo tiene una extensión de 19.357 m², siendo las principales Café, el cual representa el 23,66% del predio (4.579 m²), seguido por Herbazal abierto (3.913 m²-20,21%) y Pastos enmalezados (1.772 m²-9,15%) (Tabla 27 - Mapa 19).

Tabla 27. Cobertura de la tierra del predio No.18. familia Luligo Campo. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

Código	Cobertura de la tierra	Área (m ²)	Representatividad con respecto al total (%)
1.1.3.2	Infraestructura productiva	19	0,10%
3.3.3.2	Remoción en masa	130	0,67%
2.3.1	Pastos limpios	308	1,59%
2.2.1.2	Caña	815	4,21%
1.2.2.4	Vía sin pavimentar	1369	7,07%
1.1.3.1	Vivienda rural dispersa	1540	7,96%
3.2.1.2	Herbazal abierto	1546	7,99%
2.2.4.4.1	Café asociado con plátano	1662	8,59%
2.2.4.2.1	Café asociado con árboles	1704	8,80%
2.3.3	Pastos enmalezados	1772	9,15%
3.2.1.2	Herbazal abierto	3913	20,21%
2.2.2.2	Café	4579	23,66%
	Total	19357	100,00%



Mapa 19. Cobertura de la tierra del predio No.18. Familia Luligo Campo. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

Estas coberturas, se encuentran distribuidas en cinco (5) tipos de uso: agrícola (8.779 m²), recuperación (4.043 m²), ganadería (3.626 m²), habitacional (1.540 m²) y comunicaciones (1.369 m²). (Figura 22).

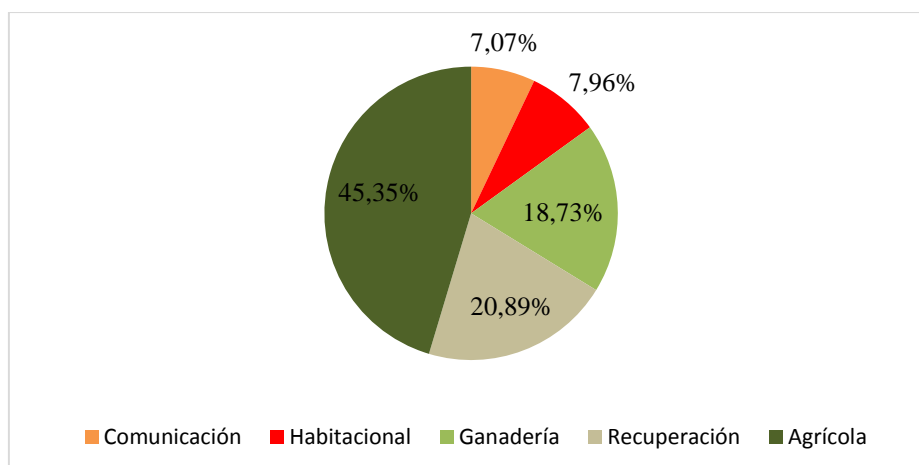


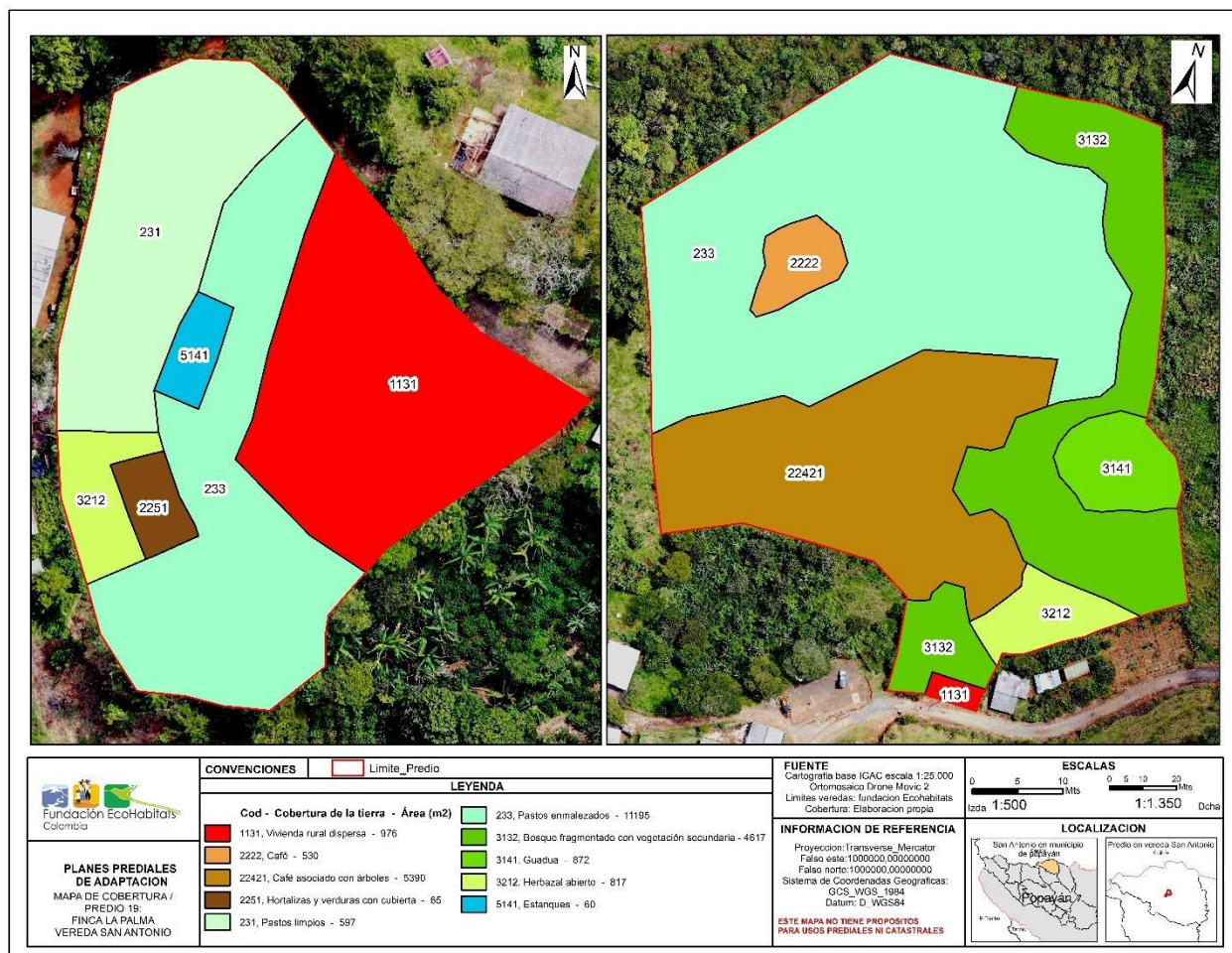
Figura 22. Distribución porcentual (%) de los tipos de uso del suelo en el predio No. 18. Familia Luligo Campo. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

6.2.19 PREDIO No.19. FINCA LA PALMA

El predio La Palma tiene una extensión de 25.119 m², siendo los principales, Pastos enmalezados, el cual representa el 44,57% del predio (11.195 m²), seguido por Café asociado con árboles (5.390 m²-21,46%) y Bosque fragmentado con vegetación secundaria (4.617 m²-18,38%) (Tabla 28 - Mapa 20).

