



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



INSTITUTO DE POSTGRADO

MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

**“PERTINENCIA DEL USO DE DRONES EN LA CARACTERIZACIÓN GEO
ESPACIAL DEL MÓDULO DOS JUNTA DE AGUA DE RIEGO DE LA COMUNA
MORLÁN, IMBABURA”**

**Trabajo de Investigación previo a la obtención del Título de Magíster en
Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas**

TUTOR:

Ing. José Guzmán Paz MSc.

AUTOR:

Ing. Diego Neptalí Ruales Salazar

IBARRA - ECUADOR

2018

APROBACION DEL TUTOR

En calidad de tutor del Trabajo de Grado, presentado por el Ing. Diego Neptali Ruales Salazar, para optar por el grado de Magíster en Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas, doy fe de que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, al 04 de enero de 2018.



Ing. José Guzmán PazMSc.

C.C. 100259707-6

TUTOR

APROBACIÓN DEL JURADO

“PERTINENCIA DEL USO DE DRONES EN LA CARACTERIZACIÓN GEO
ESPACIAL DEL MÓDULO DOS JUNTA DE AGUA DE RIEGO DE LA COMUNA
MORLÁN, IMBABURA”

Por: Diego Neptali Ruales Salazar

Trabajo de Grado de Maestría aprobado en nombre de la Universidad Técnica del Norte,
por el siguiente jurado, a 04 de enero de 2018.



Mgs. Mairett Yuni Rodríguez Balza

C.C. 1757707151



Mgs. Dario Paúl Arias Muñoz

C.C. 1002943544



Mgs. Oscar Armando Rosales Enriquez

C.C. 0400933529

AUTORÍA

Yo; Diego Neptalí Ruales Salazar, portadora de la cedula de ciudadanía N° 1002532560, declaro que la presente investigación denominada: **“PERTINENCIA DEL USO DE DRONES EN LA CARACTERIZACIÓN GEO ESPACIAL DEL MÓDULO DOS JUNTA DE AGUA DE RIEGO DE LA COMUNA MORLÁN, IMBABURA”**, es de mi autoría y responsabilidad, y se han respetado las diferentes fuentes de información realizando las citas correspondientes.



Ing. Diego Neptalí Ruales Salazar
C.C. 1002532560

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

INSTITUTO DE POSTGRADO

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD		1002532560	
APELLIDOS Y NOMBRES		Ruales Salazar Diego Neptalí	
DIRECCIÓN		Miguel de la Fuente s/n y Flores Vásquez	
E-MAIL		drualesalazar@gmail.com	
TELEFONO FIJO	062 955 483	TELÉFONO MÓVIL	0997847672
DATOS DE LA OBRA			
TÍTULO:	“PERTINENCIA DEL USO DE DRONES EN LA CARACTERIZACIÓN GEO ESPACIAL DEL MÓDULO DOS JUNTA DE AGUA DE RIEGO DE LA COMUNA MORLÁN, IMBABURA”		
AUTOR:	Diego Neptalí Ruales Salazar		
FECHA:	04/01/2018		
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO			

PROGRAMA:	POSGRADO
TITULO POR EL QUE SE OPTA:	Magíster en Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas
DIRECTOR:	Ing. José Guzmán Paz MSc

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Diego Neptalí Ruales Salazar, con cédula de ciudadanía Nro. 1002532560, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 12 días del mes de diciembre de 2017

El Autor



Ing. Diego Neptalí Ruales Salazar

CI: 1002532560

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO
A FAVOR DE LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Diego Neptalí Ruales Salazar con cédula de ciudadanía Nro. 1002532560 manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor del trabajo de grado denominada: “PERTINENCIA DEL USO DE DRONES EN LA CARACTERIZACIÓN GEO ESPACIAL DEL MÓDULO DOS JUNTA DE AGUA DE RIEGO DE LA COMUNA MORLÁN, IMBABURA” que ha sido desarrollada para optar por el título de Magíster en Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas, en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.


1002532560
Inj. Diego Ruales

DEDICATORIA

A Dios por proveerme la sabiduría y voluntad para culminar la carrera de posgrado, que constituye una meta muy importante en mi vida.

A mis padres Francisco y Piedad por acompañarme cada momento, siendo mis consejeros en la parte espiritual, fortaleciéndome en cada obstáculo y dificultad.

A mis hermanos Mónica, Soraya, Silvana, Carlos y mis sobrinos por su confianza depositada en mí, por su amor incondicional y su compañía en los momentos difíciles.

A mi esposa Ligia y a mis hijas Sofía y Belén, quienes son mi inspiración y la fuerza que me impulsa a cumplir mis metas, que con cada sonrisa y abrazo me llenan el alma y le dan sentido a mi vida.

RECONOCIMIENTO

Mi sincero agradecimiento al Mgs. José Guzmán Paz, quien compartió su tiempo y conocimiento en el desarrollo y culminación del presente trabajo de investigación.

Mi reconocimiento a los miembros del tribunal Mgs. Mairett Rodríguez, Mgs. Paúl Arias y Mgs. Oscar Rosales, por sus contribuciones y recomendaciones para el enriquecimiento del presente documento.

Mi gratitud a mis compañeros de curso por brindarme su amistad y compartir sus vivencias y conocimientos en el transcurso del periodo académico, en forma especial al Ing. Juan Alcívar (+), quien destaco entre todos por su don de gente y generosidad, sin embargo hoy Dios lo tiene en su Reino y desde ahí espero nos siga acompañando.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACION DEL TUTOR	II
APROBACIÓN DEL JURADO	III
AUTORÍA	IV
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	V
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO	VII
DEDICATORIA	VIII
RECONOCIMIENTO	IX
ÍNDICE DE CONTENIDOS	X
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
ÍNDICE DE FIGURAS	XV
RESUMEN	XVI
ABSTRACT	XVII
CAPÍTULO I	1
1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.2.1 <i>Objetivo general</i>	3
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i>	3
1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
CAPITULO II	5
MARCO REFERENCIAL	5
2.1 ANTECEDENTES	5
2.2 REFERENTES TEÓRICOS.....	6
2.2.1 <i>Generalidades de los DRONE</i>	6

2.2.2	<i>Uso de los DRONE</i>	6
2.2.2.1	Uso de DRONE en topografía	7
2.2.2.2	Uso de DRONE en agricultura.....	7
2.2.2.3	Uso de DRONE en gestión de recursos naturales	8
2.2.2.4	Uso de DRONE en cartografía	8
2.2.3	<i>Ventajas y Desventajas de los DRONE</i>	9
2.2.4	<i>Fotogrametría</i>	9
2.2.4.1	Tipos de imágenes utilizadas en fotogrametría.....	10
2.2.5	<i>Plan de vuelo</i>	11
2.2.6	<i>Precisiones obtenidas</i>	11
2.2.6.1	Errores en Sistemas de posicionamiento global (GPS).....	12
2.2.6.2	Principales Receptores GPS	12
2.2.6.3	Principales Tipos de Métodos de posicionamiento relativo.....	13
2.2.7	<i>Traslapes</i>	14
2.2.8	<i>Zonificación y Planificación territorial</i>	15
2.2.8.1	Métodos de zonificación	16
2.2.8.1.1	<i>Zonificación agrológica</i>	16
2.2.8.1.2	<i>Zonificación agroecológica (ZAE)</i>	17
2.2.8.1.3	<i>Zonificación de unidades del paisaje (ecológica o ambiental)</i> ...	17
2.2.8.1.4	<i>Zonificación ecológica y económica</i>	18
2.2.9	<i>Buenas Prácticas para el Manejo Sostenible de la Tierra (MST)</i>	18
2.3	MARCO LEGAL	19
CAPITULO III		21
MARCO METODOLÓGICO		21
3.1	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	22
3.2	DISEÑO Y TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	23
3.3	PROCEDIMIENTO DE INVESTIGACIÓN	23
3.3.1	<i>Contraste técnico-económico de los Levantamientos Topográficos</i>	23
3.3.1.1	Recorrido de identificación.....	23
3.3.1.2	Levantamiento topográfico convencional y con uso de DRONE ...	23
3.3.1.3	Cálculo de Rendimientos.....	27

3.3.1.3.1	Factores condicionantes:.....	27
3.3.1.4	Cálculo de costos fijos y variables	28
3.3.1.4.1	<i>Costos en sistema topográfico convencional.....</i>	28
3.3.1.4.2	<i>Costos en sistema topográfico con DRONE.....</i>	29
3.3.2	<i>Determinación de eficacia y eficiencia de los Sistemas.....</i>	30
3.3.2.1	Comparación de ortofoto y el levantamiento convencional.....	30
3.3.2.1.1	<i>Comparación de reportes del Agisoft PhotoScan.....</i>	32
3.3.2.1.2	<i>Comparación de las curvas de nivel de los dos sistemas</i>	33
3.3.2.2	Análisis FODA de cada sistema.....	35
3.3.2.2.1	<i>Identificación de Indicadores</i>	35
3.3.2.3	Identificación de Indicadores.....	35
3.3.2.3.1	<i>Caracterización de los sistemas</i>	35
3.3.2.3.2	<i>Identificación de Puntos Críticos</i>	35
3.3.2.3.3	<i>Comparación de Indicadores con análisis FODA.....</i>	36
3.3.3	<i>Diferenciación de las características geoespaciales.....</i>	36
3.3.3.1	Generación de mapas para caracterización biofísica.....	37
3.3.3.2	Caracterización socioeconómica.....	37
3.3.4	<i>Generación de propuesta de categorías de uso de suelo</i>	38
3.3.4.1	Generación de mapa de capacidad de uso máximo del terreno.....	39
3.3.4.2	Lineamientos de uso de suelo de acuerdo a categoría	40
CAPITULO IV		41
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		41
4.1	CONTRASTACIÓN TÉCNICA-ECONÓMICA DE LOS SISTEMAS.....	41
4.1.1	<i>Levantamiento Topográfico convencional</i>	41
4.1.1.1	Cálculo de Rendimientos y Costos de mano de obra.....	41
4.1.1.2	Cálculo de costos fijos y variables	42
4.1.2	<i>Levantamiento Topográfico con uso de DRONE</i>	43
4.1.2.1	Cálculo de Rendimientos y Costos de mano de obra.....	44
4.1.2.2	Cálculo de costos fijos y variables	44
4.2	DETERMINACIÓN DE EFICACIA Y EFICIENCIA DE LOS SISTEMAS	46
4.2.1.1	Comparación de ortofoto y levantamiento topográfico.....	46

4.2.1.2	Comparación de reportes del Agisoft PhotoScan.....	47
4.2.1.3	Comparación de las curvas de nivel de los dos sistemas.....	48
4.2.2	<i>Análisis FODA de cada sistema</i>	49
4.2.2.1	Identificación de Indicadores.....	49
4.2.2.2	Caracterización de los sistemas.....	49
4.2.2.3	Identificación de Puntos Críticos.....	50
4.2.2.4	Comparación de Indicadores con análisis FODA.....	51
4.3	CARACTERIZACIÓN GEO ESPACIAL.....	52
4.3.1	<i>Caracterización Biofísica</i>	52
4.3.1.1	Caracterización Biótica de Uso y Cobertura Vegetal.....	53
4.3.1.2	Caracterización Física de Curvas de nivel y Pendientes.....	56
4.3.1.3	Caracterización Socio económica.....	61
4.3.1.3.1	Información Social.....	61
4.4	PROPUESTA DE CATEGORÍAS DE USO DE SUELO.....	65
4.4.1	<i>Lineamientos de Manejo Sostenible por Categorías de Uso</i>	67
4.4.1.1	Lineamiento de Manejo Sostenible de Cultivos Intensivos.....	67
4.4.1.2	Lineamiento de Manejo Sostenible de Cultivos Perennes.....	68
4.4.1.3	Lineamiento de Manejo Sostenible de Pasturas.....	69
4.5	SOCIALIZACIÓN DE RESULTADOS.....	71
CAPITULO V.....		72
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		72
5.1	CONCLUSIONES.....	72
5.2	RECOMENDACIONES.....	73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		75
ANEXOS.....		80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Rendimientos obtenidos en campo	28
Tabla 2. Categorías de uso de suelo.....	38
Tabla 3. Resumen de actividades en levantamiento topográfico convencional	41
Tabla 4. Rendimientos obtenidos con levantamiento topográfico convencional	42
Tabla 5. Costos Fijos y Variables del Sistema Topográfico convencional	42
Tabla 6. Costos Totales del Sistema Topográfico convencional	43
Tabla 7. Resumen de actividades en levantamiento topográfico con DRONE	43
Tabla 8. Rendimientos obtenidos con levantamiento topográfico con DRONE	44
Tabla 9. Costos Fijos y Variables del Sistema Topográfico con DRONE	45
Tabla 10. Costos Totales del Sistema Topográfico con DRONE.....	45
Tabla 11. Comparación planimétrica de los dos sistemas con prueba t de student ...	46
Tabla 12. Comparación de reportes Agisoft PhotoScan con prueba t de student.....	47
Tabla 13. Comparación de curvas de nivel (altimetría) con prueba t de student.....	48
Tabla 14. Caracterización de los sistemas topográficos	49
Tabla 15. Identificación de puntos críticos de cada sistema.....	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. DRONE de cuatro hélices	6
Figura 2. Ubicación del área de estudio.....	22
Figura 3. Plan de vuelo	26
Figura 4. Sobre posición de información planimétrica.....	31
Figura 5. Comparación de curvas de nivel	34
Figura 6. Proceso de Caracterización Biofísico Socio económico	36
Figura 7. Capas usadas en la generación de mapas en la caracterización Biofísica..	37
Figura 8. Mapa de identificación de predios.....	53
Figura 9. Mapa de caracterización de uso y cobertura	54
Figura 10. Mapa de caracterización de uso y cobertura con DRONE.....	55
Figura 11. Mapa de curvas de nivel con Estación Total.....	57
Figura 12. Mapa de curvas de nivel con DRONE	58
Figura 13. Mapa de pendientes con Estación Total	59
Figura 14. Mapa de pendientes con DRONE	60
Figura 15. Actividad económica.....	61
Figura 16. Productos que se cultivan.....	62
Figura 17. Productos que se cultivan.....	63
Figura 18. Fauna mayoritaria.....	63
Figura 19. Capacitación	64
Figura 20. Problemas en la agricultura	65
Figura 21. Mapa de Capacidad de Uso máximo del Terreno CUMAT	66

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
INSTITUTO DE POSGRADO
MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

**“PERTINENCIA DEL USO DE DRONES EN LA CARACTERIZACIÓN GEO
ESPACIAL DEL MÓDULO DOS JUNTA DE AGUA DE RIEGO DE LA
COMUNA MORLÁN, IMBABURA”**

Autor: Ing. Diego Neptalí Ruales Salazar

Tutor: Ing. José Guzmán Paz MSc

Año: 2017

RESUMEN

El uso de DRONES en el campo de ingeniería permite obtener productos fotogramétricos de alta resolución espacial, disminuyendo tiempos y costos en levantamientos topográficos, generando productos geoespaciales valiosos para realizar estudios en diversas áreas de la ciencia, representando una alternativa de accesibilidad en áreas extremas y de difícil acceso, también es una apuesta a la tecnología y medio ambiente pues no emite CO₂ a la atmósfera. El estudio tuvo como objetivos contrastar técnica y económicamente los procesos empleados en el levantamiento topográfico convencional y con el uso de DRONE, comparar la eficacia y eficiencia de los sistemas de levantamiento topográficos, diferenciar las características geo espaciales del área de estudio con los dos sistemas, proponer categorías de uso de suelo empleando la caracterización geoespacial. La metodología fue cuantitativa no experimental de alcance descriptivo, empleando estructuras de costos, generación de mapas, sobre posición de imágenes, prueba T de student, matriz FODA. El estudio concluyó que el costo por hectárea levantada es de 10.25 USD con el uso de DRONE y de 54.76 USD con topografía convencional. También determinó que el módulo dos de la junta de agua de riego Morlán cuenta con 54 lotes de terreno pertenecientes a 37 familias y un total de 39.07 hectáreas de superficie de las cuales 73% está siendo usadas en cultivos agrícolas y 22.5% en pastizal, cuenta con suelos inceptisoles, clima de 15.2°C como promedio anual y precipitaciones de 879mm anuales, geomorfología de colinas medianas, hidrológicamente influenciado por el río Alambi y la quebrada San Francisco. El estudio de Capacidad de uso máximo del terreno (CUMAT) recomienda que el 38% de superficie debe destinarse a cultivos de ciclo corto, 35% a cultivos perennes y 26% a pasturas, de acuerdo a la variable pendiente y susceptibilidad a erosión.

Palabras clave:

Capacidad de uso máximo del terreno (CUMAT), DRONE, Manejo sostenible de la tierra (MST), Modelo digital de elevación (DEM), Real time kinematic (RTK), Sistemas de información geográfica (SIG), Unmanned Aerial Vehicle (UAV).

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

INSTITUTO DE POSGRADO

MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

**“PERTINENCIA DEL USO DE DRONES EN LA CARACTERIZACIÓN GEO
ESPACIAL DEL MÓDULO DOS JUNTA DE AGUA DE RIEGO DE LA
COMUNA MORLÁN, IMBABURA”**

Autor: Ing. Diego Neptalí Ruales Salazar

Tutor: Ing. José Guzmán Paz MSc

Año: 2017

ABSTRACT

The use of DRONES in the engineering field let us get high-spatial resolution photogrammetric products, decreasing time and costs in topographic surveys, generating valuable geospatial products for studies in different science areas, representing an access alternative to extreme and difficult areas, it is also a bet for technology and the environment because it doesn't emit CO₂ into the atmosphere. The study has as objectives describe technically and economically the processes used in the conventional topographic survey and with the use of DRONE, to compare the effectiveness and efficiency of topographic survey systems, to characterize geospatially the area of study, to propose categories of land use according to the geospatial characteristics. The methodology was quantitative no experimental with descriptive techniques, using cost structures, generation of maps, overlapping images , comparison with student's T-test, SWOT matrix. The study concluded that the cost per hectare raised is 10.25 USD with the use of DRONE and 54.76 USD with conventional topography. It also determined that module two of the Morlán irrigation water council has 54 plots of land belonging to 37 families and a total of 39.07 hectares of surface, of which 73% is being used in agricultural crops and 22.5% in grassland. With inceptisols grounds, weather of 15.2 ° C as an annual average and rainfall of 879mm annual, geomorphology of medium hills, hydrologically influenced by the Alambi river and the San Francisco creek. The study of capability maxim use of land (CUMAT) recommends that 38% of the area should be used for short-cycle crops, 35% for perennial crops and 26% for pastures, according to the pending variable and erosion susceptibility.

Keywords:

Maximum capacity of the land (MCL), DRONE, sustainable land management (SLM), Digital model of elevation (DEM), Real time kinematic (RTK), Geographic information systems (GIS), Unmanned Aerial Vehicle (UAV).

CAPÍTULO I

1.1 Problema de investigación

Villarreal y Zárate (2015), mencionan que en la actualidad el uso de vehículos aéreos no tripulados o Unmanned Aerial Vehicle (UAV), denominados DRONES, se ha incrementado significativamente en diversos campos de la ciencia, debido a la evolución tecnológica de la civilización, pudiendo utilizarse en levantamientos topográficos o cartográficos. Estos vehículos cuentan con un programa de vuelo y una cámara fotográfica programada para tomar fotos desde una determinada altitud, por lo cual es recomendable disponer de un vuelo autónomo programado.