Tabla 28. Cobertura de la tierra del predio No.19. finca La Palma. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

Código	Cobertura de la tierra	Área (m ²)	Representatividad con respecto al total (%)
5.1.4.1	Estanques	60	0,24%
2.2.5.1	Hortalizas y verduras con cubierta	65	0,26%
2.2.2.2	Café	530	2,11%
2.3.1	Pastos limpios	597	2,38%
3.2.1.2	Herbazal abierto	817	3,25%
3.1.4.1	Guadua	872	3,47%
1.1.3.1	Vivienda rural dispersa	976	3,89%
3.1.3.2	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	4617	18,38%
2.2.4.2.1	Café asociado con árboles	5390	21,46%
2.3.3	Pastos enmalezados	11195	44,57%
	Total	25119	100,00%



Mapa 20. Cobertura de la tierra del predio No.19. Finca La Palma. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

Estas coberturas, se encuentran distribuidas en cinco (5) tipos de uso: ganadería (11.792 m²), conservación (6.306 m²), agrícola (5.985 m²), habitacional (976 m²) y acuícola (60 m²). (Figura 23).

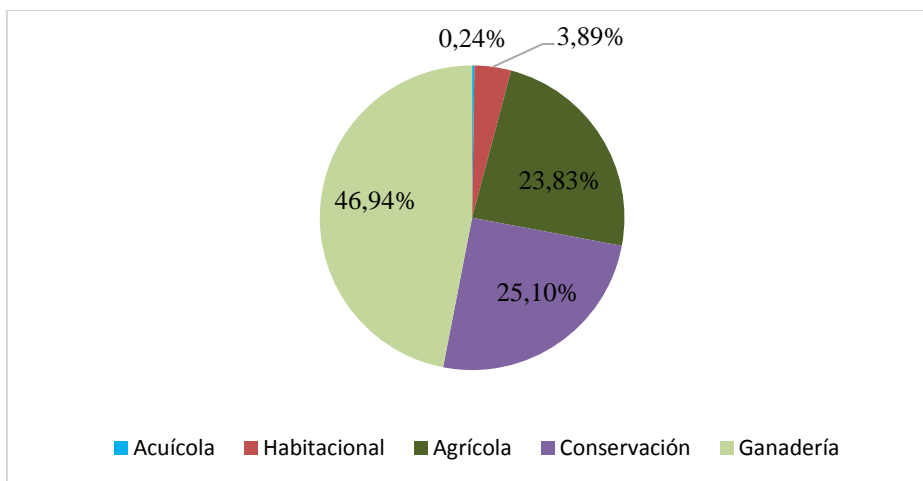


Figura 23. Distribución porcentual (%) de los tipos de uso del suelo en el predio No. 19. Finca La Palma. Vereda San Antonio

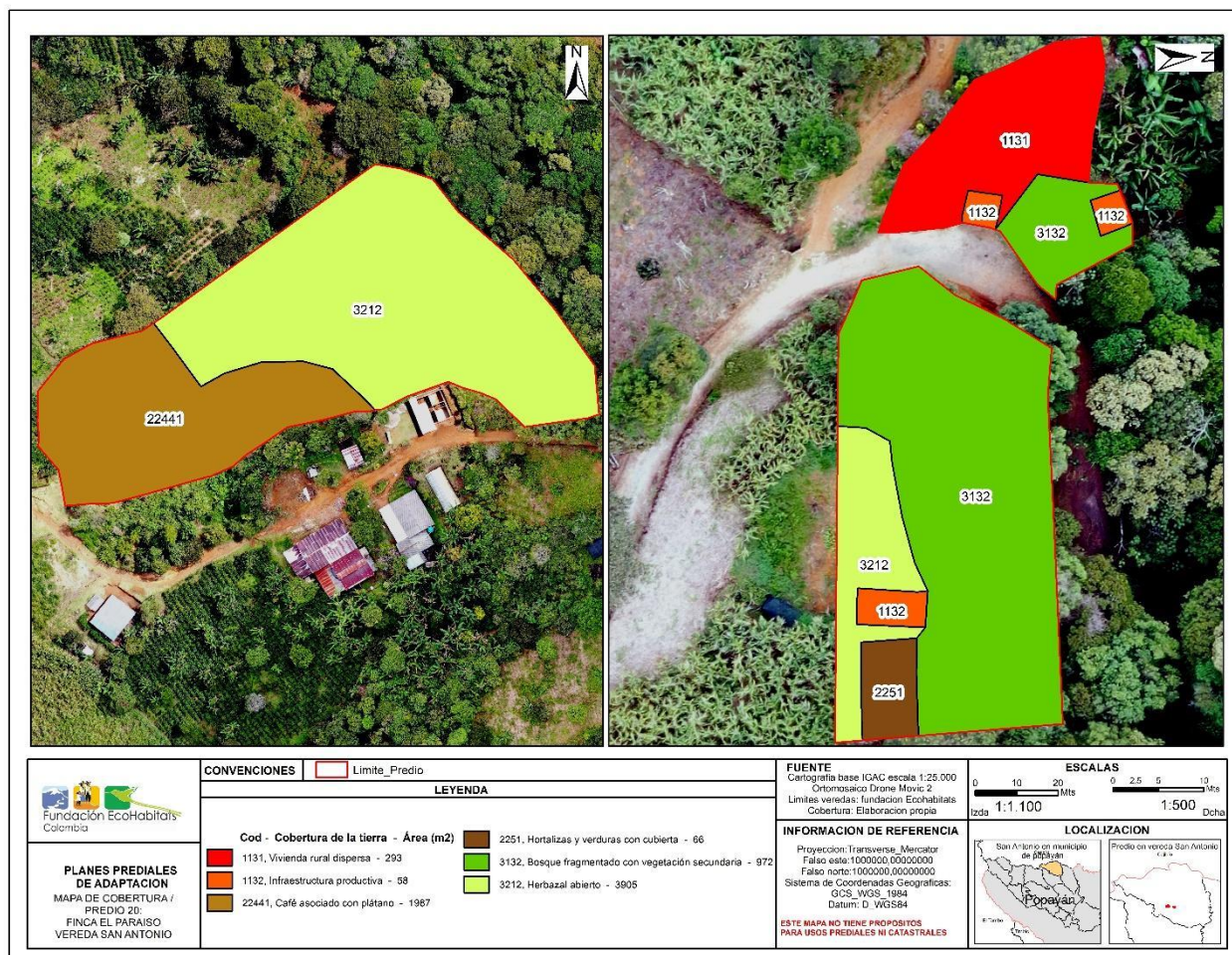
(Popayán-Cauca).