Quiróz (2015), indica que los ingenieros civiles a lo largo de su carrera profesional manejan información cartográfica obtenida en gran parte por técnicas fotogramétricas. El proceso fotogramétrico comienza con la toma fotográfica de la zona y termina con la obtención de coordenadas tridimensionales. Las coordenadas obtenidas dan lugar a distintos productos como planos cartográficos, modelos digitales de elevación, ortofotos, entre otros.

Corredor (2015), comenta que los mapas topográficos cumplen con muchas funciones dentro de la ingeniería como por ejemplo en trabajos de replanteos, el diseño o modificación de obras civiles, los movimientos de tierra, los cálculos de volumen, uso del suelo, venta de terrenos, hidrología, gestión de cuencas hidrográficas, etc. Los estudios fotogramétricos a partir de vehículos aéreos no tripulados representan un extraordinario apoyo, debido a que disminuye considerablemente tiempo y costos en levantamientos topográficos, generando productos geoespaciales valiosos para realizar estudios en diversas áreas de la ciencia, ofreciendo ventajas en comparación a estudios convencionales, aún más si el terreno es de difícil acceso, puesto que no es necesario acceder a todo el terreno, sino que sería necesario acceder a las zonas en las que se instalen los puntos de apoyo.

Quiróz (2015), indica que el uso de DRONES facilita tener un continuo registro de todo el terreno. Todos los detalles del terreno quedarían registrados en la fotografía, no así mediante un levantamiento topográfico convencional, en donde solo se dispondría de coordenadas de los puntos medidos, contando con un número limitado con respecto a

la totalidad del terreno. Una desventaja del levantamiento de planos o mapas por medios fotogramétricos aéreos es el ocultamiento de elementos por la vegetación. Si el terreno cuenta con demasiada vegetación e impide la visión de elementos que estén por debajo de ella, sería necesario registrar las coordenadas de esos elementos, necesitando la medición en campo de dichos elementos, por topografía convencional.

Corredor (2015), asegura que los DRONES mejoran significativamente la seguridad de los trabajadores de campo, al evitar el ingreso a zonas de riesgo.

Villa (2016), aclara que las variables biofísicas y socioeconómicas para los modelos de zonificación son: el clima, la vegetación, la geomorfología como variables directas, mientras que el suelo y las variables socio económicas (conflictos, amenazas, uso actual y proyectado) son elementos integradores y complementarios para la zonificación y caracterización de un área de estudio.

Además, menciona que la falta de estudios de caracterización geoespacial representa un problema en la planificación para el uso, aprovechamiento y conservación de los recursos. Siendo estos estudios indispensables para zonificar áreas homogéneas, caracterizar la situación de la zona y poder contar con un plan de manejo que permita un desarrollo adecuado. Actualmente, para realizar estudios topográficos mayoritariamente se realizan levantamientos de forma convencional, los cuales demandan de una importante cantidad de tiempo y recursos para su ejecución; sin embargo, con la llegada de nuevas tecnologías como el uso de técnicas fotogramétricas con el apoyo de DRONES, ha logrado agilizar los procesos, reducir costos y ampliar los productos obtenidos, logrando caracterizar geoespacilamente la zona de estudio, no obstante es imprescindible determinar qué tan eficientes son en cuanto a precisión, tiempo, productos y post proceso.

Con todo lo mencionado se puede determinar que el problema es la ausencia de investigaciones que validen el uso de DRONES en el campo de la Topografía, definiendo claramente su pertinencia en lo que respecta a costo, precisión y usos que se le pueden dar en el campo la gestión de los Recursos Naturales, específicamente en la Gestión del recurso hídrico, distribución de frecuencias y tiempos, linderación de predios, determinación de superficies y cultivos, requerimientos hídricos, determinación de técnicas y sistemas de riego de acuerdo a características propias del terreno, entre

otras alternativas de uso que puede acceder la Junta de Agua de Riego Morlán con el presente trabajo.

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Analizar la pertinencia del uso de DRONES para la caracterización geo espacial del módulo dos de la junta de agua de riego de la comuna Morlán, cantón Cotacachi, provincia Imbabura.

1.2.2 Objetivos específicos

- Contrastar técnica y económicamente los levantamientos topográficos convencional y con el uso de DRONE.
- Comparar la eficacia y eficiencia de los sistemas de levantamiento topográfico empleados.
- Diferenciar las características geo espaciales del módulo dos de la Junta de agua de riego empleando los levantamientos topográficos de los dos sistemas.
- Proponer categorías de uso de suelo empleando la caracterización geoespacial.

1.3 Justificación de la investigación

La información topográfica cumple con muchas funciones dentro de la ingeniería, permitiendo la construcción de infraestructuras agropecuarias como adecuados sistemas de riego y la caracterización geoespacial de una zona de estudio, permite el uso adecuado de los recursos (agua y suelo), contando con una herramienta importante de planificación y manejo. Además, son un aporte significativo a la productividad del país, contribuyendo a mejorar las condiciones de vida, la producción y abastecimiento de alimentos suficientes para el correcto desarrollo de la sociedad (Villarreal y Zárata, 2015).

La Constitución de la República del Ecuador, en su artículo 281 manifiesta que:

"La soberanía alimentaria constituye un objetivo estratégico y una obligación del Estado para garantizar que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades alcancen la autosuficiencia de alimentos sanos y culturalmente apropiado de forma permanente". Para ello, será responsabilidad del Estado **Asegurar el desarrollo de la investigación científica y de la innovación tecnológica apropiada para garantizar la soberanía alimentaria**. Por lo que se propone realizar este tipo de investigación que determine la factibilidad del uso de nuevas tecnologías como es el caso de los vehículos aéreos no tripulados (Asamblea Nacional del Ecuador [ANE], 2008, p. 90 - 91).

:

Ecuador necesita incorporar tecnologías eficientes que permitan un aporte al desarrollo local, basados en un adecuado uso del suelo y un optimizado uso del agua, mejorando la gestión de los recursos naturales y propiciando un desarrollo local sostenible, dejando un buen legado a las futuras generaciones. Además de apostar al uso de tecnologías que sean amigables con el medio ambiente, como los vehículos aéreos no tripulados, los cuales no requieren de combustibles fósiles para su funcionamiento, disminuyendo a su vez los riesgos laborales al acceder fácilmente a lugares accidentados y de alto riesgo (Corredor, 2015).

La presente investigación busca validar los trabajos de ingeniería realizados con vehículos aéreos no tripulados, enfocándose en demostrar la disminución de costos en levantamientos topográficos, reducción de tiempo, y una aceptable precisión en altimetría y planimetría. Además pretende demostrar el uso que se puede dar a los productos obtenidos con DRONE y cámara RGB en el campo de planificación y gestión de recursos. Específicamente en el caso del módulo dos de la junta de agua de riego Morlán, la cual cuenta con 39.07 hectáreas de superficie, 54 lotes de terreno y 37 familias, aportando así con el mejoramiento de la gestión del recurso hídrico y además determinando categorías de uso de suelo para favorecer su conservación.

CAPITULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1 Antecedentes

Cerro (2007), manifiesta que la tecnología ha formado parte en la evolución del hombre y en el desarrollo de procesos como la toma de datos, mediciones, entre otras. La ingeniería está atravesando constantemente con avances e innovación tecnológica, tal es el caso del uso de UAVs, mejor conocidos como DRONES, los cuales en un principio fueron impulsados y financiados con fines militares, con misiones de espionaje en campos enemigos, pero que actualmente se los está usando en diversos campos.

Villarreal y Zárate (2015), afirman que en la actualidad los DRONES son usados en diversas áreas de la ingeniería debido a su accesibilidad a lugares difíciles o de condiciones extremas que dificultan y en muchos casos imposibilitan el uso de recurso humano o de otro tipo de tecnologías. Además, reducen costos de operación y riesgos de trabajo en la elaboración de grandes proyectos. De acuerdo a su aerodinámica existen dos tipos de DRONES: DRONE de ala fija y DRONE de ala rotativa, siendo los de ala rotativa los más comunes debido a su fácil despegue y aterrizaje en sitios o superficies reducidas.

Eisenbeisse (2011), realizó los primeros trabajos de ingeniería con el uso de DRONE de bajo costo con sistemas de navegación GPS integrados y reconstrucción fotogramétrica, en donde se generó los primeros modelos digitales de terreno (MDT).

Espejel, Romero, Barrera, Torres y Félix (2015), aseguran que a través de la fotogrametría se puede determinar la capacidad potencial de la tierra, consistiendo el primer paso para una verdadera planeación del aprovechamiento sustentable de los recursos de las cuencas hidrográficas, permitiendo un equilibrio entre los factores ambientales, económicos y sociales. Analizar espacialmente las propiedades del suelo es fundamental para un manejo adecuado de la tierra, existiendo varias metodologías para la clasificación de la aptitud, siendo la más usada la Zonificación Agroecológica de la FAO. La elaboración de mapas proporcionan directrices sobre las prácticas

adecuadas para determinadas zonas de producción, mucho más si se toman en cuenta resultados en base a técnicas como análisis multicriterio y en el ámbito de la investigación cuantitativa.

2.2 Referentes teóricos

2.2.1 Generalidades de los DRONE

Puerta (2015), manifiesta que el DRONE es un dispositivo con características muy similares a un avión, su nombre original es Unmanned Aerial Vehicle (UAV), traducido al español significa vehículo aéreo no tripulado. Se los clasifica de acuerdo a su uso, pudiendo ser: de uso militar, de uso investigativo, de uso social. También se los puede clasificar por su aerodinámica en DRONES de ala fija y con hélices (Figura 1), para la presente investigación se usó un DRONE de ocho hélices.



*Figura 1. DRONE de cuatro hélices
Nota: Tomado de Puerta (2015)*

2.2.2 Uso de los DRONE

Al-Jarrah & Hasan (2011), asegura que el gran atractivo de los DRONE deriva del hecho de su relativa autonomía, siendo útiles en operaciones en el campo comercial, militar y civil, pues son capaces de cubrir extensas áreas de terreno con un mínimo de mano de obra.

La fotogrametría con UAV en la actualidad son operaciones realizadas a control remoto o totalmente autónomo si se cuenta con planes de vuelo, siendo a tiempo real y

bajo costo. Con esto la producción de ortofotos y modelos digitales de elevación (DEM) se convirtió en un proceso digital, automático, rápido y accesible (Berteska y Ruzgiene, 2013).

En el campo de la observación de la tierra los DRONE tienen múltiples aplicaciones como: gestión de recursos naturales, gestión del agua, agricultura, meteorología, minería, respuesta a emergencias, forestal, topografía, catastro, entre otras. La mayoría de DRONE usan energía eléctrica para su funcionamiento, otros ocupan motores a combustión, y en la actualidad se han desarrollado modelos más avanzados que trabajan de forma autónoma con energía solar, tal es el caso de DRONE de la empresa Facebook que brindan servicios en red (Puerta, 2015).

2.2.2.1 Uso de DRONE en topografía

Villarreal y Zárate (2015), menciona que los levantamientos topográficos convencionales demandan mayores costos de recursos y tiempo en comparación con la topografía aérea realizada con DRONE, constituyéndose así en una alternativa considerable al momento de realizar trabajos que cubran grandes extensiones de terreno o de topografía accidentada que dificulte el acceso de personal, con un ahorro significativo de recursos.

2.2.2.2 Uso de DRONE en agricultura

En la agricultura el vuelo de DRONE se usa para obtención de imágenes de los campos de cultivo, generando ortomosaicos, pudiendo usarse para recuento de plantas y especies, cálculos de índice de área foliar, tipos de suelo, humedad de suelo, estado de desarrollo, mediciones de altura de planta, deficiencias de nutrientes, sanidad vegetal, entre otras. Con todos estos productos se puede obtener el índice de vegetación normalizada (NDVI), el cual nos permite estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación (Puerta, 2015).

Dentro de las principales aplicaciones en la agricultura tenemos:

- Detección del estado hídrico de las plantas, usando imágenes térmicas de alta resolución, esto debido a que las plantas con estrés hídrico presentan cierre de estomas, reducción de transpiración y aumento de temperatura.
- Detección de estrés nutricional en cultivos a partir de la determinación del contenido de clorofila y la concentración de nitrógeno en las hojas, permitiendo realizar fertilización focalizada en zonas con déficit de nutrientes, reduciendo costos.
- Detección temprana de plagas y enfermedades en cultivos mediante imágenes multiespectrales, detectando el estrés en la vegetación generando mapas que evitan la aplicación innecesaria de compuestos fitosanitarios.
- Control, monitoreo y generación de índices de calidad mediante el uso de imágenes multiespectrales y captura de datos en campo.
- Información agro meteorológica en tiempo real (Días, 2011).

2.2.2.3 Uso de DRONE en gestión de recursos naturales

Los DRONE son muy usados en la gestión de recursos naturales, principalmente en el monitoreo de áreas protegidas, detectando amenazas de caza furtiva y deforestación. En hidrología permiten identificar la salud ecológica de las masas de agua, mapeo de tierras de regadío y planificación de cuencas hidrográficas (Puerta, 2015).

2.2.2.4 Uso de DRONE en cartografía

Los DRONE permiten alimentar plataformas UAV con información de imágenes de alto nivel de detalle, obteniendo así cartografía del sitio en estudio y pudiendo actualizarla en periodos de tiempo relativamente cortos, sirviendo de fuente de información oportuna para investigaciones y en la toma de decisiones, así lo asegura (Quiróz, 2015).

2.2.3 Ventajas y Desventajas de los DRONE

Dentro de las principales ventajas tenemos la posibilidad de acceso a zonas de alto riesgo o difícil acceso, disminuir costos y bajar tiempos en trabajos de ingeniería, obtención productos de alta calidad y utilidad, en planificación y monitoreo, entre otros. Sin embargo a pesar de todas las bondades que nos ofrece esta tecnología, también es necesario comentar algunas desventajas, tanto en aspectos técnicos como también en aspectos éticos. En el aspecto técnico se menciona la posibilidad de romperse el canal de comunicación entre el operador y el DRONE, la influencia de fenómenos físicos (meteorológicos) en el funcionamiento del DRONE, capacidad de vuelo limitada en la mayoría de DRONE usados en trabajos de ingeniería. En el aspecto ético destaca el uso inapropiado de imágenes o videos tomadas en gran resolución de individuos o espacios privados, constituyéndose en una seria amenaza a la inviolabilidad de la privacidad (Puerta, 2015).

2.2.4 Fotogrametría

Corredor (2015), asegura que la fotogrametría es la técnica que permite establecer las dimensiones y posición de objetos en el espacio a partir de fotografías aéreas, lográndolo a partir de la intersección de dos o más fotos, obteniendo así modelos digitales de terreno que sirven para múltiples usos en la rama de la ingeniería.

La información cartográfica mundial es resultado de la fotogrametría. Sus inicios tuvieron que ver con la fotogrametría analógica, luego la analítica y en la actualidad gracias a los avances tecnológicos tenemos la fotogrametría digital (Universidad Nacional del Nordeste [UNN], 2012).

Coder (2013), considera que la fotogrametría nace a partir de la necesidad de información precisa, es por esto que la precisión de los parámetros internos de la cámara, como es el ajuste, se lo debe hacer por determinados métodos matemáticos, de igual forma la posición de la cámara en la toma de fotografías, siendo todo esto solventado tras la era digital que ha contribuido a la precisión de la fotogrametría aérea UAV.

2.2.4.1 Tipos de imágenes utilizadas en fotogrametría

Hernández (2006), clasifica a las imágenes fotográficas de la siguiente forma:

- En función del almacenamiento en analógico y digital (jpg, tiff, bpm).
- En función al sensor de toma en analógico (tipo obturador) y digital (sensor matricial, rectangular, lineal o puntual).
- En función a la resolución geométrica en métrica, semi métrica o no métrica.
- En función de las características de la toma en espacial, aérea, terrestre y dentro de ellas en vertical, horizontal, inclinada o panorámica.

Cuando se toman imágenes a baja altitud no se debe asumir que la superficie es plana, pues implica riesgo en la realización del mosaico. De no contar con un plano de referencia de la zona de estudio, sería necesario una profunda información del solapamiento de las imágenes, con el uso de sensores como cámaras infrarrojas (García y Pérez 2009).

Cuando se toman imágenes a baja altitud, asumir que la superficie es plana, significa adquirir un riesgo en la realización del mosaico. Objetos como: árboles, rugosidades o desniveles, debidos a la orografía del terreno o incluso coches y edificios, pueden causar distorsión en la perspectiva de las imágenes. Sin un plano de referencia del terreno a estudiar, el solapamiento de las imágenes necesitaría de una profunda información, para la cual existen sensores o, por ejemplo, cámaras infrarrojas Debido a ello, los puntos a diferente nivel en las imágenes pueden causar graves errores en la superposición de las imágenes individuales (Villarreal y Zárate, 2015).

Días (2011), recomienda que para la obtención de las imágenes a usar en fotogrametría se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Calibración de la cámara a partir del fotografiado de un patrón de calibración conocido.
- Orientación de las imágenes escogiendo puntos comunes.

Dada orientación a las imágenes se procede a extraer las características del modelo a partir de puntos, líneas y superficies. Este proceso ha pasado de ser manual a automático con la generación de una nube de puntos. Los procesos pueden variar de acuerdo a lo planteado, esto va a depender del software comercial que se use, así lo menciona (Coder, 2013).

2.2.5 Plan de vuelo

Lorente (2007), comenta que los DRONE en la actualidad son dispositivos aeronáuticos que pueden ejecutar sobrevuelos de forma totalmente autónoma, gracias a la función de piloto automático que poseen, el cual se encarga de los diferentes mecanismos que rigen el funcionamiento correcto y permiten realizar los sobrevuelos de forma autónoma. El plan de vuelo se tiene que realizar con aplicaciones encargadas de la comunicación con el piloto automático, este se compone de una serie de Way Points por los que debe sobrevolar el DRONE, teniendo coordenadas en latitud, longitud y altura, además velocidad.

2.2.6 Precisiones obtenidas

Para la correcta precisión de un modelo fotogramétrico se debe tomar puntos de apoyo con GPS de doble o mono frecuencia, lo cual determinaría una precisión óptima, estos puntos permiten corregir el modelo y ajustarlo a proporciones reales (Yuste, Vargas y Moya, 2013).

Una vez tomadas la fotografías, mediante un software fotogramétrico se procede a orientarlas, colocando coordenadas de vuelo de cada fotografía y mediante la restitución fotogramétrica se obtienen modelos digitales de superficie. La distribución de puntos de control en el área de estudio reducirá los errores de levantamiento, sin eliminar la naturaleza sistemática (Yuste, Vargas y Moya, 2013).

Robson y James (2014), indican que una solución práctica para problemas en las imágenes de los DRONE cuando estos no pueden regular el ángulo de la cámara durante el vuelo y no es posible obtener imágenes durante los giros del DRONE, se debe colocar la cámara con un ángulo de visión de 5° e incrementar las líneas de vuelo.

2.2.6.1 Errores en Sistemas de posicionamiento global (GPS)

Existen muchas cosas que pueden afectar la señal del GPS lo cual la hace matemáticamente imperfecta. Se debe tomar en cuenta que la distancia a los satélites se lo calcula en base al tiempo y viaje de su señal por la velocidad de la luz, sin embargo existe un error de precisión porque la señal pierde velocidad en la ionosfera por sus partículas cargadas positivamente y en la troposfera por el vapor de agua. La manera de minimizar el error es comparar la velocidad relativa de dos señales diferentes, a esto se denomina medición de doble frecuencia, es sofisticada y solo es posible con receptores GPS avanzados. Además la señal de GPS puede rebotar varias veces antes de ser captada por el receptor GPS, por lo cual algunos receptores utilizan sofisticados sistemas de rechazo para minimizar la recepción de estas señales erróneas, contando con un sistema denominado Dilatación Geométrica de la Precisión (DGDP), la cual toma algunas señales e ignora otras (Quintanilla, Gallegos, Irimia y Pérez, 2005).