6.2.20 PREDIO No.20. FINCA EL PARAISO

El predio El Paraíso tiene una extensión de 7281 m², siendo los principales, Herbazal abierto, el cual representa el 53,63% del predio (3.905 m²), seguido por Café asociado con plátano (1.987 m²-27,29%) y Bosque fragmentado con vegetación secundaria (972 m²-13,35%) (Tabla 29- Mapa 21).

Tabla 29. Cobertura de la tierra del predio No.20. finca El Paraíso. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

Código	Cobertura de la tierra	Área (m ²)	Representatividad con respecto al total (%)
1.1.3.2	Infraestructura productiva	58	0,80%
2.2.5.1	Hortalizas y verduras con cubierta	66	0,91%
1.1.3.1	Vivienda rural dispersa	293	4,02%
3.1.3.2	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	972	13,35%
2.2.4.4.1	Café asociado con plátano	1987	27,29%
3.2.1.2	Herbazal abierto	3905	53,63%
	Total	7281	100,00%



Mapa 21. Cobertura de la tierra del predio No.20. Finca El Paraíso. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

Estas coberturas, se encuentran distribuidas en cuatro (4) tipos de uso: recuperación (3.905 m²), agrícola (2.111 m²), conservación (972 m²) y habitacional (293 m²). (Figura 24).

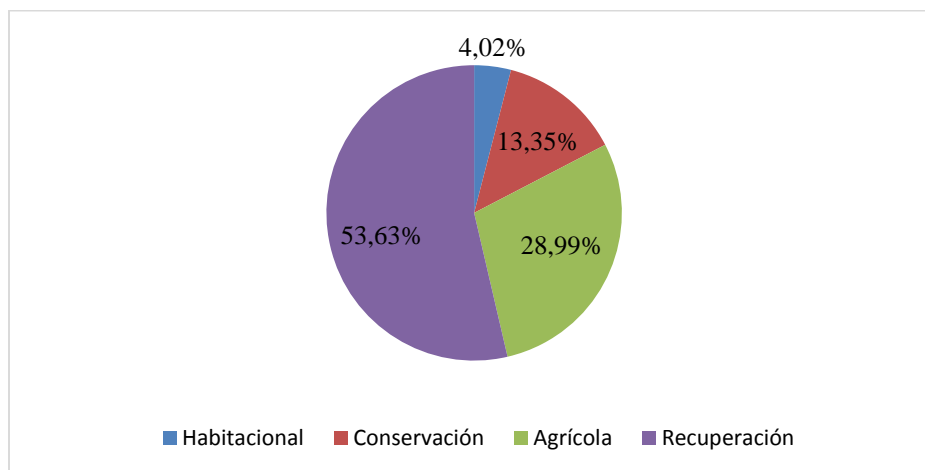


Figura 24. Distribución porcentual (%) de los tipos de uso del suelo en el predio No. 20. Finca El Paraíso. Vereda San Antonio (Popayán-Cauca).

6.3. GEODATABASE

Con el propósito de estructurar la información para que sea de fácil uso y ubicación se generó una geodatabase (Ilustración 17).

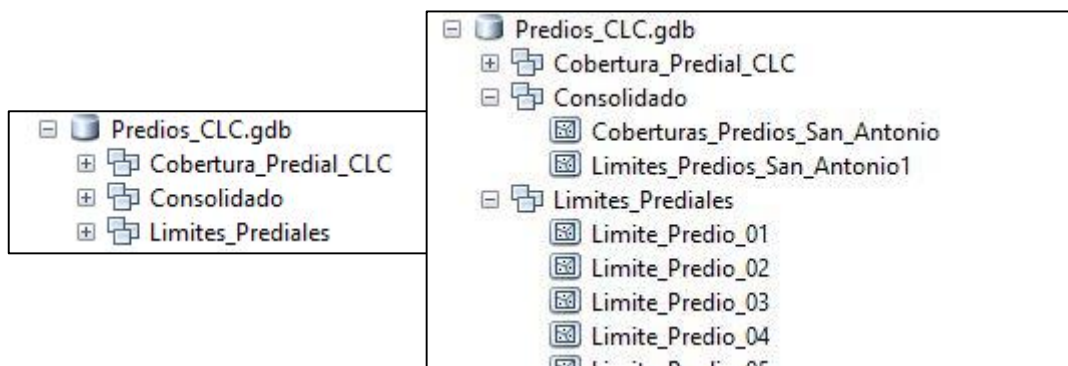


Ilustración 22. Estructura de geodatabase

Se generaron tres Feature Dataset: Cobertura_Predial_CLC, Consolidado y Límites_Prediales estructurados de la siguiente manera:

- Cobertura_Predial_CLC: contiene 20 Feature Class de las coberturas de la tierra digitalizadas con la adaptación de la metodología Corine Land Cover.
- Consolidado: contiene dos Feature Class, cada uno contiene el consolidado de los 20 Feature Class de los límites prediales y los 20 Feature Class de las coberturas de la tierra.
- Límites prediales: contiene 20 Feature Class de los límites prediales levantados y editados por la Fundación Ecohabitats.

6.3.1. Metadatos

Con la herramienta ARCCatalog de ArcGIS se generaron los metadatos para cada mapa, entre los cuales se encuentran el nombre, las etiquetas, el resumen, la descripción, los créditos, las limitaciones de uso, el cuadrángulo de coordenadas y el rango de escala de despliegue (Ilustraciones 23, 24 y 25).

Cobertura_Predial_CLC

File Geodatabase Feature Dataset



Tags

Coberturas, Corine Land Cover, Predios

Summary

Este trabajo es desarrollado en el marco de la practica profesional denominada "Generación De Mapas Prediales De Cobertura De La Tierra Mediante Procesamiento De Imágenes Obtenidas A Partir De Un Vehículo Aéreo No Tripulado (UAV) En La Vereda San Antonio, Noroccidente De Popayán (Cauca)" El area de estudio se ubica en el municipio de Popayan, departamento del Cauca en la vereda San Antonio, ubicada en la parte Nor Occidental del municipio. Este Feature Dataset corresponde a las 20 predios del area de trabajo con sus respectivas coberturas digitalizadas, la base fue el limite predial suministrado por la fundacion Ecohabitats.

Description

Cada Feature Class contenido en este Feature Dataset corresponde a las coberturas digitalizadas mediante interpretacion visualde Ortofoto con base enla metodologia Corine Land Cover ajustada para la clasificacion de cada unode los predios,

Credits

John Mafiunga - Fundacion Ecohabitats, 2022.
Desarrollo de practica Profesional Universidad Del Cauca "Generación De Mapas Prediales De Cobertura De La Tierra Mediante Procesamiento De Imágenes Obtenidas A Partir De Un Vehículo Aéreo No Tripulado (Uav) En La Vereda San Antonio, Noroccidente De Popayán (Cauca)"

Use limitations

Los mapas de cobertura son de libre uso.

Extent

West -76.671848 **East** -76.652870
North 2.557325 **South** 2.544790

Scale Range

Maximum (zoomed in) 1:5,000
Minimum (zoomed out) 1:50,000

Ilustración 23. Metadato Feature dataset "Coberturas CLC"

Limites_Prediales

File Geodatabase Feature Dataset



Tags

Limites, Predios, Fundacion Ecohabitats

Summary

Este trabajo es desarrollado en el marco de la practica profesional denominada "Generación De Mapas Prediales De Cobertura De La Tierra Mediante Procesamiento De Imágenes Obtenidas A Partir De Un Vehículo Aéreo No Tripulado (UAV) En La Vereda San Antonio, Noroccidente De Popayán (Cauca)"

Este Feature Dataset corresponde a los limites de los predios del area de trabajo realizados por la Fundacion Ecohabitats,

Description

Cada Feature Class contenido en este Feature Dataset corresponde a los limites de los predios, informacion levantada y editada por la Fundacion Ecohabitats.

Credits

John Mañunga - Fundacion Ecohabitats, 2022.
Desarrollo de practica Profesional Universidad Del Cauca "Generación De Mapas Prediales De Cobertura De La Tierra Mediante Procesamiento De Imágenes Obtenidas A Partir De Un Vehículo Aéreo No Tripulado (Uav) En La Vereda San Antonio, Noroccidente De Popayán (Cauca)"

Use limitations

There are no access and use limitations for this item.

Extent

West -76.671848 **East** -76.653312
North 2.557324 **South** 2.544790

Scale Range

Maximum (zoomed in) 1:5,000
Minimum (zoomed out) 1:50,000

Ilustración 24. Metadato Feature dataset "Limites prediales"



Summary

Este trabajo es desarrollado en el marco de la práctica profesional denominada "Generación De Mapas Prediales De Cobertura De La Tierra Mediante Procesamiento De Imágenes Obtenidas A Partir De Un Vehículo Aéreo No Tripulado (UAV) En La Vereda San Antonio, Noroccidente De Popayán (Cauca)"
Este Feature Dataset corresponde al consolidado de las coberturas digitalizadas y límites de los 20 predios del área de trabajo suministrado por la fundación Ecohabitats.

Description

En este Feature Dataset están contenidos 2 Feature Classes denominados de la siguiente manera: "Coberturas_Predios_San_Antonio" = Consolidado de las coberturas digitalizadas de los predios del área de estudio.

"Límites_Predios_San_Antonio" = Consolidado de los límites prediales suministrados por la fundación Ecohabitats

Credits

John Maifunga - Fundación Ecohabitats, 2022.
Desarrollo de práctica Profesional Universidad Del Cauca "Generación De Mapas Prediales De Cobertura De La Tierra Mediante Procesamiento De Imágenes Obtenidas A Partir De Un Vehículo Aéreo No Tripulado (Uav) En La Vereda San Antonio, Noroccidente De Popayán (Cauca)"

Use limitations

Los mapas de cobertura son de libre uso.

Extent

West	-76.671848	East	-76.652870
North	2.557325	South	2.544790

Ilustración 25. Metadato Feature dataset "Consolidado"

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El software PIX4D Mapper es una tecnología que permite el procesamiento fotogramétrico digital para la generación de ortofotos de alta resolución y calidad a partir de imágenes aéreas adquiridas con UAVs, permitiendo la clasificación visual de cobertura de la tierra y la generación de cartografía temática pertinente para planificación y monitoreo de coberturas en predios menores a 1 ha.

La obtención de imágenes aéreas a partir de UAVs ofrece niveles detallados de interpretación lo cual es útil para determinar la cobertura de la tierra de microfundios (menor a 5 ha), minifundios (menor a 2 ha) y pequeña propiedad (menor a 1 ha) permitiendo a los propietarios de predio y organizaciones de apoyo, la selección y localización de medidas de adaptación a variabilidad climática.

La leyenda Corine Land Cover con los tipos de cobertura de la tierra y códigos RGB estructurada para los 20 predios de la vereda San Antonio (Popayán-Cauca) constituye una herramienta fundamental para la elaboración de mapas de cobertura en otras zonas rurales bajo los estándares de información geográfica definidos por IDEAM para Colombia, ajustándose a los diferentes niveles de interpretación a partir de la estructura de niveles y códigos definidos.

Disponer de una información estructurada en una geodatabase con metadatos y en extensión mxd, se constituye en una herramienta de utilidad para el monitoreo de cobertura de la tierra realizado por la Fundación Ecohabitats, dado que permite realizar una gestión de datos centralizada, edición multiusuario y seguimiento al cambio en los datos, generar modelos de relaciones espaciales posteriores con otra información espacial utilizada por la organización e integración posterior a otros sistemas informáticos.

La precisión y calidad de los resultados fotogramétricos se relaciona con la calidad de los insumos y técnicas implementadas a la hora de obtener las fotografías aéreas, es por eso que se

recomienda que:

- A) Para zonas en especial en este tipo de topografía (montañosa) es recomendable traslapes no menores al 70%, esto permitirá que el software tenga más información de este tipo de áreas para un mejor procesamiento.
- B) La toma de puntos de control es recomendable realizarlo con marcas fotogramétricas de tal manera que logren una mayor precisión
- C) Para cada punto de control se recomienda el uso de marcas en el terreno que sea de fácil identificación en las fotografías aéreas.

8 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Acuerdo 06 de 2002[Concejo Municipal de Popayán]. Por el cual se adopta el Plan de Ordenamiento

Territorial para el Municipio de Popayán. 05 de agosto del 2002. Recuperado de:

<http://popayan.gov.co/sites/default/files/files/ACUERDO%2006%202002%20NORMAS%20POT.pdf>

Benito, J. (2015). *Integración de un UAV (vehículo aéreo no tripulado) en la plataforma robótica ARGOS*

(Tesis de pregrado). Universidad Autónoma De Madrid) Recuperado de:

https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/665076/Benito_Carrasco_JuanAlberto_pfc.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Berrío, M., Viviana, A., Mosquera, T., Jemay., Alzate, V., y Diego, F (2015). Uso de drones para el análisis

de imágenes multiespectrales en agricultura de precisión, *LIMENTECH CIENCIA Y TECNOLOGÍA*

ALIMENTARIA, 13(1), pg 28-40. Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/230755963.pdf>.

Calderón Aragón, G., Cubillos Rodríguez, J. P. ., & Delgado Niño, P. (2021). Uso de los vehículos aéreos

no tripulados (drones) para el levantamiento de información primaria en los estudios ambientales por parte de las consultoras ambientales. *Avances Investigación En Ingeniería*, 19(1).

<https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.7575>

Colomina, I., Molina, P. (2014). Sistemas aéreos no tripulados para fotogrametría y teledetección: una

revisión. *Revista ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, (94), pg 79-97.

<https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2014.02.013>

Dávalos, P. (2018). *AFI, AeroFotogrametría Inteligente*. Recuperado de:

[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/467656/Libro_Aerofotogrametr a Inteligente AFI.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/467656/Libro_Aerofotogrametr%C3%ADa_Inteligente_AFI.pdf)

Escalante, J., Aceres, J y Porras, H. (2016). Ortomosaicos y modelos digitales de elevación generados a

partir de imágenes tomadas con sistemas UAV. *Revista Tecnura*, 20(50), 119-140. doi:

10.14483/udistrital.jour.tecnura.2016.4.a091.