2.2.6.2 Principales Receptores GPS

El Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2007), asegura que en la actualidad existen un sinnúmero de equipos GPS, además se los puede clasificar por múltiples criterios, existiendo muchas marcas dentro de las cuales sobre salen Leica, TRIMBLE, GeoExplorer, MC-GPS, eTrex, entre otros. Para aplicaciones GIS se pueden clasificar en los siguientes tipos de receptores:

- **Navegadores convencionales**, son de bajo coste, capaces de leer el código C/A, pueden representar cartografía sencilla, permiten conocer las coordenadas en varios formatos, permiten la navegación asistida con rumbos, rutas, definir way points, son fáciles de usar sin requerir ninguna formación específica para su uso.

- **Receptores de código C/A avanzados**, aparte de analizar el código C/A disponen de lectura de la fase portadora L1. Son aptos para aplicaciones GIS porque tienen una precisión compatible con las escalas usadas en GIS (1:5000; 1:10000; 1:25000), permite correcciones en tiempo real con el sistema DGPS con precisiones métricas. Maneja formatos tipo shp y raster, pudiendo llevar bases de datos al campo. En cuanto a la corrección diferencial, es proporcionada vía satélite por suscripción.
- **Receptores Geodésicos con Medición de Fase sobre L1**, trabajan con la onda portadora L1, permite obtener precisiones centimétricas en distancias de 25 a 30 kilómetros y submétricas para distancias de hasta 50 kilómetros. Son compatibles con servicios DGPS vía satélite.
- **Receptores Geodésicos de doble frecuencia**, trabajan con las ondas portadoras L1 y L2, lo cual permite mayor precisión, estando por debajo del centímetro en distancias de hasta 10 kilómetros y por debajo del metro en distancias de hasta 500 kilómetros. Pueden realizar correcciones en tiempo real con algoritmos Real Time Kinematic (RTK), que permiten precisiones centimétricas, este tipo de receptores son apropiados en trabajos de geodesia y topografía que demandan precisión, no así en SIG en donde no se necesita bajar del metro de precisión.

2.2.6.3 Principales Tipos de Métodos de posicionamiento relativo

Como se ha expuesto anteriormente el tipo de receptor GPS, la precisión buscada y el método empleado son elemento que van de la mano. El Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2007) indica que los principales métodos de posicionamiento son:

- **Método Absoluto basado en la lectura del código**, es usado por los navegadores sencillos, en donde el usuario no tiene que calcular nada, el dispositivo se encarga de sintonizar la señal del satélite, ajustar el reloj, computar distancias, calcular posición. Posee poca precisión planimétrica entre 7 y 25 metros dependiendo de la calidad con que llegue la señal.

- **Método diferencial**, consiste en el uso de receptor móvil y estaciones de referencia con coordenadas conocidas o sistema DGPS, la diferencia entre las coordenadas conocidas y las calculadas mediante el sistema GPS dan el error, la corrección de datos se los puede realizar en el pos proceso con ayuda de software especializado o también se lo puede corregir en tiempo real con satélites geoestacionarios, siendo muy apropiado en aplicaciones SIG, permitiendo generar cartografía a escala 1:5000.
- **Método basado en medida de fase de portadoras**, usa lecturas de código y también analiza la fase de portadora. Existiendo métodos relativos como: el método relativo estático que consiste en usar un receptor sobre coordenadas conocidas y otro receptor sobre el punto a medir, ninguno de los dos se mueve durante el tiempo de medición, es la manera más precisa de obtener coordenadas GPS, puede aplicar para receptores de fase de portador L1 y bi frecuencia L1+L2. La precisión de este sistema es 5 mm+1ppm. En este sistema se compensa el error del punto de coordenadas conocidas sobre la serie del receptor medidor.
- **Método Relativo Cinemático**, este método es similar al relativo estático, necesita una estación de referencia sobre un punto de coordenadas conocidas y otro receptor medidor, la diferencias es que el receptor medidor es móvil, permite operar con datos en tiempo real, siendo muy apropiado en aplicaciones SIG. Pudiendo trabajar en tiempo real y con mayor precisión con el modo Real Time Kinematic (RTK), con precisiones centimétricas.

2.2.7 Traslapes

Los traslapes previo a la elaboración de un DEM o modelo digital de elevación, es muy importante debido a que permiten generar a detalle cada elemento que se encuentra presente en el terreno, de acuerdo a la morfología y el tipo de uso de suelo se puede usar diferentes tipos de traslapes. En la mayoría de los casos se recomienda traslapes de un 75% longitudinal y un 60% transversal, usando un plan de toma de imágenes en

cuadrícula y una altura de vuelo constante, con forme lo menciona (Villarreal y Zárate 2015).

Quiróz (2015), recomienda los siguientes parámetros a tomar en cuenta de acuerdo al área de estudio:

- En terrenos con bosque y vegetación: un traslape longitudinal de 85% y transversal de no menos un 70%, además incrementar la altura de vuelo para evitar distorsión de las perspectiva.
- En terrenos planos con cubierta agrícola: un traslape longitudinal de 85% y transversal de 70%, con alturas de vuelo bajas, que permitan mejorar el detalle del contenido visual.
- En carretera y ríos: un traslape longitudinal de 85% y transversal no menor al 60%, con imágenes angulares entre 0 y 45 grados para obtener una visión más amplia del área de estudio.

2.2.8 Topografía y Medio Ambiente

Según Chávez (2001), el ejercicio de la ingeniería Topográfica consiste básicamente en el levantamiento de información física del terreno con el fin de hacer representaciones gráficas del mismo, que generalmente sirve de insumo para intervenir en el medio natural, permite aportar en el desarrollo de Planes de Ordenamiento Territorial, Planes de Manejo de Cuencas, Estudios de Impacto Ambiental, Planes de Desarrollo, localización espacial de proyectos y actividades de desarrollo.

Además la topografía permite contribuir de manera importante al conocimiento biofísico del territorio y simplificar a escala la información básica en la toma de decisiones para la planificación del desarrollo de manera interdisciplinaria.

2.2.9 Caracterización, Zonificación y Planificación territorial

Gómez (2010), la base de la planificación territorial es la caracterización o zonificación, donde el ordenamiento territorial se interpreta como la proyección en el

espacio de las condiciones políticas, sociales, ambientales, culturales de la sociedad, configurando lo que se denomina Modelo Territorial.

El ordenamiento territorial tiene cuatro propósitos principales:

- Desarrollo socioeconómico equilibrado.
- Utilización racional de los recursos.
- Adecuada coordinación administrativa.
- Mejoramiento de la calidad de vida.

(SENPLADES, 2008)

Villa (2016), afirma que la planificación territorial establece el modelo de zonificación y la categorización de manejo, además analiza los actores, regula el uso y ocupación del suelo urbano y rural, constituyéndose en una herramienta de gestión.

La Zonificación permite la caracterización y evaluación espacial del territorio en unidades homogéneas, cuyas características como clima, cobertura vegetal, uso de suelo, actividades sociales y culturales, permiten planificar y evaluar la capacidad de uso de territorio y establecer los conflictos, como lo menciona (Villa, 2016).

2.2.9.1 Métodos de caracterización o zonificación

Gómez (2010), indica que existen diversos métodos de planificación del uso de tierra, teniendo cada método ventajas y limitaciones, por lo cual es necesario valorar de acuerdo a los objetivos planteados y la escala de trabajo. Entonces para la caracterización de un área de estudio se pueden aplicar varios métodos de zonificación los cuales van a depender de las condiciones de cada territorio, dentro de los más utilizados tenemos los siguientes:

2.2.9.1.1 Zonificación agrológica

Este método zonifica en clases agrológicas del sistema del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), comprende de 10 clases o categorías de

capacidad del terreno para usos agrícolas, pecuarios y forestales a partir de características limitantes como topografía, clima, suelo, entre otros (Gómez, 2010).

2.2.9.1.2 Zonificación agroecológica (ZAE)

FAO (citado por Villa, 2016), menciona que es una apreciación general del uso del suelo, que indica si una actividad socioeconómica o uso de suelo es apta para una determinada zona territorial. La aptitud de uso indica el grado de idoneidad con que una unidad de paisaje se ajusta a un determinado Tipo de Uso de Territorio (TUT), teniendo cuatro categorías de aptitud: apto, moderadamente apto, regularmente apto y no apto.

Además, comenta que es necesario el análisis de las actividades en relación al uso del suelo, pues probablemente genera conflictos de uso, pudiendo las zonas de protección estar siendo usadas en otros fines que no corresponden.

2.2.9.1.3 Zonificación de unidades del paisaje (ecológica o ambiental)

Villa (2016), indica que consiste en zonificar unidades territoriales homogéneas, utilizando técnicas de observación del territorio, con el uso de variables biofísicas principalmente, y la aplicación de Sistemas de Información Geográficas (SIG). La metodología se basa en la sobre posición de mapas, interpretación de mapas topográficos y modelos digitales del terreno, interpretación de fotografías aéreas, verificación en campo y análisis con SIG.

También, este método busca identificar y delimitar zonas homogéneas a partir de clima, vegetación como información delimitadora e información socioeconómica como caracterizadora.

Comunidad Andina de Naciones (citado por Villa 2016), afirma en el Simposio sobre Metodologías de Integración de Información, Zonificación y Planeamiento Territorial, que a partir del modelo de zonificación ecológica basado en clima y vegetación; y el modelo de zonificación morfo pedológico basado en el suelo y su fisiografía, se logra obtener el Modelo de Unidad del Paisaje.

Las unidades Ambientales se encuentran dentro de la zonificación del paisaje, y consisten en zonas homogéneas que identifican problemas y posibilidades para el desarrollo sustentable, así lo señala (Villa, 2016).

2.2.9.1.4 Zonificación ecológica y económica

Villa (2016) la Zonificación Ecológica Económica (ZEE) analiza el territorio en tres componentes físico, biótico y socio económico. Este modelo considera el uso de suelo, delimita espacios territoriales de acuerdo a la aptitud de uso, valor ecológico y condiciones socio económicas específicos del sitio, con la finalidad de identificar zonas homogéneas que faciliten en manejo ambiental correspondiente.

2.2.10 Buenas Prácticas para el Manejo Sostenible de la Tierra (MST)

Calderón (2015), asegura que la adopción de prácticas de buen uso del suelo garantizan la disponibilidad del recurso para las futuras generaciones, estas prácticas MST están orientadas a preservar la productividad de la tierra, conservar biodiversidad, ahorrar costos de recuperación de suelos. Según el Reporte Nacional de lucha contra la desertificación de Ecuador, se establece las siguientes prácticas de manejo sostenible de manejo de la tierra:

- Mantillo y reciclaje de residuos agrícolas
- Rotación de cultivos
- Períodos de barbecho
- Diversificación de cultivos
- Labranza de conservación
- Agricultura orgánica
- Gestión de fertilizantes
- Sistema integrado de control de plagas y enfermedades
- Agro biodiversidad
- Sistemas silvo pastoriles
- Reforestación

2.3 Marco Legal

En el marco político, el presente trabajo encaja en el artículo 281 de la Constitución de la República del Ecuador, en lo referente a la soberanía alimentaria, específicamente en su literal ocho, el cual asegura el desarrollo de la investigación científica y de la innovación tecnológica, asegurando la autosuficiencia de alimentos sanos de forma permanente y sostenible, también contribuye al cambio de la matriz productiva contemplado en el Plan Nacional del Buen Vivir, el cual en su tercer objetivo busca mejorar la calidad de vida de la población promoviendo las propuestas de modelos de desarrollo a favor de lograr la sustentabilidad de los pueblos y sus recursos naturales (Asamblea Nacional del Ecuador, 2008).

El Plan Nacional para el Buen Vivir establece en su objetivo siete el garantizar los derechos de la naturaleza, promover un ambiente sano y sustentable y el manejo adecuado de recursos; además el artículo 319 de la Constitución de la República promueve las formas de producción que aseguren el buen vivir y desincentivará a los que atenten con los derechos de la naturaleza. Es por esto que apoyándose en nuevas tecnologías, el presente documento caracteriza la zona productiva y propone categorías y lineamientos sostenibles de producción, con un uso racional de los recursos agua y suelo.

La Dirección General de Aviación civil dispone de una serie de artículos en su resolución N° 251 para operar DRONE o sistemas de aeronaves no tripuladas (UAS), las cuales son las siguientes:

- Prohíbe la operación en una distancia igual o menor a nueve kilómetros de las proximidades de cualquier aeródromo o base aérea militar.
- Establece la altura máxima de vuelo no debe sobrepasar los 122 metros de altitud.
- Establece que las horas de operación serán solamente en el día y tarde, y en condiciones meteorológicas de vuelo visual.
- Dispone que las responsabilidades por la operación será compartida entre la persona que opera el DRONE y el propietario de la aeronave.
- Impide la operación de los DRONE cuando el operador se encuentre fatigado o bajo el efecto de consumo de bebidas alcohólicas.
- La función de piloto automático podrá ser utilizada solamente si le permite al operador de los controles intervenir en cualquier momento.
- El operador es responsable de asegurarse que el DRONE sobrevuele de acuerdo con las limitaciones establecidas por el fabricante.
- El propietario de la aeronave está en la obligación de responder por los daños causados a terceros, como resultado de sus actividades de vuelo, por lo cual debe contar con una póliza de seguros de acuerdo al peso del DRONE (Dirección General de Aviación Civil, 2015).

CAPITULO III
MARCO METODOLÓGICO

3.1 Descripción del área de estudio

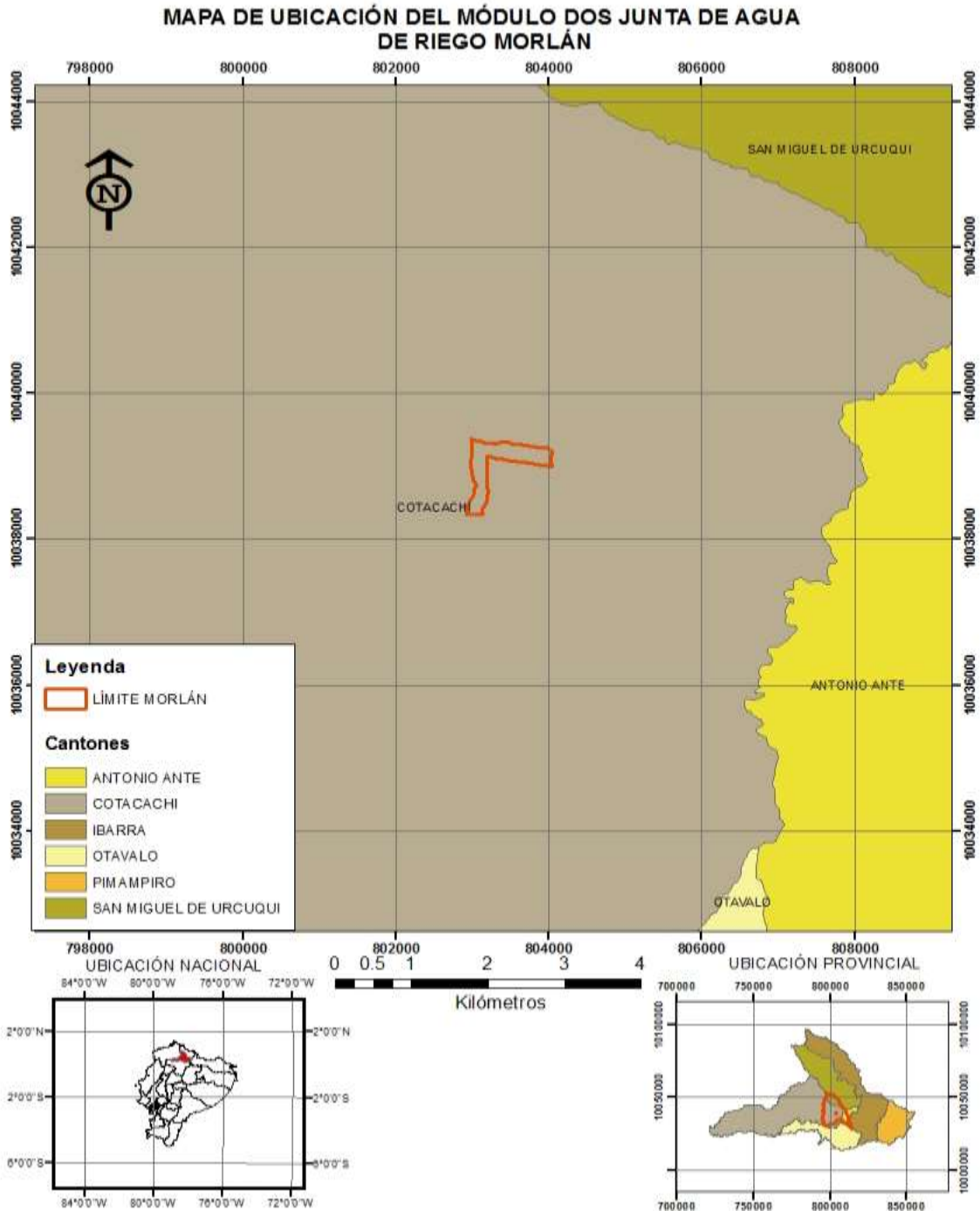


Figura 2. Ubicación del área de estudio

El área de estudio (Figura 2) es el módulo dos de la Junta de agua de riego Morlán, ubicada en la parroquia Imantag, cantón Cotacachi, provincia de Imbabura, con una altitud que comprende desde los 2714.86 msnm hasta los 2599.78 msnm (Anexo 5).

Cuenta con 39.07 hectáreas. Hidrográficamente, el área de estudio se encuentra ubicada en la cuenca del río Ambi, específicamente en la micro cuenca del río Alambi y la Unidad Hidrográfica 15485, según la división hidrológica de SENAGUA (2012).

3.2 Diseño y tipo de investigación

La presente investigación se realizó bajo el método de investigación cuantitativa, no experimental, de alcance descriptivo. Se realizó el levantamiento topográfico del área de estudio mediante dos sistemas: convencional y con el uso de DRONE. Comparándolos en relación a costos, tiempo, recursos empleados y precisiones obtenidas en cada sistema.

Además se recolectó información directamente a través de encuestas, obteniendo información socioeconómica, ecológica y agroecológica.

3.3 Procedimiento de investigación

3.3.1 Contraste técnico-económico de los Levantamientos Topográficos con los dos sistemas.

3.3.1.1 Recorrido de identificación

Conjuntamente con la directiva de la junta de agua de riego Morlán, los señores: José Remache en calidad de Presidente, William Tuquerres en calidad de Vice presidente y María Rivera en calidad de Secretaria, todos oriundos de la zona, se realizó un recorrido por las 39.07 hectáreas del módulo dos de la junta de agua de riego Morlán, identificando los límites, propietarios, uso de suelo, zonas aptas para realizar los puntos de cambio de la estación total y de despegue del DRONE.

3.3.1.2 Levantamiento topográfico convencional y con el uso de DRONE

El levantamiento topográfico convencional se realizó conjuntamente con el equipo técnico del departamento de riego del Ministerio de Agricultura y Ganadería, con el uso de equipos como: dos estaciones TRIMBLE S3, 4 bastones y prismas, dos GPS

navegadores, un computador, software Civil CAD (Anexo 9). EL recurso humano estuvo conformado con un equipo integrado por dos topógrafos y cuatro cadeneros. En el desarrollo de la planificación, levantamiento y post proceso hasta la obtención del producto final que es el mapa a escala con los objetos y detalles levantados se tomaron apuntes en la libreta de campo, considerando procesos, tiempos y recursos empleados.

Para el levantamiento topográfico convencional se realizaron las siguientes actividades:

Preparación de equipos, transporte del personal técnico y equipos a la zona de estudio, recorrido del área, ubicación de los puntos de control usando GPS, orientación del levantamiento topográfico a través de una brújula, determinación de la mejor ubicación del vértice de inicio para conformar una poligonal base o de referencia que conforma el esqueleto o estructura del levantamiento, colocación de la Estación Total, regulación y nivelación, medición de la distancia del punto de levantamiento al eje de regulación horizontal del aparato, seguido se procede a encender el aparato e introducir la información solicitada para estacionar el instrumento, seguidamente se lo orienta con el norte geográfico por medio de una brújula, donde se asegura que los puntos a levantar están orientados con el norte geográfico, estos tienen que amarrarse a 3 puntos fijos y el detalle debe registrarse en libreta de campo, medición de coordenadas a los demás puntos a levantar para la generación del plano topográfico, midiendo las distancias horizontales y verticales entre puntos u objetos o detalles del terreno; verificación del registro y almacenamiento correcto en el instrumento, medición de los ángulos horizontales entre alineamientos (líneas en el terreno), y los ángulos verticales entre dos puntos del terreno ubicados sobre el mismo plano vertical.

Registro de cada uno de los datos generados y cambios correspondientes al proyecto, en la libreta de campo, denominadas “libreta de topografía o fichas topográficas”, procesamiento en software civil CAD, generación de trabajo topográfico, confeccionando un mapa a escala de los objetos y detalles levantados en campo.

El levantamiento topográfico con el uso de DRONE, se realizó conjuntamente con el tutor de tesis, Msc José Guzmán, profesor de la Universidad Técnica del Norte

especialista en sistemas de información geográfica, y con el Msc Vinicio Fuentes, especialista en sistemas de información geográfica, funcionario del Gobierno Provincial de Imbabura (Fotografías 3 y 6). Se emplearon equipos como: un DRONE, una cámara, baterías, un computador, GPS de precisión, software Mission Planner, software Agisoft photo scan, software Arc Gis 10.3. En el desarrollo de la planificación, levantamiento y pos proceso hasta la obtención del producto final que es el mapa a escala con los objetos y detalles levantados se consideraron procesos, tiempos y recursos empleados.

Para el levantamiento topográfico con uso de DRONE se realizaron las siguientes actividades:

Constatación y preparación de los equipos (Computadora, DRONE y control remoto, baterías de DRONE, mínimo dos, baterías control remoto dos juego, cargador de baterías, mínimo dos, cámara, tarjeta de memoria para cámara, mínimo 2, propelas de repuesto, alfombra de aterrizaje, estuche y caja de componentes del DRONE).

Diseño del plan de vuelo en el programa Mission Planner, ajuste y calibración de parámetros de captura de información como tamaño del pixel, altura de vuelo, líneas de vuelo, traslape de las imágenes y duración de vuelo (Anexo 3); que nos permitieron cubrir las 39.07 hectáreas que cuenta el módulo dos de la junta de agua de riego Morlán.

Para lo cual se realiza el siguiente proceso:

En Mission planner a través de plan de vuelo google hybrid map se busca el lugar de estudio y se dibuja un polígono, luego se dibujan las líneas de vuelo, y en opciones avanzadas se selecciona la cámara, en este caso la CANON SX206 SX280, se configuró la altitud de vuelo en 165 metros, la velocidad de vuelo de 7 metros por segundo, el traslape un overlape de 75% y un sidelap de 75%. Por último se grava la imagen para trabajar en campo sin conexión a internet (Figura 3, Anexo 3).



Figura 3. Plan de vuelo
Fuente: GOOGLE EARTH (2017)

Movilización al área de estudio y reconocimiento del área, identificación de los puntos de despegue, armado del DRONE y cámara; adecuación del área de despegue. Programación de toma de fotos y constatar el plan de vuelo. Encendido del DRONE, constatación de que los mandos del control y del plan de vuelo estén funcionando, sincronización de la computadora con el DRONE, dependiendo de la capacidad del DRONE en cuanto a autonomía se realizaron tres vuelos. Terminada la cobertura del plan de vuelo se procede a aterrizar el DRONE con el control remoto y a retirar la cámara con su respectiva tarjeta de memoria en donde se encuentran las fotografías a ser procesadas

A través del software Pix 4d, Agisoft PhotoScan Professional, Arc Gis 10.3, los cuales son programas fotogramétricos para procesar las imágenes aéreas en mapas 2D y modelos 3D con una precisión de centímetros se obtiene Modelo Digital de Terreno (MDT), Modelo digital de Suelo (MDS), y ortofotos.

3.3.1.3 *Cálculo de Rendimientos*

Una vez recolectada la información, se procedió a calcular rendimientos obtenidos, esto con la finalidad de conocer cuántas hectáreas se pueden levantar topográficamente al año con los dos sistemas y con los recursos humanos disponibles. Para esto se deben tomar en cuenta variables o condicionantes que determinan el rendimiento de los levantamientos topográficos, sean estos de forma convencional o con el uso de DRONE, como son: accesibilidad, cobertura vegetal, topografía plana o montañosa, clima, altitud, presencia de cuerpos de agua (Gómez y Montealegre, 2016).

3.3.1.3.1 Factores condicionantes:

El estado del tiempo es un factor determinante en el rendimiento del levantamiento topográfico, las lluvias dificultan la labor topográfica, incidiendo negativamente en los rendimientos, provocando poca visibilidad, daños en los equipos y bajo desempeño de los trabajadores.

La temperatura es otro factor determinante que incide en los rendimientos de los levantamientos topográficos, siendo así que a temperaturas extremas existe menor rendimiento, tal como lo menciona Gómez y Montealegre (2016).

También, la existencia de acuíferos o corrientes de agua en la zona de estudio inciden negativamente en el rendimiento, provocando dificultad al momento de recorrer el área de estudio y generando interrupciones en las actividades.

De acuerdo a estos factores se puede tomar de referencia los rendimientos obtenidos en distintas condiciones topográficas y climáticas (Tabla 2), en donde se observan los rendimientos obtenidos en estudios de Colombia con un equipo técnico de un topógrafo y dos cadeneros.

Tabla 1.
Rendimientos obtenidos en campo

RENDIMIENTOS OBTENIDOS EN TERRENO			
RENDIMIENTO m ² /hora	TOPOGRAFÍA DEL TERRENO	ESTADO DEL TIEMPO	RANGO DE ALTURA (m)
3125	PLANO	SECO	0-1000
4063	PLANO	SECO	1000-2000
5000	PLANO	SECO	2000-3000
1619	PLANO	SEMISECO	0-1000
2557	PLANO	SEMISECO	1000-2000
3494	PLANO	SEMISECO	2000-3000
845	PLANO	LLUVIOSO	0-1000
1783	PLANO	LLUVIOSO	1000-2000
2720	PLANO	LLUVIOSO	2000-3000
1754	ONDULADO	SECO	0-1000
1899	ONDULADO	SECO	1000-2000
3125	ONDULADO	SECO	2000-3000
495	ONDULADO	SEMISECO	0-1000
640	ONDULADO	SEMISECO	1000-2000
1866	ONDULADO	SEMISECO	2000-3000
576	ONDULADO	LLUVIOSO	0-1000
1380	ONDULADO	LLUVIOSO	1000-2000
2923	ONDULADO	LLUVIOSO	2000-3000
1497	MONTAÑOSO	SECO	0-1000
1563	MONTAÑOSO	SECO	1000-2000
3125	MONTAÑOSO	SECO	2000-3000
1337	MONTAÑOSO	SEMISECO	0-1000
1403	MONTAÑOSO	SEMISECO	1000-2000
2965	MONTAÑOSO	SEMISECO	2000-3000
306	MONTAÑOSO	LLUVIOSO	0-1000
977	MONTAÑOSO	LLUVIOSO	1000-2000
3125	MONTAÑOSO	LLUVIOSO	2000-3000

Nota: Tomado de Gómez y Montealegre (2016)

3.3.1.4 Cálculo de costos fijos y variables

3.3.1.4.1 Costos en sistema topográfico convencional

Para el cálculo de costos se ha tomado en cuenta un presupuesto de 20800 USD por concepto de compra de equipos (dos estaciones TRIMBLE S3, 4 bastones y prismas, dos GPS, un computador) (Anexo9), los cuales se ha considerado para efectos de cálculo una vida útil de cinco años, una depreciación lineal, un seguro con una prima del 3.5%, un financiamiento del 100%, con interés activo del 22% de acuerdo a crédito productivo de la banca privada, un albergue de seis metros cuadrados con un costo de 120 USD/m² de construcción, un costo administrativo de 3% de los costos variables (Eraso y Tello, 2006).

Para el cálculo de los costos variables, por concepto de mano de obra se ha considerado un salario mensual de 585 USD para topógrafos y de 504 USD para cadeneros, tomando en cuenta 360 días laborables, de acuerdo a salarios del Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador (2017).

Los costos de mantenimiento y reparaciones de los equipos corresponden al mantenimiento y calibración de la estación total que se la realiza cada año y representa el 2.5% del costo del equipo, el costo de reposición de baterías recargables, el costo de reparación de equipos como trípode, bastones, prismas, los cuales representan el 4% del costo de los equipos. El costo del transporte corresponde al diario pagado por concepto de alquiler de una camioneta doble cabina tracción 4x4, con un chofer profesional, durante los 360 días al año (Eraso y Tello, 2006) (Anexo6).

3.3.1.4.2 Costos en sistema topográfico con DRONE

Para el cálculo de costos se ha tomado en cuenta un presupuesto de 19400 USD por concepto de compra de equipos (baterías, DRONE, cámara, computador, GPS de precisión) (Anexo 10), los cuales se ha considerado para efectos de cálculo una vida útil de cinco años, una depreciación lineal, un seguro con una prima del 3.5%, un financiamiento del 100%, con interés activo del 22% de acuerdo a crédito de la banca privada, un albergue de seis metros cuadrados con un costo de 120 USD/m² de construcción, un costo administrativo de 3% de los costos variables (Eraso y Tello, 2006).

Para el cálculo de los costos variables, por concepto de mano de obra se ha considerado un salario mensual de 1086 USD, correspondiente a servidor público cuatro, tomando en cuenta 360 días laborables al año. Los costos de mantenimiento y reparaciones de los equipos corresponden al mantenimiento y calibración del DRONE que se la realiza cada año y representa el 2.5% del costo del equipo, el costo de reposición de baterías recargables, el costo de reparación de equipos como trípode de GPS, hélices, entre otros representan el 4% del costo de los equipos. El costo del transporte corresponde al diario pagado por concepto de alquiler de una camioneta

doble cabina tracción 4x4, con un chofer profesional, durante los 360 días al año (Eraso y Tello, 2006) (Anexo 7).

3.3.2 Determinación de eficacia y eficiencia de los Sistemas

3.3.2.1 Comparación de la ortofoto con DRONE y el levantamiento convencional

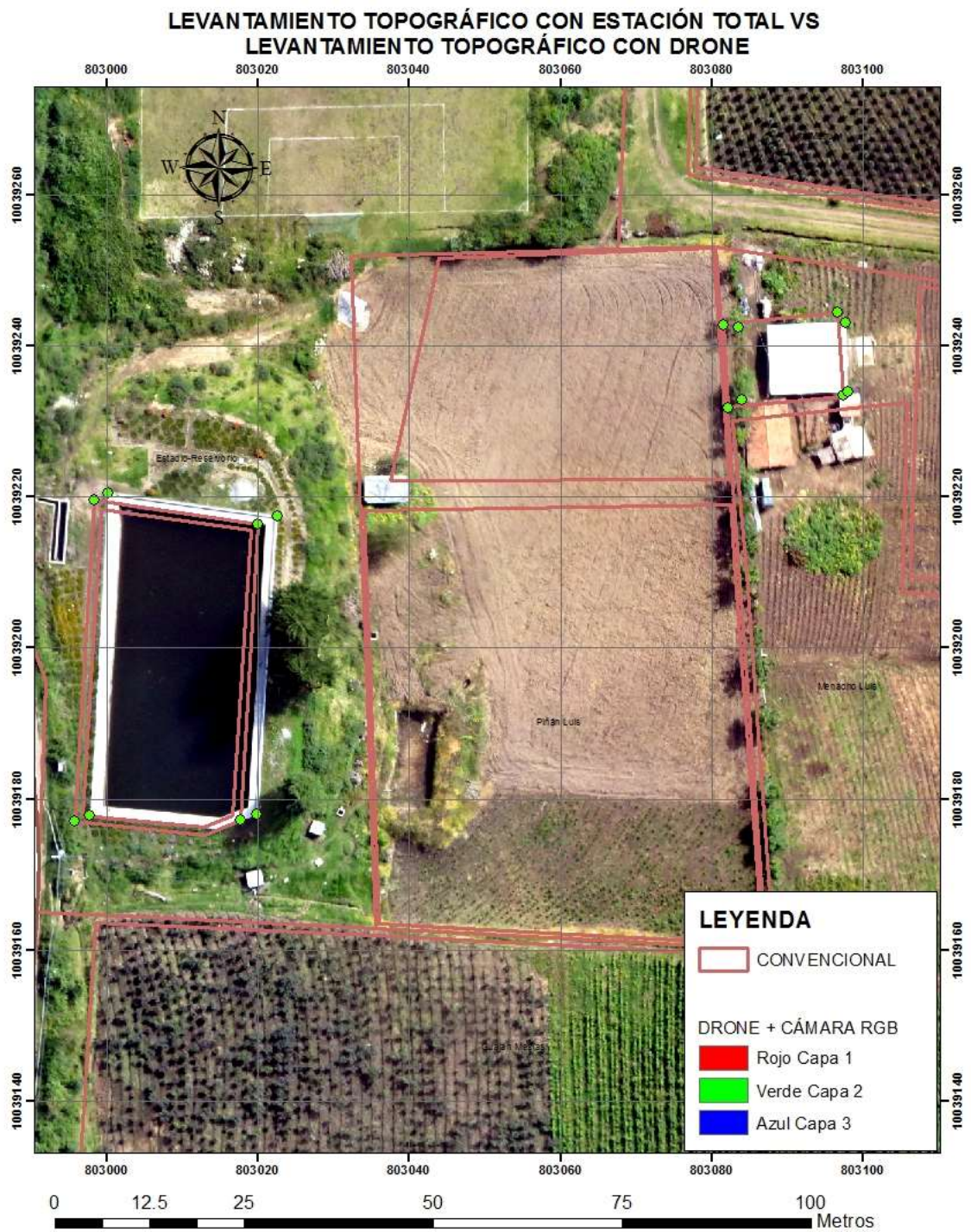


Figura 4. Sobre posición de información planimétrica

Una vez realizado el levantamiento topográfico con los dos sistemas, se realizó una sobre posición de imágenes (Figura 4) en donde se determinaron 20 puntos de control

de acuerdo al cálculo de la muestra en base a los 216 puntos registrados en topografía convencional, con un nivel de confianza del 95% y un error de 5%. Los puntos se colocaron en infraestructuras y detalles del terreno que según análisis visual eran fácilmente comparables, identificando las diferencias en posicionamiento en las coordenadas X y Y. Para la aplicación de la prueba de t de student al 1%, contrastando de esta forma la precisión en planimetría de los dos sistemas (Oñate, 2007).

3.3.2.1.1 Comparación de reportes del Agisoft PhotoScan

Una vez realizado el vuelo del DRONE, se cuenta con las fotos tomadas y archivadas en la memoria de la cámara, las cuales para ser procesadas fueron trabajadas con el software Agisoft PhotoScan, el cual permite unir las fotos que están referenciadas con un GPS navegador del DRONE, generar la ortofoto, generar el modelo digital de elevación (DEM), además nos permite realizar una corrección con los puntos de control tomados con GPS de doble frecuencia, los cuales son mucho más precisos.

También permite realizar un reporte de precisión, el cual nos brinda el error en geo posicionamiento del levantamiento topográfico, sea con puntos o sin puntos de control. Determinando de esta forma la precisión de la ortofoto generada con el GPS navegador del DRONE y la ortofoto corregida con los puntos de control con GPS de doble frecuencia.

Para esto se sigue el siguiente proceso:

Se carga las fotos en el espacio de trabajo del Agisoft PhotoScan, se calibra la cámara, orientamos las fotos, se crea nube de puntos y malla, damos un sombreado a color. Se realiza un acercamiento donde se pusieron los puntos de control (Anexo 4), creamos un marcador, por lo menos se debe contar con tres puntos de control. Importamos los tres puntos de control tomados con GPS de doble frecuencia, definimos el Datum en WGS84 zona 17 Sur, pudiendo observar como la imagen se reubica espacialmente. Se clasifica las clases de puntos, separando de esta forma los puntos del terreno con los puntos de objetos como casas, vehículos, construcciones, personas, entre

otros. De esta forma se exportan los puntos del terreno natural, ortofoto en formato TIFF, DEM, KMZ, se genera el informe obteniendo la precisión del geoposicionamiento de la ortofoto con puntos de control con GPS de doble frecuencia.

Luego se realiza el mismo proceso pero sin importar los puntos de control, es decir las ortofotos del DRONE se posicionan con el GPS navegador, el cual es usado comúnmente en topografía convencional. Exportando la ortofoto, DEM, KMZ y generando el informe de precisión que nos servirá para comparar el error existente en las coordenadas x, y, z.

Posteriormente se realizó la prueba de t de student con los resultados de los reportes de Agisoft PhotoScan con y sin puntos de control (Anexo 5) para determinar la significancia al 1%.

3.3.2.1.2 Comparación de las curvas de nivel de los dos sistemas

Una vez realizado el levantamiento topográfico con los dos sistemas y obtenidas las curvas de nivel del área de trabajo, se genera un mapa en donde se colocan las curvas de nivel generadas por los dos sistemas (Figura 4) facilitando de esta forma la comparación.

Posteriormente se ubicaron 20 puntos de control siguiendo la misma metodología de la comparación planimétrica antes mencionada, en los cuales se observó las diferencias existente entre las coordenadas x y z (Oñate, 2007). Luego se realizó la prueba de t de student al 1, contrastando de esta forma la precisión altimétrica de los dos sistemas.

3.3.2.2 *Análisis FODA de cada sistema*

De acuerdo con Guerra (2017) se establecen los siguientes pasos para realizar el análisis FODA:

3.3.2.2.1 *Identificación de Indicadores*

Se determinó los principales criterios de diagnóstico de cada sistema y selección de indicadores estratégicos. Determinando como los principales criterios: costos, recursos humanos, tiempo empleado y precisión. Teniendo así para el primer criterio que son los costos de producción el indicador dólares por hectárea por sistema. Para el segundo criterio que es mano de obra utilizada se determinó un indicador que es jornales por hectárea por sistema. Para el tercer criterio que es tiempo requerido se determinó un indicador que es minutos por hectárea por sistema. Para el cuarto criterio que es precisión se determinó como indicador la significancia obtenida en la prueba de T de student en la coordenada Z.