García-Meléndez, E. (2007). Análisis visual de imágenes. *Módulo VII: Sistemas de Información Geográfica*

y Teledetección. Master en Ingeniería Medioambiental y Gestión del Agua 2006/2007. Universidad de

León. Recuperado de: <https://static.eoi.es/savia/documents/componente45422.pdf>

González, A y Otálora, P. (2020). *Uso de sensores remotos y tecnología de vehículos aéreos no tripulados (UAV) para apoyar la identificación de la salinización del suelo en San Miguel de Sema, Boyacá, Colombia.* (Tesis pregrado). Universidad De Ciencias Aplicadas y Ambientales. Bogotá. Recuperado de: <https://repository.udca.edu.co/bitstream/handle/11158/683/Trabajo%20de%20grado%20Gonz%C3%A1lez-Ot%C3%A1lora.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

González, A. (2011). *V. Sensores remotos y manejo de información geográfica.* En Bautista, F., Delfin, H., Palacio, J y Delgado, M (Eds.). *Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales* (pp. 453-507) Recuperado de: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/429/sensores.pdf>

Granados, Y. (2018). *Manual Para El Postproceso De Imágenes Obtenidas A Partir De Una Aeronave Tripulada Remotamente (Drone) En Los Software Agisoft Photoscan Y PIX4D.* INVIAS – Universidad Distrital Francisco José De Caldas. Recuperado de <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/14055/ZafraGranadosYesidRomairoAnexo-1.pdf?sequence=2>

Guevara, M., Meza, A., Esquivel, E., Arias, D., Tapia, A y Masís, F. (2020). *Uso de vehículos aéreos no tripulados (VANT's) para el monitoreo y manejo de los recursos naturales: una síntesis. Tecnología en Marcha.* Vol. 33-4. Octubre-Diciembre 2020. Pág 77-88. Doi: <https://doi.org/10.18845/tm.v33i4.4528>

Guzmán, D. y Sandoval, E. (2020). *Determinación de uso y cobertura del suelo mediante imágenes de cámara multiespectral y vehículo aéreo no tripulado* (Tesis de pregrado) Universidad Distrital Francisco José De Caldas, Bogotá D.C. Recuperado de: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/25657/Guzm%C3%A1nRomeroDaiverEduardo2020.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Hamilton, R. y Méndez, M. (Enero-Marzo,2020). *La evaluación visual multi- temporal: innovación para el monitoreo de la cobertura y uso de la tierra. Ambientico,(7)51–56.* Recuperado de:

https://www.ambientico.una.ac.cr/wp-content/uploads/tainacan-items/5/30672/273_51-56.pdf

IDEAM, 2010. Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D. C., 72p. ISBN: 978-958-806729-2

IDEAM, IGAC y CORMAGDALENA. 2008. Mapa de Cobertura de la Tierra Cuenca Magdalena-Cauca: Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia a escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto Geográfico Agustín Codazzi y Corporación Autónoma Regional del río Grande de La Magdalena. Bogotá, D.C., 200p. + 164 hojas cartográficas. ISBN 978-958-8323-19-0

López, J y Riaño, M. (2018). *Producción de ortofotos, aereotriangulación, fotocontrol, modelo digital de terreno y cartografía digital escala 1:1000 para actualización y complementación de catastro de Costa Rica*. (pasantía de pregrado). Universidad Distrital Francisco José De Caldas. Bogotá, Colombia
Recuperado de:

<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/14049/L%C3%B3pezAlcal%C3%A1JorgeWilliam2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Lorduy, S. (2017). *Generación de ortoimágenes usando vehículos aéreos no tripulados aplicado a la agricultura* (Tesis de pregrado). Universidad Eafit. Medellín, Colombia. *Recuperado de:*
https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/12376/Sara_LorduyHern%C3%A1ndez2017.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Monte, Danillo & Pereira, Daniel & Santos, Marcos & Lopes, Paulo. (2020). Identificação por meio de VANT dos riscos ocupacionais de operários na pavimentação asfáltica. *Recuperado de:*
https://www.researchgate.net/publication/343721712_Identificacao_por_meio_de_VANT_dos_riscos_ocupacionais_de_operarios_na_pavimentacao_asfaltica

- Nex, F., Remondino, F. (2013). UAV para aplicaciones de mapeo 3D: una revisión. *Appl Geomat* **6**, 1-15
<https://doi.org/10.1007/s12518-013-0120-x>
- Niño, S y Camacho, D. (2019). *Reproducción y evaluación de ortofotomosaicos generados a partir de imágenes capturadas por UAVS como posible solución para la actualización catastral de los municipios en Colombia; caso de estudio, Tena Cundinamarca* (Tesis pregrado). Bogotá, Colombia. Recuperado de:
<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/25278/Ni%C3%B1oCarranzaSergioAlejandro2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Olaya, V. (2014). *Sistemas de Información Geográfica*. Recuperado de:
https://www.icog.es/TyT/files/Libro_SIG.pdf
- ORTEGA, L.A.; PAZ-B, L. P. (2014). Manual para la formulación de planes prediales de adaptación a la variabilidad climática. Convenio 7200000325 Empresa Energética ISA SA- Fundación Pro Cuenca Río Las Piedras – Fundación Ecohabitats 2013. Recuperado de
https://www.preventionweb.net/files/64813_manualplanespredialesadaptacion1.pdf
- Pesantez, E. (2015). *Clasificación y predicción de cambio de coberturas de suelo de la cuenca del Río Paute utilizando herramientas geoinformáticas* (Tesis de maestría.). Universidad De Cuenca. Cuenca, Ecuador. Recuperado de: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/21445/1/tesis.pdf>
- Riaño, E. (2018). *Metodología para el diseño de un vuelo fotogramétrico usando UAV'S*. (Tesis de pregrado). Universidad Distrital Francisco José De Caldas. Bogotá, Colombia. Recuperado de:
<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/13097/Ria%F1oRodr%EDguezEdgarRoberto2018.pdf?sequence=1>
- Rivera (2017). Evaluación de Método de Corrección Geométrica de Fotografía Aérea escala 1:1.000 capturada por vehículos aéreos no tripulados estableciendo una red Geodésica de cuarto orden. *Memorias Y Boletines De La Universidad Del Azuay*, 1(XVI), 195–208. Recuperado de:
<https://revistas.uazuay.edu.ec/index.php/memorias/article/view/64/58>

Sánchez, C y Calderón, A. (2020). *Procesamiento digital de imágenes obtenidas con dron mediante el uso de software libre.* (Tesis de pregrado). Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia.

Recuperado de:

<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/26169/SanchezArizaCarlosIvan2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sánchez, C. (junio, 2017). Vehículos aéreos no tripulados: descripciones generales y aplicaciones.