3.3.2.3 *Identificación de Indicadores*

Para establecer la eficacia y la eficiencia de los dos sistemas se determinaron cuatro criterios principales: los costos, la mano de obra utilizada, el tiempo requerido y la precisión obtenida.

3.3.2.3.1 *Caracterización de los sistemas*

Una vez distinguidos los criterios e indicadores a tomar en cuenta en cada sistema, se procede a realizar los cálculos de acuerdo a los procesos anotados en la libreta de campo, determinando las características en cuanto a costos, recursos, tiempo y precisión obtenidos en cada sistema.

3.3.2.3.2 *Identificación de Puntos Críticos*

Teniendo caracterizados los dos sistemas topográficos por criterios e indicadores priorizados, se procede a realizar un análisis de las debilidades de cada sistema, identificando así los puntos críticos.

3.3.2.3.3 Comparación de Indicadores con análisis FODA

Contando con la caracterización de cada sistema, identificados los puntos críticos, se realiza un análisis más holístico e integrador que compara las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de cada sistema, para finalmente generar conclusiones y recomendaciones.

3.3.3 Diferenciación de las características geoespaciales del área de estudio empleando los levantamientos topográficos de los dos sistemas

Para la caracterización geo espacial del módulo dos de la junta de agua de riego Morlán, se recabó información a través de encuestas (Anexo 1) y visitas en campo, además se recopiló información de los levantamientos topográficos con los dos sistemas empleados (Figura 6). En la caracterización biótica se realizó a través de mapa de cobertura y uso de suelo, contrastándolo con información obtenida con los levantamientos topográficos. Para la caracterización física se definió los predios de cada uno de los integrantes del módulos dos de la junta de agua de riego, se generó mapas de curvas de nivel y mapas de pendientes, contrastándolos y visibilizando las diferencias. Para la caracterización socio económica y de gobernabilidad se levantó encuestas al 90% de regantes. Toda esta información y caracterización sirvió de insumo para realizar la propuesta de uso de suelo planteada en la presente investigación (Villa, 2016).

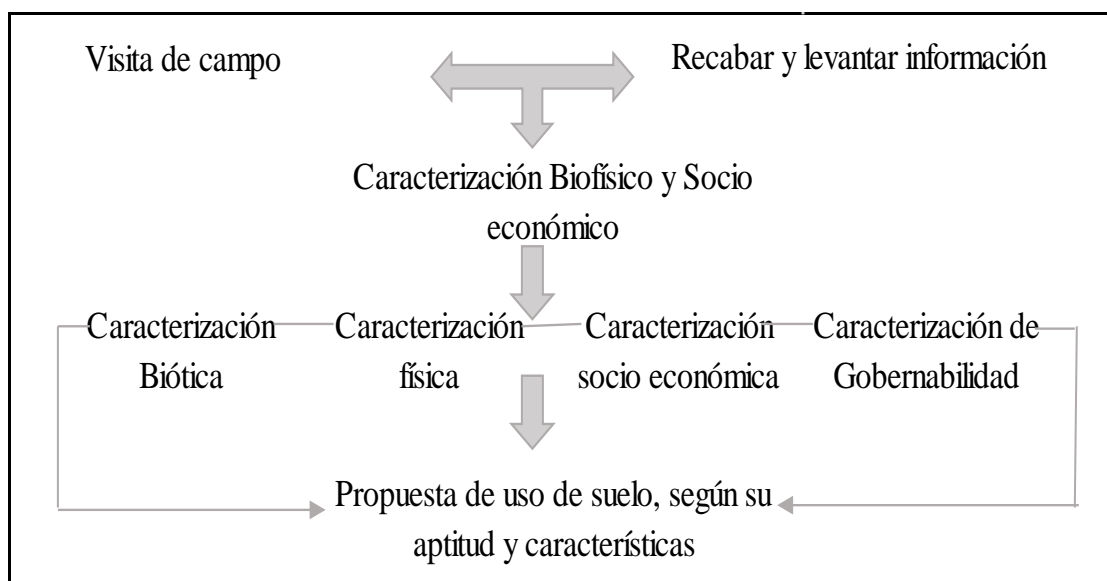


Figura 6. Proceso de Caracterización Biofísico Socio económico
Nota: Adaptado de Villa (2016)

3.3.3.1 Generación de mapas para caracterización biofísica

Para la caracterización geo espacial se usó de insumos la ortofoto y DEM del DRONE, información de uso y cobertura del Ecuador 2013-2014 elaborado por Ministerio de Agricultura y Ganadería MAG y Ministerio del Ambiente MAE (Figura 7), además los productos obtenidos de los dos sistemas topográficos como son delimitación de predios y curvas de nivel, generando así mapas de curvas de nivel y de pendientes (Villa, 2016).

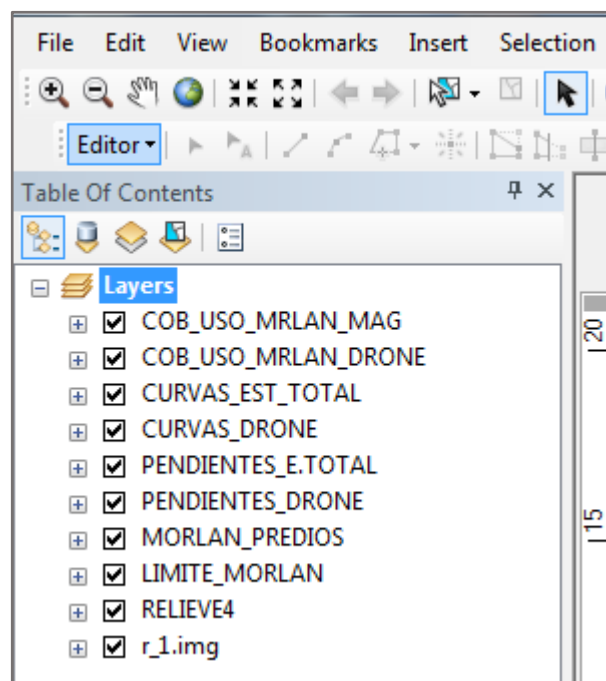


Figura 7. Capas usadas para la generación de mapas en la caracterización Biofísica

3.3.3.2 Aplicación de encuesta e interpretación para caracterización socioeconómica

Como instrumento para la caracterización socio económico se levantó una encuesta basada en la investigación de Guerra (2017), la cual recabó información de carácter social, organizacional, económico productiva, y ecológica. Posteriormente se realizó la interpretación de las respuestas de las preguntas de interés a través de gráficos, esto sirvió de insumo para elaborar la propuesta de uso de suelo. Se encuestó al 90% de

regantes del módulo dos de la junta de agua de riego Morlán, contando con 34 productores encuestados.

3.3.4 Generación de propuesta de categorías de uso de suelo

De acuerdo con SENPLADES-MAG-CLIRSEN (2011), con las características del área de estudio se puede realizar un análisis multi criterio, sin embargo en áreas reducidas como es el caso de la presente investigación, y debido a sus características homogéneas, se analizó solo un factor de suma importancia como es la pendiente, el cual es tomado en cuenta al momento de calcular el potencial erosionable de un terreno determinado, para lo cual se proponen seis categorías de uso de suelo (Tabla 3).

Tabla 2.
Categorías de uso de suelo

VALOR DE LA PENDIENTE (%)	CLASE	CATEGORÍA DE USO
Menor a 5	I, II	Cultivos intensivos ciclo corto
De 5 a 12	III	Cultivos perennes
De 12 a 25	IV	Pasturas
De 25 a 40	V, VI	Silvopasturas
De 40 a 70	VII	Plantación Forestal
Mayor a 70	VIII	Protección y conservación

Nota: Adaptado de SENPLADES-MAG-CLIRSEN (2011)

El factor pendiente es tan importante al momento de calcular la pérdida de suelo por erosión que la ecuación universal de pérdida de suelo (USLE/RUSLE) para estimar la pérdida de suelo por unidad de terreno lo obtiene de la multiplicación entre los factores: R (erosividad de la lluvia), K (erodabilidad del suelo por el factor R), L (longitud de la pendiente), S (inclinación de la pendiente), C (uso y manejo), P (prácticas mecánicas y apoyo (Clérici y García, 2001).

3.3.4.1 *Generación de mapa de capacidad de uso máximo del terreno “CUMAT”*

Garcés (2015), indica los fundamentos y criterios para realizar una evaluación multi criterio usando las herramientas de sistemas de información geográfica, con lo cual para realizar el mapa de Capacidad de Uso Máximo del Terreno CUMAT se siguió los pasos detallados a continuación:

Con el uso de Arc Map 10.3 se cargó el modelo digital de elevación DEM de la plataforma Alaska satélite facility con un pixel de 12.5 metros, esto debido a que con el modelo digital de elevación obtenido con DRONE no es conveniente realizarlo porque es demasiado detallado, detectando incluso las irregularidades del suelo como son surcos o pequeñas zanjas. Este DEM de ALOS PALSAR servirá de principal insumo para este modelo de zonificación y planificación productiva con fines de conservación del suelo. A través de Arc Toolbox, 3D Analyst Tools, Raster Surface, la herramienta Slope creamos una nueva capa y la llamamos Pendiente. Luego con la herramienta Reclassify se clasificó en siete categorías de uso de suelo de acuerdo a la pendiente, teniendo los siguientes valores: para cultivos intensivos pendientes menores de 5%, para cultivos perennes pendientes del 5 al 12%, para pasturas pendientes del 12 al 25%, para silvopasturas pendientes del 25 al 40%, para plantaciones forestales del 40 al 70%, para protección y conservación pendientes mayores al 70%.

Posteriormente se realizó un filtro de generalización, en donde se junta a los pixeles dispersos, para lo cual se empleó la herramienta Majority filter de Spatial Analyst Tools. Continuando con el proceso se realizó una limpieza de vectores o de áreas, en donde primeramente se calculó las áreas de los polígonos y a través de la herramienta Eliminate descartamos los polígonos menores e iguales a 0.1 hectáreas. Se recalculó áreas en la tabla de atributos, seguidamente con la ayuda de Arc Tools Box, Data Management Tools, Generalization, y la herramienta Dissolve se agrupó los polígonos con la misma descripción, calculando nuevamente las áreas.

Por último en propiedades se agregó la simbología a criterio técnico del investigador, de esta forma quedan delimitadas las áreas adecuadas para cada categoría de uso, todo de acuerdo al grado de pendiente que posee, y su vulnerabilidad a erosión hídrica y eólica.

3.3.4.2 Lineamientos de uso de suelo de acuerdo a categoría

De acuerdo al mapa generado de Capacidad de uso máximo del Terreno, el cual determina categorías de uso adecuado del suelo para su conservación, y con base en la caracterización geoespacial, se determinó cuatro categorías de uso del suelo: cultivos intensivos, cultivos perennes, pasturas y silvopasturas. Una vez determinadas las categorías de uso se procedió a la revisión bibliográfica de las Prácticas de manejo sostenible de la tierra en Ecuador del Reporte Nacional de lucha contra desertificación de Calderón (2015), las Técnicas de manejo de nutrientes en el suelo del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP (2012), y las Medidas de conservación de suelos potencialmente erosionables de Pacheco (2006), y se propone lineamientos de uso de suelo enfocado a la conservación.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Contratación técnica-económica de los Sistemas

4.1.1 Levantamiento Topográfico convencional

Se requiere de 8.75 días de trabajo y 48.75 jornales para realizar el levantamiento topográfico de 39.07 hectáreas de terreno, con un equipo técnico de dos topógrafos y cuatro cadeneros (Tabla 4). Esto permite calcular el rendimiento, costos de mano de obra, y posteriormente realizar el cálculo de los costos totales.

Tabla 3.
Resumen de actividades en levantamiento topográfico convencional

RESUMEN LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CONVENCIONAL		
ACTIVIDAD	JORNAL	OBSERVACIÓN
Revisión y verificación de equipos (baterías, estación total (2), bastones (4), prismas (4), machetes, combo, flexómetro, libreta de campo, GPS (2), pintura y clavos)	0.25	Un cadenero ocupa 2 horas de trabajo
Recorrido y reconocimiento del área, Levantamiento de información topográfica de 39.07 hectáreas	48	2 topógrafos y 4 cadeneros durante 8 días de trabajo
Descarga de datos, diseño de plano topográfico	0.5	Un topógrafo durante medio día

4.1.1.1 Cálculo de Rendimientos y Costos de mano de obra

Para el cálculo de rendimientos en topográfico convencional se utilizó la metodología de Gómez y Montealegre (2016), en donde se expresa en unidades de cobro del levantamiento topográfico, pudiendo ser por metro cuadrado, hectárea, kilómetro, u otros; usando para el presente estudio el costo por metro cuadrado y por hectárea.

En el levantamiento topográfico del área de estudio de la presente investigación se obtienen rendimientos de 5570 metros cuadrados por hora o 1604 hectáreas por año con un equipo de dos topógrafos y cuatro cadeneros, en condiciones secas, topografía ondulada y altura de 2660 metros sobre el nivel del mar (Tabla 5), condiciones comunes

RENDIMIENTOS OBTENIDOS EN TERRENO			
RENDIMIENTO m²/h	TOPOGRAFÍA DEL TERRENO	ESTADO DEL TIEMPO	RANGO DE ALTURA (msnm)
5570	Ondulada	Seco	2660

en los terrenos andinos de Imbabura.

Tabla 4.
Rendimientos obtenidos con levantamiento topográfico convencional

4.1.1.2 *Cálculo de costos fijos y variables*

Se establece que el costo total del sistema topográfico convencional para el primer año es de 88857.43 USD, con un rendimiento de 1604 hectáreas al año, obteniendo un costo de 55.40 USD/ha (Tabla 6), contando con altos costos de mano de obra y transporte consistiendo en los principales rubros que lo diferencian con el sistema topográfico con el uso de DRONE.

Tabla 5.
Costos Fijos y Variables del Sistema Topográfico convencional

COSTOS FIJOS	COSTO
Depreciación	3388.00
Seguro	609.42
Interés sobre capital	8736.00
Albergue	144.00
Administrativo	2213.01
SUBTOTAL	15090.43
COSTOS VARIABLES	COSTO
Mano de obra	43698.00
Mantenimiento y reparaciones	1269.00

Transporte	28800.00
SUBTOTAL	73767.00
TOTAL	88857.43

Para el quinto año y tomando en cuenta un rendimiento de 8020 has se obtiene un costo de 54.13 USD/ha, esto debido a que disminuyen los costos de seguro e interés sobre capital. El costo promedio para los cinco años es de 54.76 USD/ha (Tabla 7).

Tabla 6.
Costos Totales del Sistema Topográfico convencional

HAS	COSTOS TOTALES	COSTO/HA
1604	88857.43	55.40
3208	176695.22	55.08
4812	263513.37	54.76
6416	349311.88	54.44
8020	434090.75	54.13

4.1.2 Levantamiento Topográfico con uso de DRONE

De acuerdo a la Tabla 8 podemos observar que se requiere de un día de trabajo y un jornal para realizar el levantamiento topográfico de 39.07 hectáreas de terreno, con un equipo técnico de un ingeniero especialista en SIG. Esto permite calcular el rendimiento, costos de mano de obra, y posteriormente realizar el cálculo de los costos totales.

Tabla 7.

RESUMEN LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON DRONE		
ACTIVIDAD	JORNAL	OBSERVACIÓN
Revisión y verificación de equipos (baterías, DRONE, cámara, computador, estacas, alfombra, estacas, cobo, lonas, GPS de precisión, libreta de campo)	0.25	Un trabajador ocupa dos horas de trabajo
Recorrido y reconocimiento del área, Levantamiento de información topográfica de 39.07 hectáreas	0.25	Un ingeniero especialista en SIG durante dos horas de trabajo

Descarga de datos, diseño de plano topográfico	0.5	Un ingeniero especialista en SIG durante medio día de trabajo
--	-----	---

Resumen de actividades en levantamiento topográfico con DRONE

4.1.2.1 Cálculo de Rendimientos y Costos de mano de obra

Para el cálculo de rendimientos en topográfico con uso de DRONE se utilizó la metodología de Gómez y Montealegre (2016), en donde se expresa en unidades de cobro del levantamiento topográfico, pudiendo ser por metro cuadrado, hectárea, kilómetro, u otros; usando para el presente estudio el costo por metro cuadrado y por hectárea.

En el levantamiento topográfico con el uso de DRONE, se puede levantar 19535 metros cuadrados por hora o 5626.08 hectáreas por año con un ingeniero experto en Sistemas de Información Geográfica SIG, en condiciones secas y altura de 2660 metros sobre el nivel del mar (Tabla 9), condiciones comunes en los terrenos andinos de Imbabura.

Tabla 8.
Rendimientos obtenidos con levantamiento topográfico con DRONE

RENDIMIENTOS OBTENIDOS EN TERRENO			
RENDIMIENTO m²/h	TOPOGRAFÍA DEL TERRENO	ESTADO DEL TIEMPO	RANGO DE ALTURA (msnm)
19535	Indistinto	Seco	2660

4.1.2.2 Cálculo de costos fijos y variables

El costo total del sistema topográfico con DRONE para el primer año es de 58621.76 USD, con un rendimiento de 5626.08 hectáreas al año, obteniendo un costo de

10.42 USD/ha (Tabla 10), siendo mucho más eficiente que el sistema topográfico convencional, especialmente en costos de mano de obra.

Tabla 9.
Costos Fijos y Variables del Sistema Topográfico con DRONE

COSTOS FIJOS	COSTO
Depreciación	3104.00
Seguro	570.36
Interés sobre capital	8148.00
Albergue	144.00
Administrativo	1358.90
SUBTOTAL	13325.26
COSTOS VARIABLES	
Mano de obra	14498.00
Mantenimiento y reparaciones	1998.50
Transporte	28800.00
SUBTOTAL	45296.50
TOTAL	58621.76

Para el quinto año y tomando en cuenta un rendimiento de 28130.40 has se obtiene un costo de 10.08 USD/ha, esto debido a que disminuyen los costos de seguro e interés sobre capital. El costo total promedio por hectárea levantada para los cinco años son 10.25 USD/ha (Tabla 11).

Tabla 10.
Costos Totales del Sistema Topográfico con DRONE

HAS	COSTOS TOTALES	COSTO/HA
5626.08	58621.76	10.42
11252.16	116281.27	10.33
16878.24	172978.55	10.25
22504.32	228713.58	10.16

4.2 Determinación de eficacia y eficiencia de los Sistemas

4.2.1.1 Comparación de ortofoto del DRONE y levantamiento topográfico convencional

Comparando los 20 puntos del levantamiento topográfico convencional y de la ortofoto del DRONE a través de la prueba de t de student se determina que los dos sistemas son estadísticamente similares (Tabla 12), siendo de utilidad en los diversos campos de la ingeniería, y validando de esta forma el uso profesional de los dos sistemas.