Desarrollo Tecnológico E Innovación Empresarial, Vol1 (6). Pg 1-6. Recuperado de:

[https://www.researchgate.net/profile/Claudia-Sanchez-](https://www.researchgate.net/profile/Claudia-Sanchez-30/publication/332353911_VEHICULOS_AEREOS_NO_TRIPULADOS_DESCRIPCIONES_GENERALES_Y_APLICACIONES/links/5cafb05f299bf120975f786e/VEHICULOS-AEREOS-NO-TRIPULADOS-DESCRIPCIONES-GENERALES-Y-APLICACIONES.pdf)

[30/publication/332353911_VEHICULOS_AEREOS_NO_TRIPULADOS_DESCRIPCIONES_GENERALES_Y_APLICACIONES/links/5cafb05f299bf120975f786e/VEHICULOS-AEREOS-NO-TRIPULADOS-DESCRIPCIONES-GENERALES-Y-APLICACIONES.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Claudia-Sanchez-30/publication/332353911_VEHICULOS_AEREOS_NO_TRIPULADOS_DESCRIPCIONES_GENERALES_Y_APLICACIONES/links/5cafb05f299bf120975f786e/VEHICULOS-AEREOS-NO-TRIPULADOS-DESCRIPCIONES-GENERALES-Y-APLICACIONES.pdf)

Santos, V. (2014). *Fotogrametría usando plataforma aérea UAV (Unmanned Aerial Vehicle).* (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica De Catalunya. Recuperado de:

<https://core.ac.uk/download/pdf/41806759.pdf>

Vázquez, J. y Backhoff, M. (2017). *Procesamiento geo-informático de datos generados mediante drones para la gestión de infraestructura del transporte.* (Publicación No. 490). Recuperado de

<https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt490.pdf>

Veneros, J., García, L., Morales, E., Gómez, V., Torres, M y López, F. (2020). Aplicación de sensores remotos para el análisis de Cobertura de la tierra y cuerpos de agua. *IDESIA*, (38), 99-107. Recuperado

de: <https://www.scielo.cl/pdf/idesia/v38n4/0718-3429-idesia-38-04-99.pdf>

9 ANEXOS

Anexo 1A Tabla de distribución de coberturas de la tierra, áreas, grupo de usos y porcentajes por predio.

Predio	Área (m ²)	Cobertura de la tierra	Código	Grupo Uso	Cobertura /área del predio (%)	Grupo uso / área del predio (%)	Área Total (m ²)
PREDIO 01 Familia Rodríguez	409	Vivienda rural dispersa	1131	Habitacional	10,36%	10,36%	3949
	3184	Café asociado con plátano	22441	Agrícola	80,63%	81,97%	
	53	Hortalizas y verduras con cubierta	2251		1,34%		
	303	Guadua	3141	Conservación	7,67%	7,67%	
PREDIO 02 Familia Campo Córdoba	986	Vivienda rural dispersa	1131	Habitacional	4,05%	4,05%	24361
	480	Vía sin pavimentar	1224	Comunicación	1,97%	1,97%	
	3554	Café asociado con árboles	22421	Agrícola	14,59%	14,59%	
	771	Pastos limpios	231	Ganadería	3,16%	35,20%	
	1950	Pastos enmalezados	233		8,00%		
	5855	Herbazal denso con arbustos	32114		24,03%		
	4432	Arbustal abierto	3222	Recuperación	18,19%	44,06%	
	6302	Áreas erosionadas	3331		25,87%		
31	Estanques	5141	Acuícola	0,13%	0,13%		
PREDIO 03 Finca El Aguacate	45	Estanques	5141	Acuícola	0,43%	0,43%	10494
	2548	Café	2222	Agrícola	24,28%	41,16%	
	1771	Café asociado con plátano	22441		16,88%		
	521	Arbustal abierto	3222	Conservación	4,96%	4,96%	
	819	Pastos limpios	231	Ganadería	7,80%	7,80%	
	500	Vivienda rural dispersa	1131	Habitacional	4,76%	4,76%	
	2703	Herbazal abierto	3212	Recuperación	25,76%	40,88%	
	1514	Áreas erosionadas	3331		14,43%		
73	Tierra desnuda	3333		0,70%			
PREDIO 04 Familia Chantre	32	Infraestructura productiva	1132	Agrícola	0,12%	22,90%	25939
	3022	Caña	2212		11,65%		
	177	Café asociado con plátano	22441		0,68%		
	2709	Tierra desnuda	3333		10,44%		
	9846	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	3132	Conservación	37,96%	39,57%	
	419	Guadua	3141		1,62%		
	405	Vivienda rural dispersa	1131	Habitacional	1,56%	1,56%	

Predio	Área (m ²)	Cobertura de la tierra	Código	Grupo Uso	Cobertura /área del predio (%)	Grupo uso / área del predio (%)	Área Total (m ²)
	4818	Herbazal denso con arbustos	32114	Recuperación	18,57%	33,36 %	
	2664	Helechal	32115		10,27%		
	176	Herbazal abierto	3212		0,68%		
	996	Arbustal abierto	3222		3,84%		
	675	Vía sin pavimentar	1224	Comunicación	2,60%	2,60%	
PREDIO 05 Finca Los Naranjos	205	Infraestructura productiva	1132	Agrícola	2,35%	85,14 %	8729
	2572	Caña	2212		29,47%		
	4368	Café asociado con árboles	22421		50,04%		
	287	Café asociado con plátano	22441		3,29%		
	122	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	3132	Conservación	1,40%	3,40%	
	175	Guadua	3141		2,00%		
	635	Vivienda rural dispersa	1131	Habitacional	7,27%	7,27%	
	283	Pastos limpios	231	Ornamental	3,24%	3,24%	
82	Vía sin pavimentar	1224	Comunicación	0,94%	0,94%		
PREDIO 06 Familia Campo	52	Infraestructura productiva	1132	Agrícola	0,20%	37,41 %	26087
	1565	Café	2222		6,00%		
	8143	Café asociado con plátano	22441		31,21%		
	623	Guadua	3141	Conservación	2,39%	36,69 %	
	7193	Herbazal abierto	3212		27,57%		
	1755	Arbustal abierto	3222		6,73%		
	506	Pastos limpios	231	Ganadería	1,94%	23,60 %	
	5650	Pastos enmalezados	233		21,66%		
600	Vivienda rural dispersa	1131	Habitacional	2,30%	2,30%		
PREDIO 07 Finca La Curva	42	Infraestructura productiva	1132	Agrícola	0,16%	53,79 %	26206
	6233	Café	2222		23,78%		
	7758	Café asociado con plátano	22441		29,60%		
	64	Hortalizas y verduras con cubierta	2251		0,24%		
	981	Vía sin pavimentar	1224	Comunicación	3,74%	3,74%	
	2080	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	3132	Conservación	7,94%	20,17 %	
	535	Guadua	3141		2,04%		
	2672	Arbustal abierto	3222		10,20%		
	163	Pastos limpios	231	Ganadería	0,62%	5,75%	
	1345	Pastos enmalezados	233		5,13%		
	694	Vivienda rural dispersa	1131	Habitacional	2,65%	2,65%	
	1035	Helechal	32115	Recuperación	3,95%		