Tabla 11.
Comparación planimétrica de los dos sistemas con prueba t de student

PUNTO	X (DRONE)	Y (DRONE)	X (EST.TOTAL)	Y (EST.TOTAL)
1	802991.89	10039075.13	802991.47	10039076.51
2	802993.27	10039086.99	802992.10	10039088.26
3	802997.77	10039177.85	802995.79	10039177.07
4	803000.09	10039220.60	802998.29	10039219.60
5	803002.47	10039074.08	803000.36	10039075.13
6	803003.64	10039085.40	803001.10	10039086.78
7	803019.89	10039178.00	803017.63	10039177.25
8	803022.58	10039217.48	803020.04	10039216.48
9	803081.50	10039242.88	803083.55	10039242.45
10	803082.12	10039231.90	803083.98	10039232.92
11	803096.68	10039244.46	803097.63	10039243.07
12	803097.34	10039233.45	803098.00	10039233.95
13	803126.37	10039231.38	803128.32	10039231.87
14	803128.30	10039138.20	803126.44	10039139.86
15	803128.93	10039240.13	803127.11	10039239.34
16	803129.65	10039146.66	803127.95	10039148.94
17	803133.46	10039230.77	803135.45	10039231.07
18	803133.97	10039238.75	803136.09	10039239.30
19	803138.32	10039136.34	803136.61	10039137.31
20	803140.09	10039144.93	803138.11	10039146.39
	X (DRONE)	Y (DRONE)	X (EST.TOTAL)	Y (EST.TOTAL)
Media	803072.42	10039178.77	803071.80	10039179.18
Desviación estándar	60.151	62.739	60.921	62.056
Suma	16061448.330	200783575.380	16061436.020	200783583.550
Cuenta	20.000	20.000	20.000	20.000
Suma cuadrados	12898506191608.4	2015702207193590.0	12898486421743.5	2015702371232160.0
Var combinada	3664.771	3893.572		
Error est. Combinado	9.572	9.866		
tc	0.064	-0.041		
ta_{0,01}	2.704			
Sig.	ns			

4.2.1.2 Comparación de reportes del Agisoft PhotoScan

Una vez obtenidos los reportes con y sin puntos de control a través del software Agisoft PhotoScan, se determina que existe un error promedio de 2.80 metros sin puntos de control, y un error promedio de 0.33 metros con puntos de control, existiendo una diferencia significativa de acuerdo a la prueba t de student (Tabla 13). Esto nos indica que es recomendable el uso de puntos de control con GPS diferencial para tener una mayor exactitud en el posicionamiento de la imagen y el DEM obtenidos, especialmente para trabajos de ingeniería que requieren precisiones centimétricas. Además se puede establecer que el error más influyente es en las coordenadas Z que nos indican los metros sobre el nivel del mar, es decir la altimetría.

Tabla 12.
Comparación de reportes Agisoft PhotoScan con prueba t de student

COORDENADAS	SIN PUNTOS DE CONTROL	CON PUNTOS DE CONTROL
	Error (m)	Error (m)
X	2.37298	0.322114
Y	2.25621	0.595832
Z	3.79711	0.0927725
suma	8.4263	1.0107185
suma cuad	25.139562	0.467379938
Media	2.808766667	0.336906167
Error est. Combinado	0.399728519	
Error est. combinado	0.258111255	
tc	9.576724976	
ta_{0.01}	4.604	
Significancia	*	

4.2.1.3 Comparación de las curvas de nivel de los dos sistemas

Realizando la prueba t de student se establece que las curvas de nivel obtenidas mediante los dos sistemas topográficos son diferentes (Tabla 14), lo cual permite recomendar la realización de levantamientos topográficos con DRONE, pues tienen una mejor precisión en cuanto altimetría, mucho más si se lo utiliza en obras de ingeniería que requieran estos datos para efecto de cálculo, como es el caso de cálculos de escorrentía y sedimentación en hidrología.

Tabla 13.
Comparación de curvas de nivel (altimetría) con prueba t de student

PUNTO	X (DRONE)	Z (DRONE)	X (EST.TOTAL)	Z (EST.TOTAL)
1	803424.24	2683	803428.15	2652
2	803378.75	2688	803375.72	2659
3	803417.62	2684	803414.96	2655
4	803435.01	2681	803433.33	2653
5	803362.87	2689	803359.83	2662
6	803403.87	2685	803402.81	2657
7	803383.78	2686	803388.15	2659
8	803441.32	2680	803442.87	2652
9	803463.66	2676	803468.17	2649
10	803448.18	2679	803451.90	2652
11	803600.37	2661	803600.65	2632
12	803594.54	2662	803592.51	2633
13	803600.37	2661	803600.65	2632
14	803712.71	2647	803714.95	2618
15	803660.13	2653	803661.46	2624
16	803642.33	2655	803644.28	2626
17	803634.77	2656	803636.72	2627
18	803665.90	2651	803667.87	2624
19	803694.34	2648	803689.98	2622
20	803715.71	2645	803718.96	2619
	X (DRONE)	Z (DRONE)	X (EST.TOTAL)	Z (EST.TOTAL)
Media	803534.02	2668.50	803534.70	2640.35
Desviación estándar	127.221	15.826	127.572	15.732
Suma	16070680.470	53370.000	16070693.920	52807.000
Cuenta	20.000	20.000	20.000	20.000
Suma cuadrados	12913338845958.9	142422604.0	12913360462736.2	139433665.0
Var combinada	16229.920	248.988		
Error est. Combinado	20.143	2.495		
tc	-0.033	11.283		
ta_{0.01}	2.704			
Significancia	*			

4.2.2 Análisis FODA de cada sistema

4.2.2.1 Identificación de Indicadores

Se tomaron en cuenta cuatro criterios principales: los costos, la mano de obra, el tiempo y la precisión, expresados en dólares por hectárea por sistema, jornales por hectárea por sistema, minutos por hectárea por sistema., significancia obtenida en la prueba de T de student en la coordenada Z.

4.2.2.2 Caracterización de los sistemas

Realizando un análisis de los datos obtenidos en campo en los levantamientos topográficos convencional y con uso de DRONE, podemos caracterizarlos según los criterios definidos anteriormente de la siguiente forma:

Sistema Topográfico convencional

Se determinó que es mucho menos eficiente en lo que respecta a mano de obra, tiempo y costos, su precisión en cuanto a planimetría es aceptable, sin embargo en lo referente altimetría obtiene diferencia significativa, siendo imprecisa. Con todas estas características que lo podemos observar en la Tabla 15, se puede establecer que es el sistema menos eficiente.

Sistema Topográfico con uso de DRONE

Se estableció que es el sistema más eficiente en cuanto a mano de obra, tiempo y costos (Tabla 15). En lo referente a precisión es estadísticamente similar al levantamiento topográfico convencional en planimetría, sin embargo en altimetría son estadísticamente diferentes, concluyendo así que el uso de DRONE y puntos de control con GPS diferencial es el sistema más eficiente.

Tabla 14.
Caracterización de los sistemas topográficos

CRITERIO	INDICADOR	SISTEMA DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	
		CONVENCIONAL	CON USO DE DRONE
Costos	Dólares/Ha	54.76	10.25

Mano de Obra	Jornales/Ha	1.25	0.03
Tiempo	Minutos/Ha	107.50	12.29
Precisión	T student	** (Z)	

4.2.2.3 Identificación de Puntos Críticos

El levantamiento topográfico con el uso de DRONE es muy eficiente en cuanto a recursos económicos, recursos humanos y tiempos empleados. Sin embargo dentro de las fases del levantamiento cuenta con un punto crítico, el cual es el procesamiento de la información (Tabla 16), esto se debe a que se utiliza el software Agisoft PhotoScan, que demora al momento de procesamiento de las imágenes para obtener la ortofoto y DEM del área de estudio, representando el 50% del costo, mano de obra y tiempo empleado.

El levantamiento topográfico convencional es menos eficiente en cuanto a recursos económicos, recursos humanos y tiempos empleados. Dentro de las fases del levantamiento cuenta con un punto crítico, el cual es el levantamientos topográfico propiamente en campo (Tabla 16), esto se debe a que emplea mucha mano de obra, tiempo y recursos económicos en ello, representando el 98.46% del costo, mano de obra y tiempo empleado.

Tabla 15.
Identificación de puntos críticos de cada sistema

Sistema	Fase	Porcentaje de costo, mano de obra y tiempo empleado
Levantamiento Topográfico con DRONE	Planificación	25%
	Levantamiento	25%
	Procesamiento	50%
Levantamiento Topográfico Convencional	Planificación	0.51%
	Levantamiento	98.46%
	Procesamiento	1.03%

La adquisición de imágenes a empresas como por ejemplo SPOTMMAP pueden usarse de igual forma para realizar trabajos de ingeniería, el costo es de 5.23 USD por kilómetro cuadrado, con un pedido mínimo de 250 kilómetros cuadrados, representando

una inversión de 1309 USD, mientras que con uso de DRONE obtener la misma información costaría unos 25000 USD. Lo cual indica que es mucho más eficiente trabajar con imágenes adquiridas a empresas internacionales si se pretende trabajar con áreas grandes, mientras que con áreas pequeñas continúa siendo un gran aporte el uso de la tecnología DRONE (SPOTMAps, 2015).

4.2.2.4 Comparación de Indicadores con análisis FODA

Una vez realizado la identificación de criterios e indicadores, caracterizar los sistemas topográficos e identificar los puntos críticos, se ha determinado las siguientes fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas:

Sistema Topográfico con uso de DRONE

FORTALEZAS	DEBILIDADES
➤ Requiere de menor mano de obra y costos	➤ Depende de condiciones climáticas y autonomía del DRONE
➤ Reduce tiempos de levantamientos topográficos	➤ Post proceso demoroso
➤ Accede a sitios accidentados y de alto riesgo	➤ Pocos profesionales especialistas
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
➤ Permite familiarizarnos con las nuevas tecnologías que se avecinan como es los DRONE con tecnología RTK	➤ Reducir plazas de empleo
➤ Oportunidad de obtener información de alta calidad	➤ Depreciación tecnológica de dispositivos por aparición de nuevas tecnologías
➤ Permite su uso en varias ramas de la ciencia	➤ Descontinuarse con los avances, obliga a auto capacitarse

Sistema Topográfico convencional

FORTALEZAS	DEBILIDADES
➤ Genera fuentes de empleo	➤ Altos costos y tiempo
➤ Existencia de personal capacitado	➤ Depende de factores climáticos
➤ Obtiene detalles que desde ortofotos pueden estar ocultos por vegetación	➤ Pone en riesgo al personal en sitios de difícil acceso
OPORTUNIDADES	AMENAZAS

- Disponibilidad de técnicos y empresas con experiencia en el tema
 - Aparición de estaciones totales cada vez más avanzadas y eficientes
 - Permite su uso en varias ramas de la ciencia
 - Puede ser desplazada por otras tecnologías
 - Mayor riesgo de siniestros y daños de equipos
 - Descontinuarse con los avances, obliga a auto capacitarse
-

4.3 Caracterización Geo espacial

4.3.1 Caracterización Biofísica

El módulo dos de la junta de agua de riego de la comuna Morlán posee una superficie de 39.07 hectáreas, en las cuales existen 54 lotes de terreno pertenecientes a 37 familias (Figura 8). Los propietarios de los predios se dedican exclusivamente a labores de agricultura y crianza de animales menores, existiendo en mínima cantidad la presencia de cabezas de ganado bovino. Los predios varían en tamaño de media a una hectárea y media.

maíz (*Zea mays L*) variedad Chaucho mejorado INIAP 122, fréjol (*Phaseolus vulgaris*) (Figura 9).

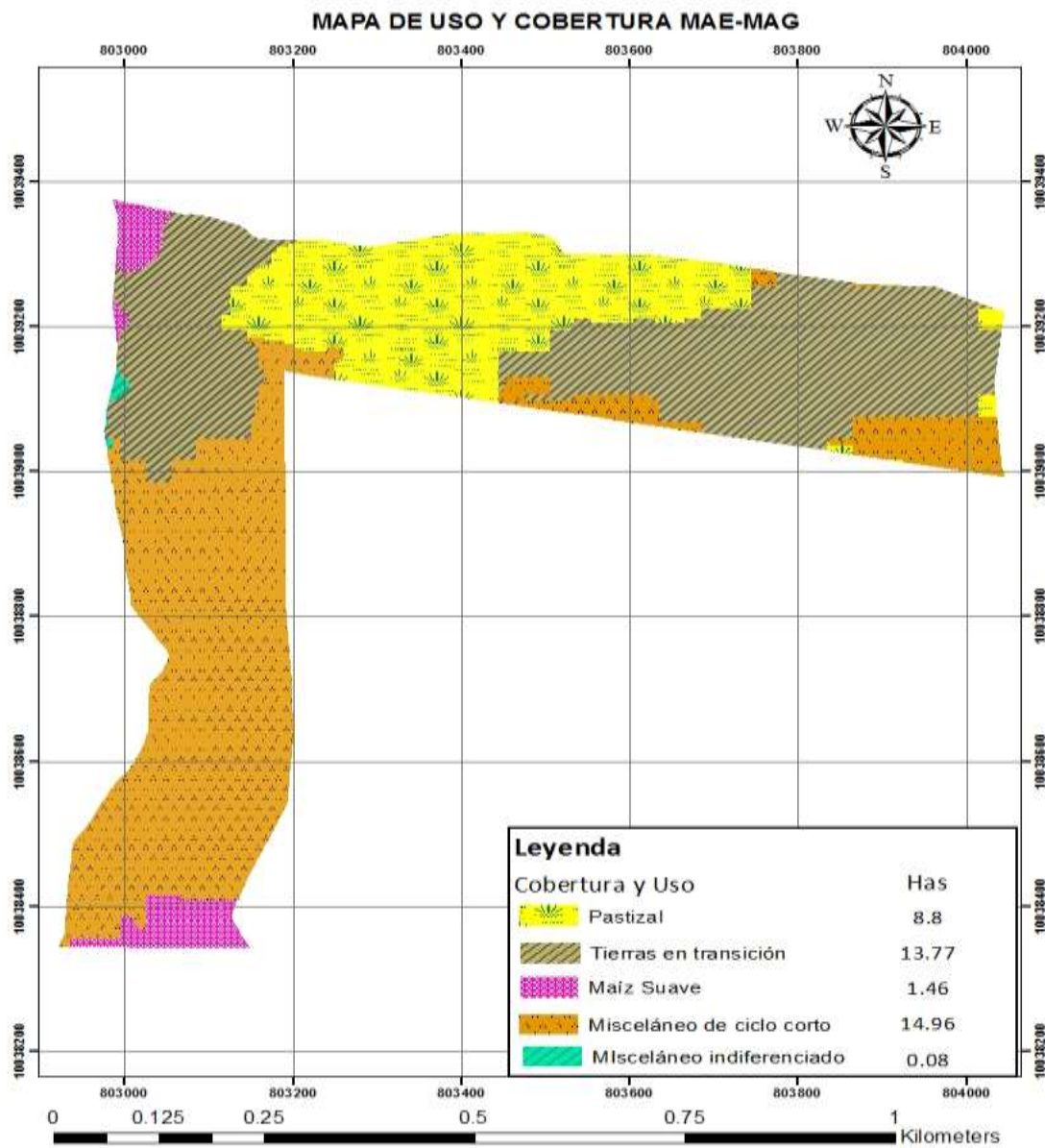


Figura 9. Mapa de caracterización de uso y cobertura

USO DEL SUELO - ÁREA DE ESTUDIO

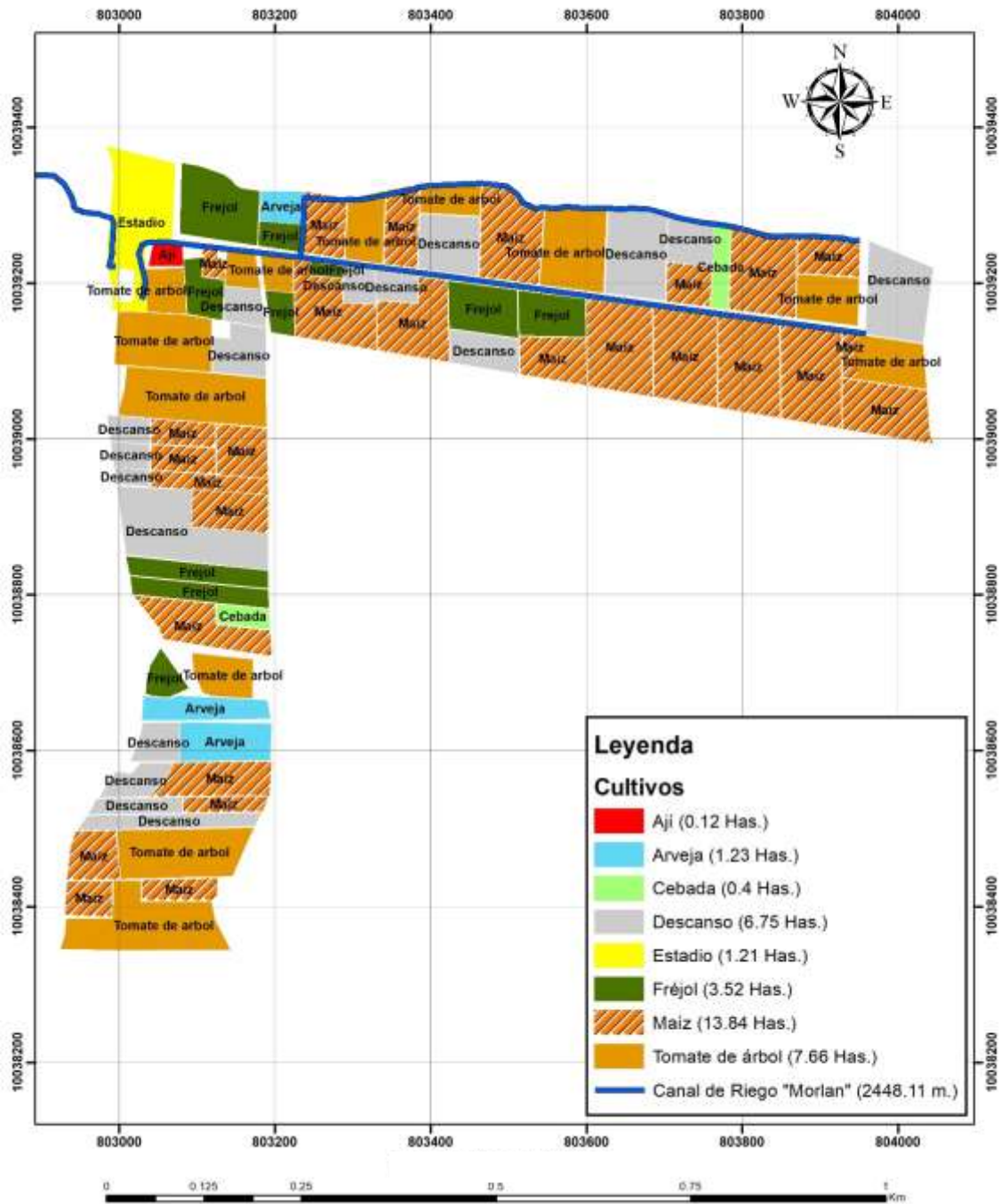


Figura 10. Mapa de caracterización de uso y cobertura con DRONE

Empleando el levantamientos topográficos con el uso de DRONE, se pudo caracterizar de mejor manera el área de estudio, delimitando zonas de cultivos y

estableciendo áreas de producción, determinando así con certeza que existen unas 13.84 hectáreas de maíz, 7.66 hectáreas de tomate de árbol, 6.75 hectáreas en descanso, entre otras (Figura 10). Comprobando que el uso de DRONES es de gran valor para trabajos de ingeniería como estimaciones de siembra y cosecha, planes de ordenamiento territorial, entre otros.

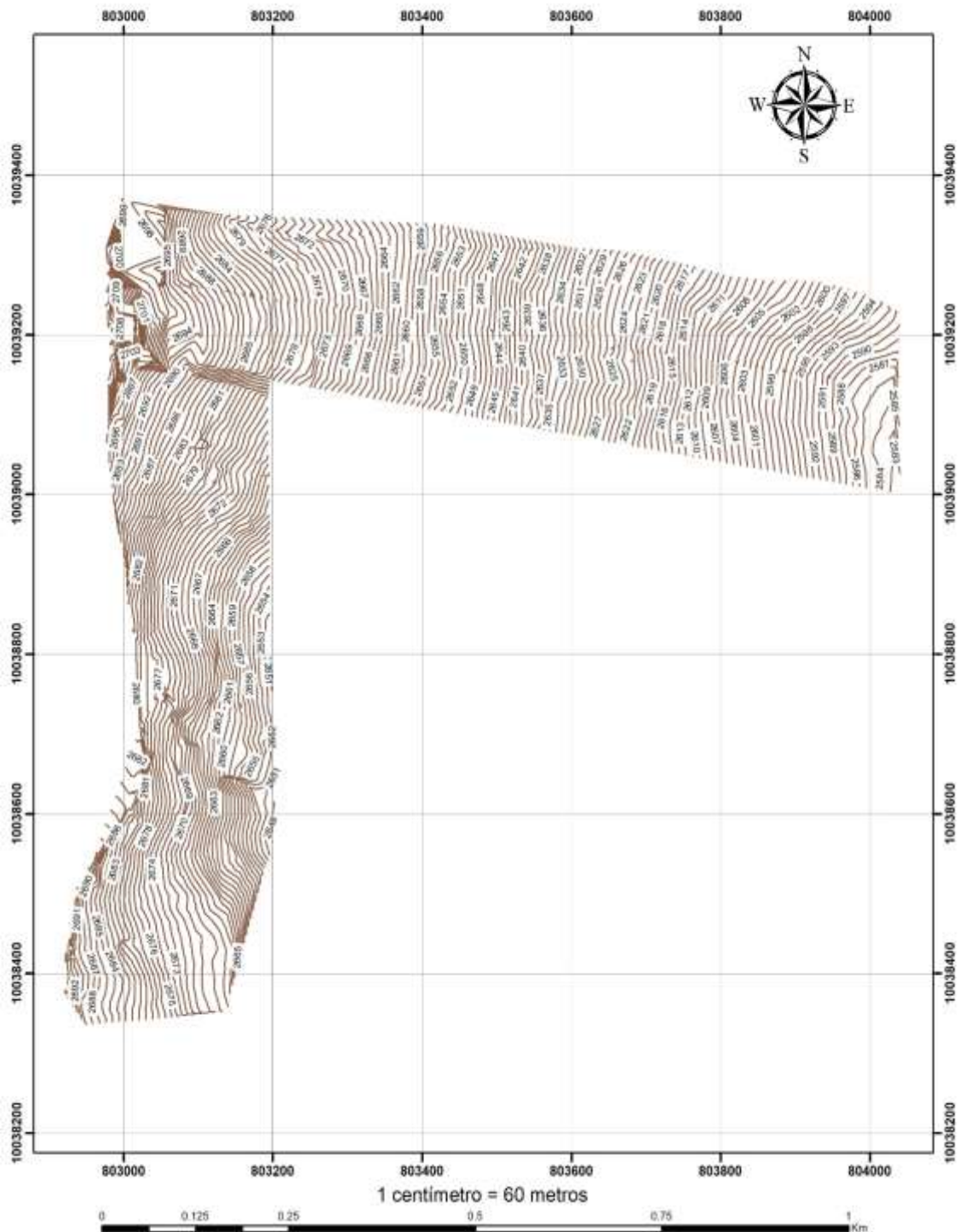
Los cultivos de ciclo corto especialmente son maíz y fréjol, los cuales se siembran de manera alternada de tal forma que se realiza una rotación de cultivos, así mismo el cultivo de tomate de árbol cuando termina su ciclo de producción sus tallos son usados para el tutoraje del cultivo de fréjol que se acostumbra sembrarlo en seguida. Las fechas de siembra son de acuerdo a las épocas de lluvia, septiembre, octubre, marzo y abril.

4.3.1.2 Caracterización Física de Curvas de nivel y Pendientes

En los mapas de curvas de nivel generados a través de los dos sistemas (Figuras 11 y 12) se observan grandes diferencias, que van de 21 hasta 26 metros, teniendo curvas de nivel con altitudes de 2709-2583 msnm en topografía convencional, mientras que en topografía con DRONE y puntos de control se obtienen curvas de nivel que van de 2727-2604 msnm.

En los mapas de pendientes generados con los dos sistemas (Figuras 13 y 14), se puede observar que las áreas calculadas son totalmente diferentes, encontrando así unas 22 hectáreas de terreno con pendientes del 20% y 12 hectáreas con pendientes de 12% en la información generada con DRONE, mientras que con Topografía convencional (estación total) se establecen 12 hectáreas con pendientes del 20% y 6 hectáreas con pendientes del 12%. La ventaja del uso de la tecnología DRONE es que permite verificar la información de pendientes a través de la ortofoto, siendo un importante validador de la información.

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON USO DE ESTACIÓN TOTAL



LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON USO DE DRONE

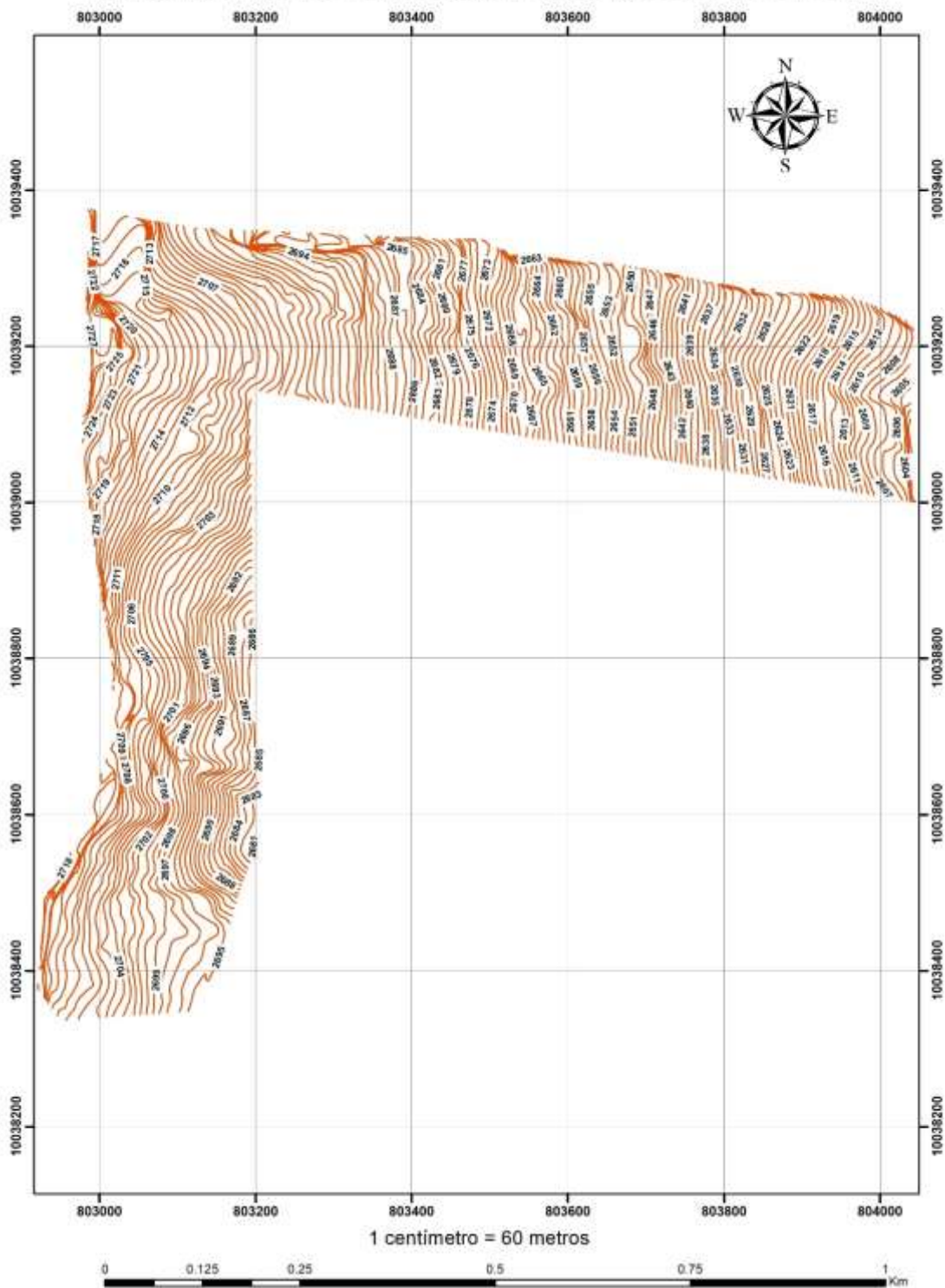


Figura 12. Mapa de curvas de nivel con DRONE

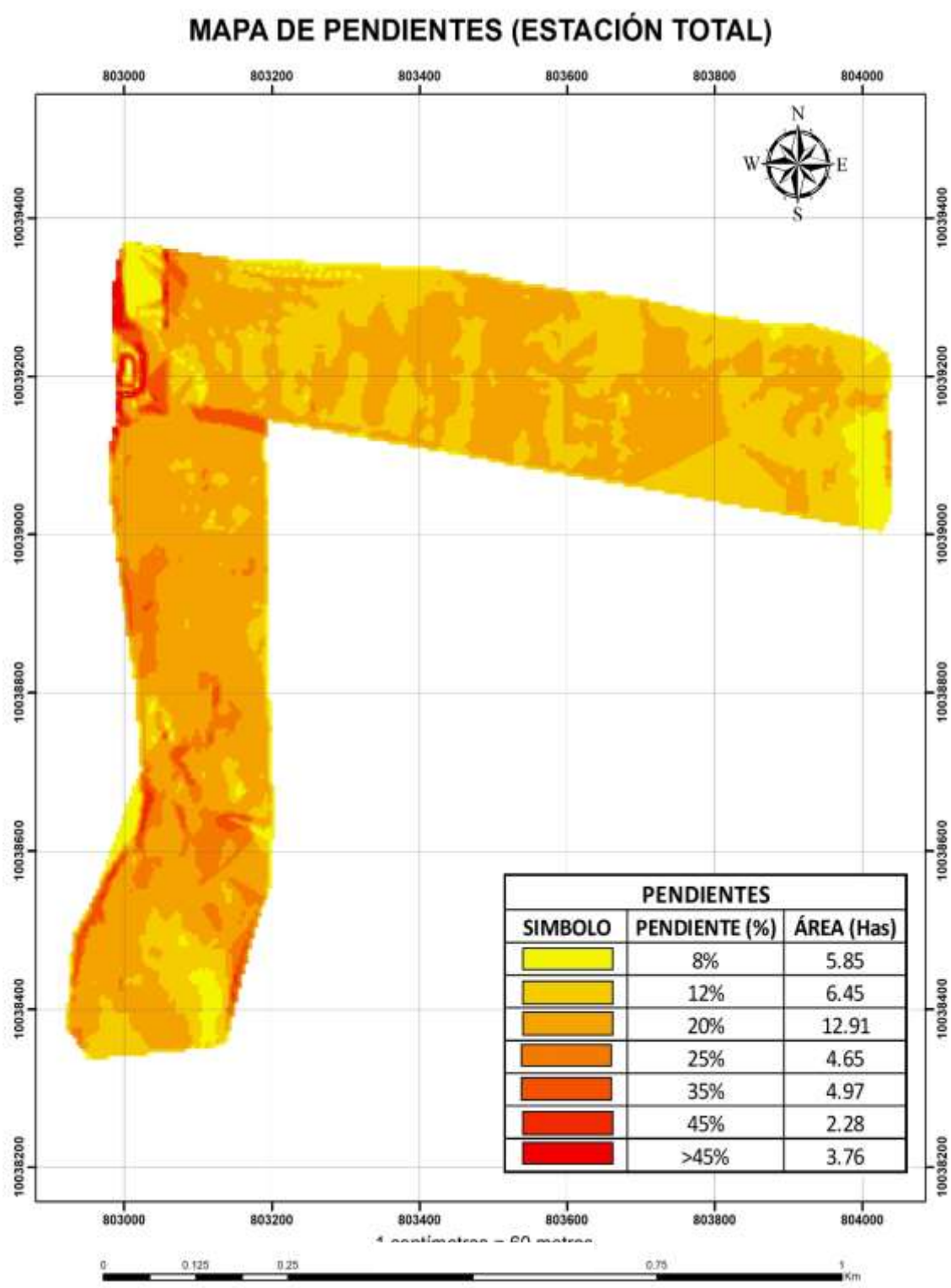


Figura 13. Mapa de pendientes con Estación Total

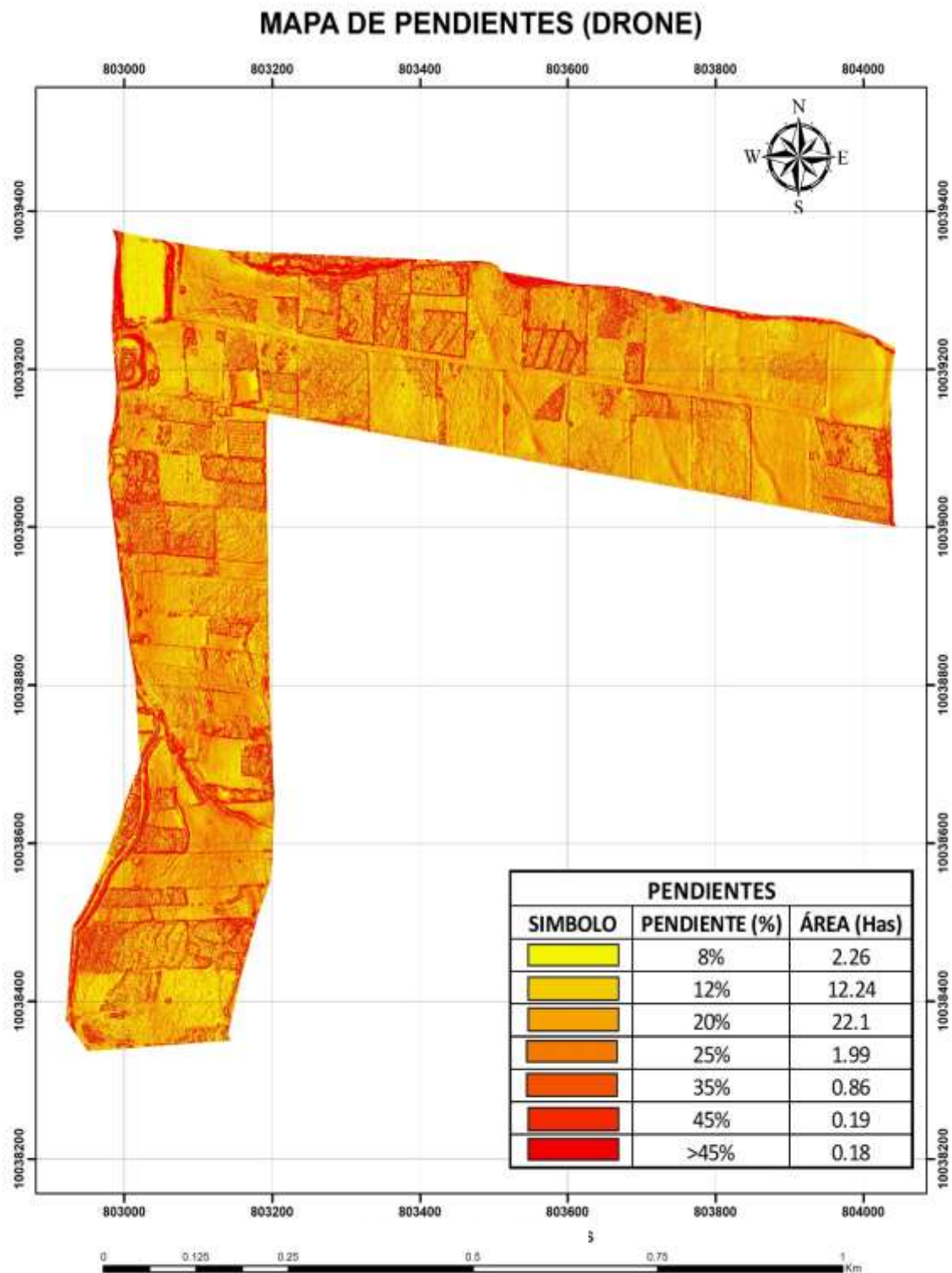


Figura 14. Mapa de pendientes con DRONE

4.3.1.3 Caracterización Socio económica

4.3.1.3.1 Información Social

Para elaborar la propuesta de uso de suelo fue necesario comprender la dinámica social, económica, ambiental y productiva para lo cual se encuestó al 90% de los regantes, determinando así que: el Módulo dos de la Junta de agua de riego Morlán cuenta con 37 socios, en donde 32 socios hombres y 5 mujeres son los representantes de los predios. Contando todos con una tenencia propia de la tierra. Dentro de los principales parámetros tomados en cuenta fueron: actividad económica que desempeñan, productos que cultivan, prácticas de conservación realizadas, existencia de capacitación en la zona, principales problemas en la producción agrícola.

Principal actividad económica

La principal actividad económica es la Agropecuaria con un 72.5%, con cultivos de fréjol, maíz, tomate de árbol, pastos y en menor cantidad papa, haba, melloco, mora, mientras que el 27.5% corresponde a otras actividades como la elaboración de panela y como estibadores en el mercado (Figura 15), siendo la actividad forestal y comercial nula en la zona.

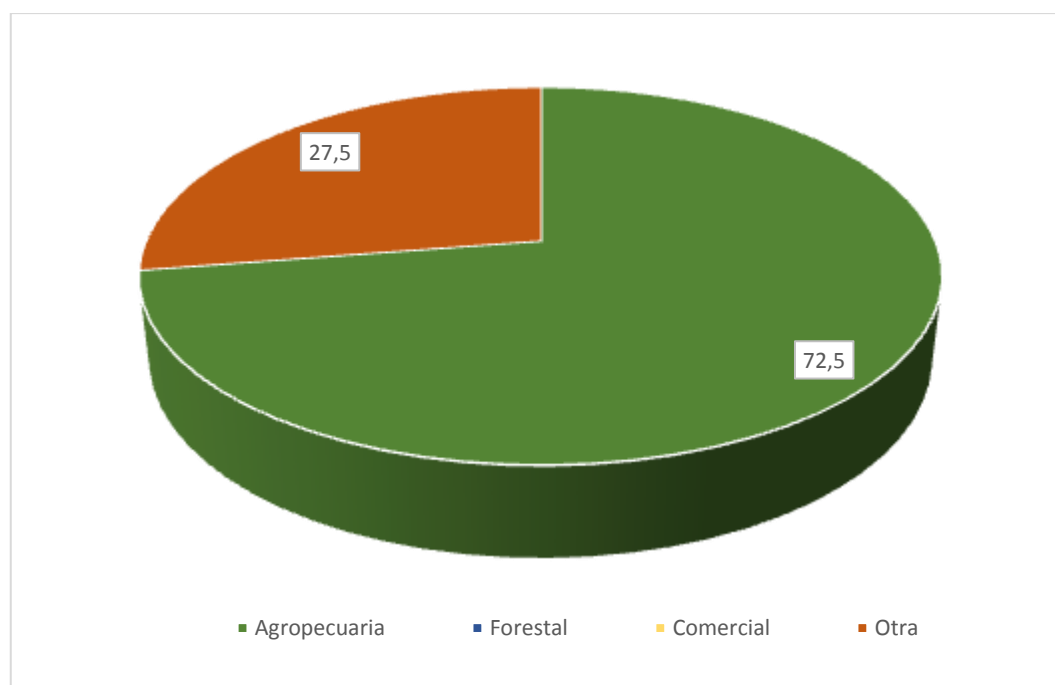


Figura 15. Actividad económica
Fuente: Encuesta

Productos que se cultivan

El fréjol en su variedad Gema y el maíz con su variedad blanco chaucho son los productos más cultivados representando el 71.59%, en menor cantidad el tomate de árbol con 26.14% (Figura 16) y en pequeña cantidad y para autoconsumo se cultiva otros productos como haba, papa, melloco, mora.