Predio	Área (m ²)	Cobertura de la tierra	Código	Grupo Uso	Cobertura /área del predio (%)	Grupo uso / área del predio (%)	Área Total (m ²)
	2069	Herbazal abierto	3212		7,90%	13,89 %	
	535	Tierra desnuda	3333		2,04%		
PREDIO 08 Familia Rivera Sánchez	198	Infraestructura productiva	1132	Agrícola	2,83%	60,24 %	6997
	4017	Café	2222		57,41%		
	212	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	3132	Conservación	3,03%	25,04 %	
	1085	Guadua	3141		15,51%		
	455	Arbustal abierto	3222		6,50%		
	442	Pastos enmalezados	233	Ganadería	6,32%	6,32%	
	588	Vivienda rural dispersa	1131	Habitacional	8,40%	8,40%	
	PREDIO 09 Finca El Mirador	44	Infraestructura productiva	1132	Agrícola	0,24%	
613		Caña	2212		3,30%		
1137		Café asociado con árboles	22421		6,12%		
1665		Café asociado con plátano	22441		8,96%		
50		Hortalizas y verduras con cubierta	2251		0,27%		
483		Vía sin pavimentar	1224	Comunicación	2,60%	2,60%	
5573		Bosque fragmentado con vegetación secundaria	3132	Conservación	29,98%	29,98 %	
551		Vivienda rural dispersa	1131	Habitacional	2,96%	2,96%	
2347		Helechal	32115	Recuperación	12,63%	45,57 %	
6124		Herbazal abierto	3212		32,95%		
PREDIO 10 Finca El Recuerdo		563	Infraestructura productiva	1132	Agrícola	1,23%	9,13%
	3001	Caña	2212		6,54%		
	563	Café asociado con plátano	22441		1,23%		
	60	Hortalizas y verduras con cubierta	2251		0,13%		
	3326	Pastos enmalezados	233	Conservación	7,25%	41,77 %	
	783	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	3132		1,71%		
	632	Guadua	3141		1,38%		
	2744	Bosque de galería con arbustal y herbazal	3143		5,98%		
	1020 7	Arbustal abierto	3222		22,25%		
	1474	Ciénagas naturales	512		3,21%		
	2899	Pastos limpios	231	Ganadería	6,32%	25,03 %	
	8583	Herbazal abierto	3212		18,71%		
	931	Vivienda rural dispersa	1131	Habitacional	2,03%	2,03%	
	1595	Herbazal abierto	3212	Recuperación	3,48%		

Predio	Área (m ²)	Cobertura de la tierra	Código	Grupo Uso	Cobertura /área del predio (%)	Grupo uso / área del predio (%)	Área Total (m ²)
	8521	Áreas erosionadas	3331		18,57%	22,05 %	
PREDIO 11 Familia Mosquera	5172	Caña	2212	Agrícola	6,18%	21,55 %	83666
	2032	Café asociado con árboles	22421		2,43%		
	1541	Café asociado con plátano	22441		1,84%		
	63	Hortalizas y verduras con cubierta	2251		0,08%		
	611	Tierra desnuda	3333		0,73%		
	8615	Café	4444		10,30%		
	84	Vía sin pavimentar	1224	Comunicación	0,10%	0,10%	
	1996 7	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	3132	Conservación	23,87%	24,93 %	
	889	Arbustal abierto	3222		1,06%		
	2233	Pastos limpios	231	Ganadería	2,67%	33,69 %	
	2595 6	Pastos enmalezados	233		31,02%		
	581	Vivienda rural dispersa	1131	Habitacional	0,69%	0,69%	
	6615	Áreas erosionadas	3331	Recuperación	7,91%	19,03 %	
	9307	Herbazal abierto	3212		11,12%		
PREDIO 12 Familia Sánchez	37	Hortalizas y verduras con cubierta	2251	Agrícola	1,73%	53,03 %	2144
	61	Infraestructura productiva	1132		2,85%		
	1039	Café asociado con plátano	22441		48,46%		
	691	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	3132	Conservación	32,23%	32,23 %	
	316	Vivienda rural dispersa	1131	Habitacional	14,74%	14,74 %	
PREDIO 13 Finca La Constanza	108	Infraestructura productiva	1132	Agrícola	0,61%	76,32 %	17653
	2293	Café	2222		12,99%		
	2437	Café asociado con árboles	22421		13,81%		
	8581	Café asociado con plátano	22441		48,61%		
	53	Hortalizas y verduras con cubierta	2251		0,30%		
	2760	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	3132	Conservación	15,63%	20,67 %	
	351	Guadua	3141		1,99%		
	537	Arbustal abierto	3222		3,04%		
	87	Pastos limpios	231		Ganadería		

Predio	Área (m ²)	Cobertura de la tierra	Código	Grupo Uso	Cobertura /área del predio (%)	Grupo uso / área del predio (%)	Área Total (m ²)
	446	Vivienda rural dispersa	1131	Habitacional	2,53%	2,53%	
PREDIO 14 Finca El Guaidalito	74	Infraestructura productiva	1132	Agrícola	1,02%	35,23 %	7270
	1294	Café	2222		17,80%		
	1130	Café asociado con plátano	22441		15,54%		
	63	Hortalizas y verduras con cubierta	2251		0,87%		
	2667	Herbazal denso arbolado	32113	Agrosilvopastoral	36,69%	36,69 %	
	643	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	3132	Conservación	8,84%	20,10 %	
	818	Guadua	3141		11,25%		
	581	Vivienda rural dispersa	1131	Habitacional	7,99%	7,99%	
PREDIO 15 Finca El Guaidalito 2	53	Estanques	5141	Acuícola	0,48%	0,48%	11031
	1673	Caña	2212	Agrícola	15,17%	36,54 %	
	980	Café	2222		8,88%		
	1378	Café asociado con plátano	22441		12,49%		
	98	Guadua	3141	Conservación	0,89%	54,46 %	
	5909	Herbazal abierto	3212		53,57%		
	313	Vivienda rural dispersa	1131	Habitacional	2,84%	2,84%	
	627	Tierra desnuda	3333	Recuperación	5,68%	5,68%	
PREDIO 16 Finca El Guayabo	53	Infraestructura productiva	1132	Agrícola	0,64%	63,41 %	8257
	712	Café	2222		8,62%		
	3734	Café asociado con árboles	22421		45,22%		
	737	Café asociado con plátano	22441		8,93%		
	186	Guadua	3141	Conservación	2,25%	32,81 %	
	2523	Herbazal abierto	3212		30,56%		
	312	Vivienda rural dispersa	1131	Habitacional	3,78%	3,78%	
PREDIO 17 Familia Miranda	41	Infraestructura productiva	1132	Agrícola	0,13%	55,14 %	30439
	3560	Café	2222		11,70%		
	11193	Café asociado con árboles	22421		36,77%		
	64	Hortalizas y verduras con cubierta	2251		0,21%		
	1926	Áreas erosionadas	3331		6,33%		
	637	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	3132	Conservación	2,09%	10,55 %	
	2575	Guadua	3141		8,46%		
	1383	Vivienda rural dispersa	1131		Habitacional		

Predio	Área (m ²)	Cobertura de la tierra	Código	Grupo Uso	Cobertura /área del predio (%)	Grupo uso / área del predio (%)	Área Total (m ²)
	4308	Herbazal denso arbolado	32113	Recuperación	14,15%	29,76 %	
	828	Herbazal abierto	3212		2,72%		
	3924	Arbustal abierto	3222		12,89%		
PREDIO 18 Familia Luligo Campo	19	Infraestructura productiva	1132	Agrícola	0,10%	45,35 %	19357
	815	Caña	2212		4,21%		
	4579	Café	2222		23,66%		
	1704	Café asociado con árboles	22421		8,80%		
	1662	Café asociado con plátano	22441		8,59%		
	1369	Vía sin pavimentar	1224	Comunicación	7,07%	7,07%	
	308	Pastos limpios	231	Ganadería	1,59%	18,73 %	
	1772	Pastos enmalezados	233		9,15%		
	1546	Herbazal abierto	3212		7,99%		
	1540	Vivienda rural dispersa	1131	Habitacional	7,96%	7,96%	
	3913	Herbazal abierto	3212	Recuperación	20,21%	20,89 %	
	130	Remoción en masa	3332		0,67%		
PREDIO 19 Finca La Palma	60	Estanques	5141	Acuícola	0,24%	0,24%	25119
	530	Café	2222	Agrícola	2,11%	23,83 %	
	5390	Café asociado con árboles	22421		21,46%		
	65	Hortalizas y verduras con cubierta	2251		0,26%		
	4617	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	3132	Conservación	18,38%	25,10 %	
	872	Guadua	3141		3,47%		
	817	Herbazal abierto	3212		3,25%		
	597	Pastos limpios	231	Ganadería	2,38%	46,94 %	
	11195	Pastos enmalezados	233		44,57%		
	976	Vivienda rural dispersa	1131	Habitacional	3,89%	3,89%	
PREDIO 20 Finca El Paraíso	58	Infraestructura productiva	1132	Agrícola	0,80%	28,99 %	7281
	1987	Café asociado con plátano	22441		27,29%		
	66	Hortalizas y verduras con cubierta	2251		0,91%		
	972	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	3132	Conservación	13,35%	13,35 %	
	293	Vivienda rural dispersa	1131	Habitacional	4,02%	4,02%	
	3905	Herbazal abierto	3212	Recuperación	53,63%	53,63 %	
TOTAL (m²)							409.448

Anexo 2A Información del asesor o director del proyecto por parte de la Universidad del Cauca.

- Nombre(s) y apellidos: Carolina Castrillón Ojeda
- Títulos(s) profesional(es) o nivel educacional: Ingeniera Civil, Especialista en docencia universitaria, Magister en informática, candidata a doctora en Geografía
- Cargo dentro de la Universidad: Docente tiempo completo Departamento de Geografía

Anexo 2B Información del asesor del proyecto por parte de la otra institución.

- Nombre(s) y apellidos: Fernando Felipe Muñoz Muñoz
- Título(s) profesional(es) o nivel educacional: PhD Ciencias Ambientales
- Cargo dentro de la institución: profesional SIG Fundación Ecohabitats
- Nombre(s) y apellidos: Luis Alfonso Ortega Fernández
- Título(s) profesional(es) o nivel educacional: Licenciado en Educación con especialidad en SIG.
- Cargo dentro de la institución: Director Ejecutivo Fundación Ecohabitats.

Anexo 3A CARTA “FINALIZACION DE ACTIVIDADES DE PASANTE”



Popayán, 13 julio 2022

DOCTOR
USUARDO RAMIREZ RICO
Jefe Departamento de Geografía
 Universidad del Cauca
 Ciudad.

Asunto: Finalización de actividades pasante John Jamerson Mañunga Mosquera

Cordial saludo,

En mi calidad de supervisor de la pasantía 001_29_04_2021 aprobada mediante resolución 152 del 29 de abril de 2021 del Consejo de Facultad de Ciencias Humanas y Sociales de la Universidad del Cauca y radicado 29_04_2021 de la Fundación Ecohabitats, del estudiante JOHN JAMERSON MAÑUNGA MOSQUERA, identificado con cédula de ciudadanía 1061822046, de la carrera de GEOGRAFÍA DEL DESARROLLO REGIONAL Y AMBIENTAL, quien a la fecha, realizó las actividades programadas en su plan de actividades durante la pasantía en la Fundación Ecohabitats, efectuada y concluida en el periodo 29 de abril de 2021 a 13 de julio de 2022, acumulando un total de cuatrocientas (400) horas, acompañado por el Licenciado en Biología y especialista en SIG, Luis Alfonso Ortega Fernández y por el PhD. Fernando Felipe Muñoz Muñoz en el marco de los procesos de adaptación a variabilidad climática y cambio climático que adelanta la Fundación Ecohabitats en el noroccidente de Popayán (Cauca).

El estudiante en mención, durante el periodo de pasantía cumplió con los objetivos establecidos en su trabajo titulado “Generación de mapas prediales de cobertura de la tierra mediante procesamiento de imágenes obtenidas a partir de un vehículo aéreo no tripulado (UAV) en la vereda San Antonio, Noroccidente de Popayán (Cauca)”. Para ello, la Fundación Ecohabitats entregó las imágenes aéreas adquiridas mediante el dron cuadricóptero DJI Mavic Pro, la capa shape de límites de 20 predios priorizados, permitió el acceso a los equipos y software licenciados (p.e. ArcGis) y orientó la formación del pasante para el manejo del software de fotogrametría digital pix4D al igual que el proceso de ajuste de la leyenda Corine Land Cover para coberturas de la tierra y generación de la geodatabase.

Como resultado de lo anterior, el pasante entregó a la Fundación Ecohabitats los siguientes productos: un ortomosaico del área de estudio resultado del post-procesamiento de las imágenes aéreas con el software Pix4D, 20 mapas de cobertura de la tierra (uno por predio priorizado) con leyenda Corine Land Cover ajustada en niveles 4 y 5 para escalas 1:300 a 1:2400 y una geodatabase, información

FUNDACIÓN ECOHABITATS
 Calle 78 N · 19-157 Casa 24 Habitanya Popayán (Cauca)
 Teléfono móvil 3137650562. Fijo: 8337840
 Correo electrónico: ecohabitats@fundacionecohabitats.org
www.fundacionecohabitats.org



que permitirá a la Fundación Ecohabitats, realizar el monitoreo de las coberturas de la tierra en los predios priorizados y evaluar la evolución de la capacidad de adaptación a variabilidad climática y cambio climático en el periodo 2014-2021.

Certificado que se expide a petición de la parte interesada a los trece (13) días del mes de julio de 2022,

Atentamente,

LUIS ALFONSO ORTEGA FERNANDEZ
Director Ejecutivo y Representante Legal
Fundación Ecohabitats