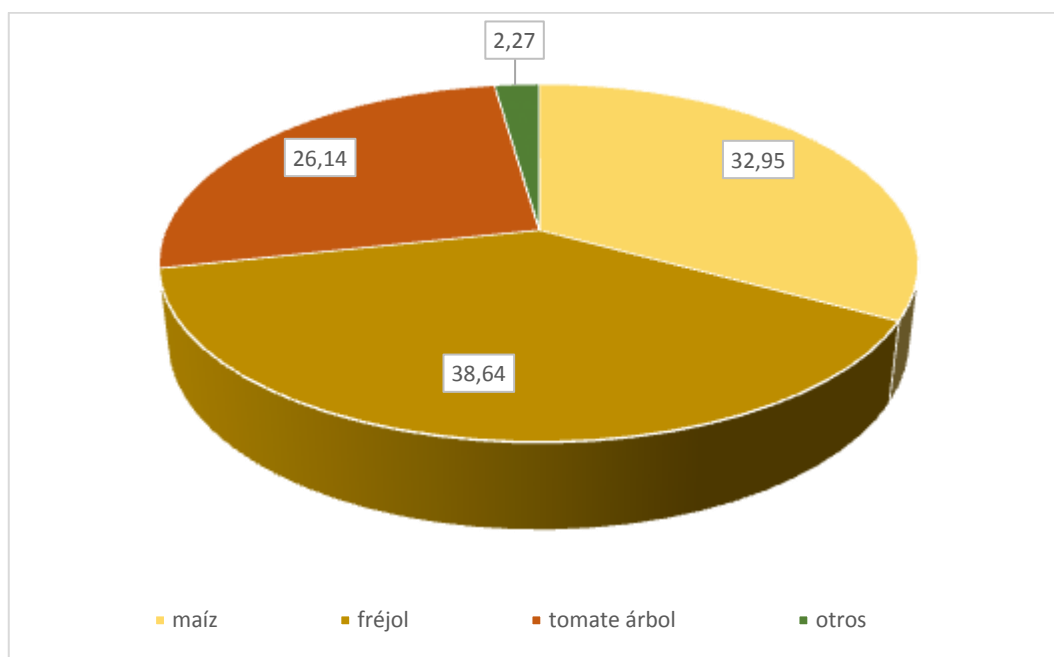


Figura 16. Productos que se cultivan
Fuente: Encuesta

Prácticas de conservación de suelo

El 47.06% de los productores realiza prácticas de conservación de suelo (Figura 17). La práctica de conservación mayoritariamente realizada es la rotación de cultivos, especialmente la rotación fréjol (*Phaseolus vulgaris*) y maíz (*Zea mays*).

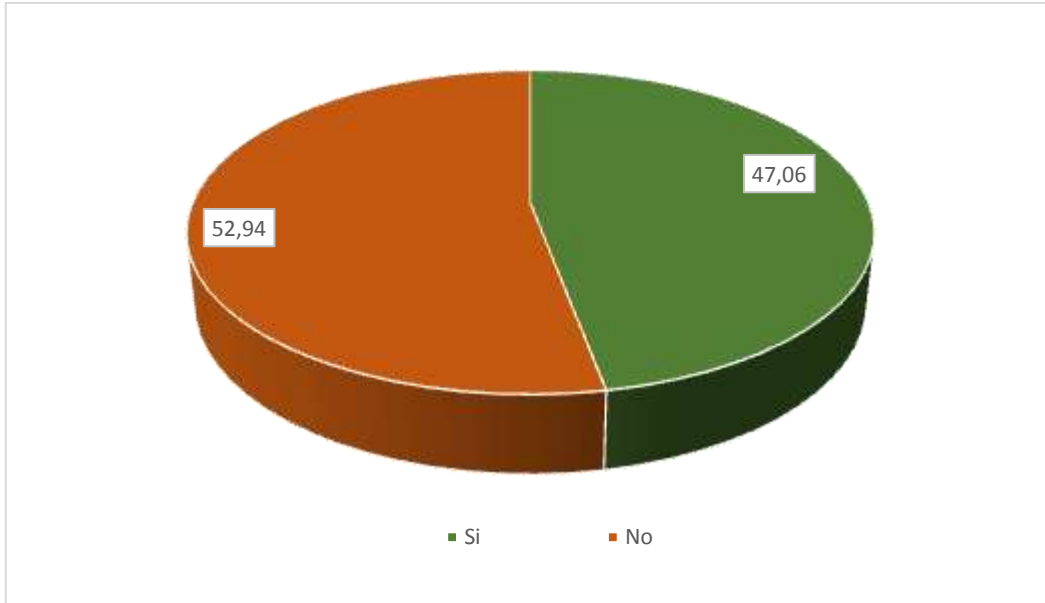


Figura 17. Productos que se cultivan
Fuente: Encuesta

Fauna mayoritaria de la zona

La fauna mayoritaria comprende mamíferos como el zorro (*vulpes vulpes*), lobo (*canis lupus*), conejo (*oryctolagus cuniculus*), venado (*odocoileus virginianus*) y aves en especial gavilán (*accipiter nisus*), garza (*ardeidae*), tórtola (*streptopelia turtur*), quinde (*colibri coruscans*), entre otros (Figura 18).

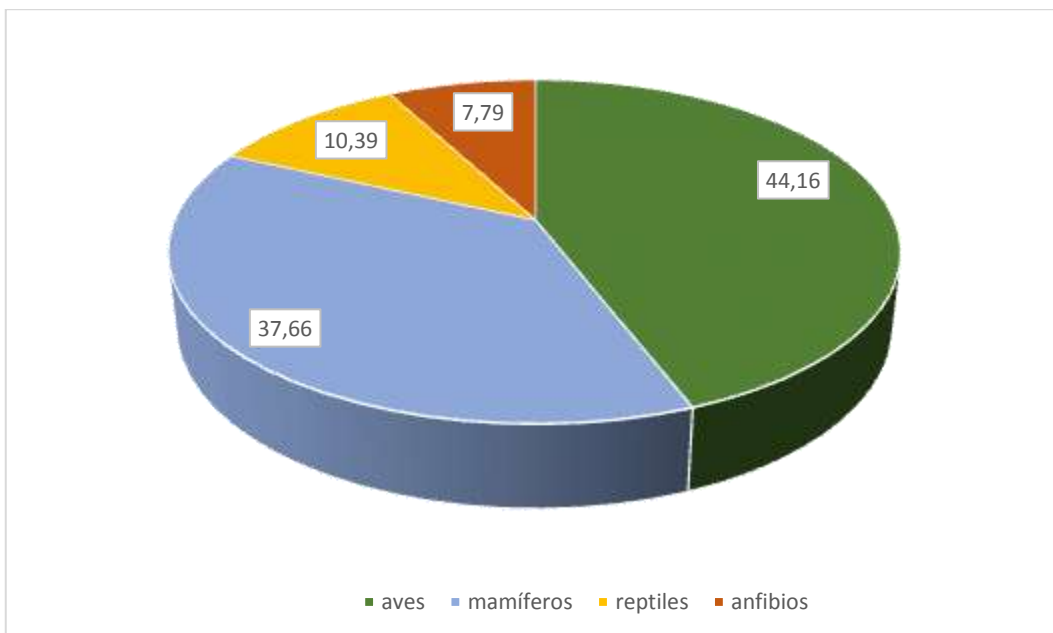


Figura 18. Fauna mayoritaria
Fuente: Encuesta

Capacitación

El 52% de los regantes no poseen capacitación de parte de ningún tipo de entidad pública o privada, mientras que el 47.06% de los encuestados poseen capacitación (Figura 19), la cual la reciben con una frecuencia anual y en el mejor de los casos semestral, por entidades como Ministerio de Agricultura y Ganadería MAG, Ministerio del Ambiente MAE, y casas comerciales de agroquímicos.

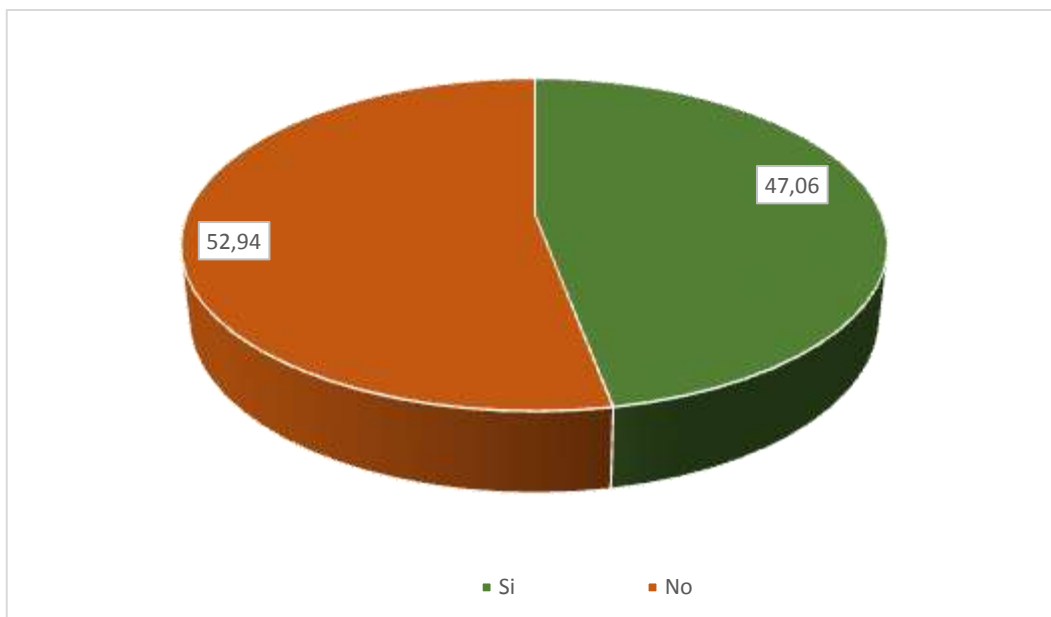


Figura 19. Capacitación
Fuente: Encuesta

Principales problemas en la agricultura

Dentro de las principales problemas encontramos la presencia de plagas y enfermedades en los cultivos y los fenómenos meteorológicos de sequía y exceso de humedad representando el 82.14% (Figura 20), otro problema recurrente son los bajos precios representando el 10.71%.

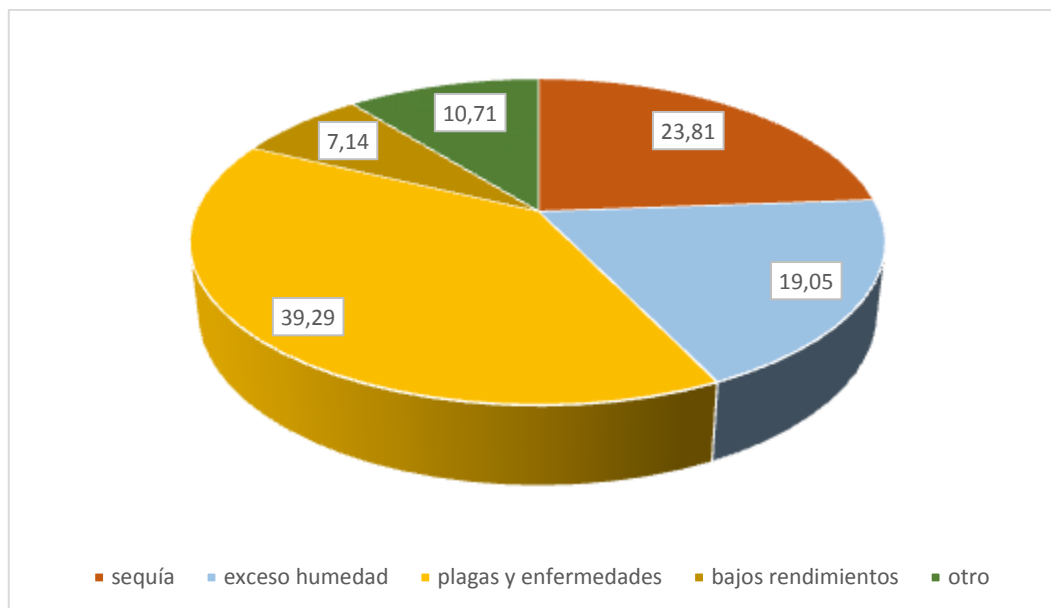


Figura 20. Problemas en la agricultura
Fuente: Encuesta

4.4 Propuesta de categorías de uso de suelo con base en la caracterización geoespacial

Una vez realizada la caracterización geoespacial del módulos dos de la junta de agua de riego Morlán se pudo observar que por ser relativamente pequeña el área de estudio comparte características similares en cuanto a cobertura, clima, precipitaciones, litología, entre otras; por lo cual se selecciona el factor pendiente del terreno para clasificar áreas y determinar categorías que permitan el uso sostenible del recurso suelo, evitando problemas de erosión, que trae problemáticas como bajos rendimientos, desertificación, migración y pobreza (SENPLADES-MAG-CLIRSEN, 2011).

Generados los mapas de curvas de nivel y pendientes se determinó que no es necesario de tanto detalle para realizar una propuesta de categorías de uso de suelo, puesto que se detectaban pendientes pequeñas como surcos o canales, por lo cual se empleó un DEM extraído del satélite Alaska con pixel de 12.5 metros, en donde con los parámetros de SENPLADES-MAG-CLIRSEN (2011), como se explicó en la metodología, se obtuvieron tres categorías de uso: cultivos intensivos con pendientes

menores al 5%, cultivos perennes con pendientes del 5 al 12%, y pasturas con pendientes del 12 al 25% (Figura 21).

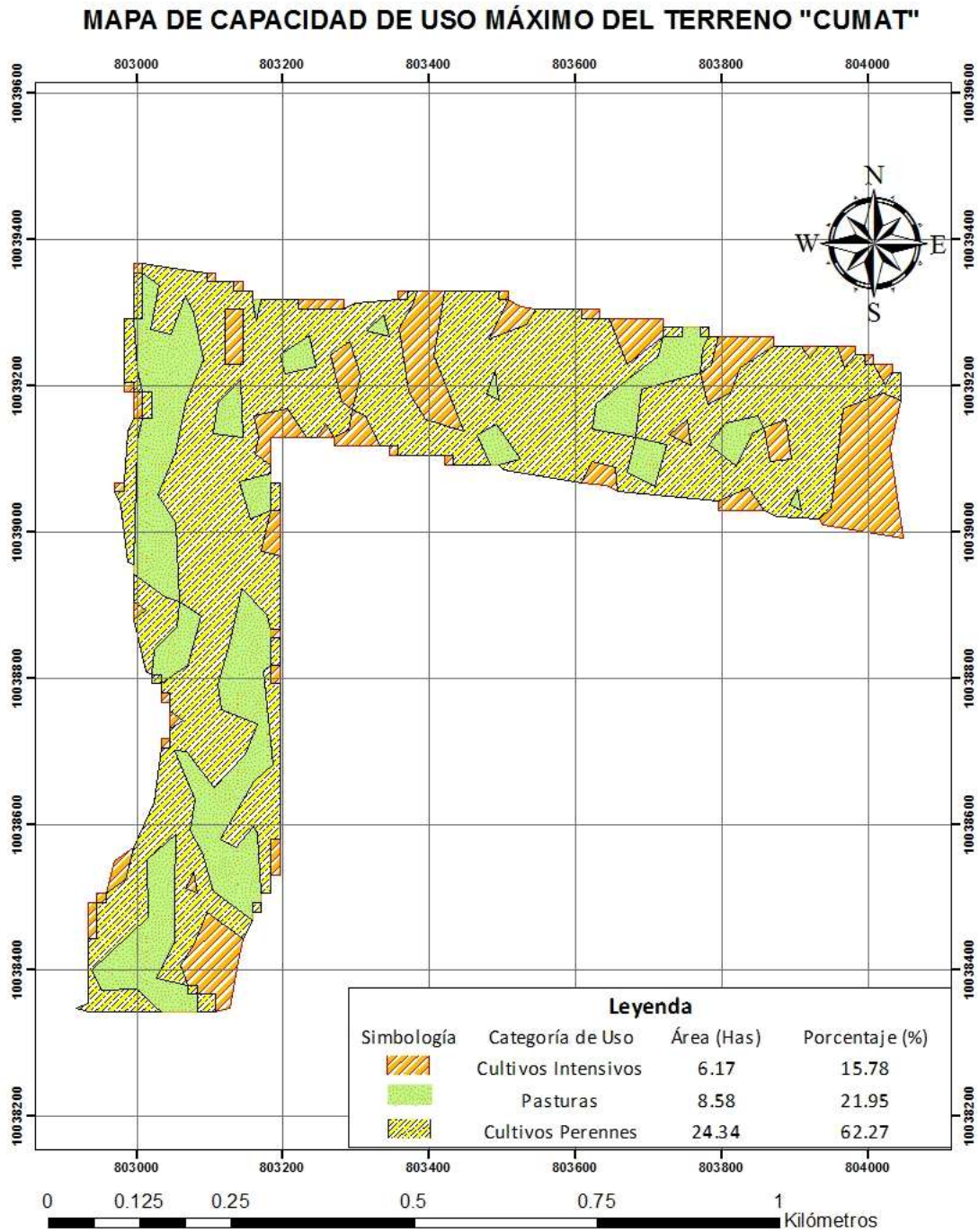


Figura 21. Mapa de Capacidad de Uso máximo del Terreno CUMAT

En la leyenda del Mapa de Capacidad de Uso Máximo del Terreno, podemos observar que unas 6.17 hectáreas del área de estudio tiene la capacidad de uso para cultivos intensivos, 8.58 hectáreas para pasturas y 12.24 hectáreas para cultivos perennes, para lo cual a través de las Prácticas de Manejo Sostenible de la Tierra para el Ecuador, se establecerán lineamientos de manejo para cada categoría de uso.

4.4.1 Lineamientos de Manejo Sostenible por Categorías de Uso

4.4.1.1 Lineamiento de Manejo Sostenible de Cultivos Intensivos

Mantillo y reciclaje de residuos orgánicos

Bautista (2014) afirma que, mantener al suelo cubierto por residuos vegetales y realizar abonos orgánicos con residuos de cosechas a través de procesos como el compostaje o como el bocashi, son alternativas de retribución de nutrientes al suelo, representando un ahorro al productor pues mejora las características físicas y químicas del suelo, reduciendo costos de producción y conservando el recurso para las futuras generaciones.

Rotación de cultivos

En la caracterización socio económica realizada a través de la encuesta en la zona de estudio se identifica a la rotación de cultivos como la única actividad de conservación que se viene realizando. La principal rotación que se realiza es de fréjol y maíz suave, y en menor cantidad tomate de árbol y fréjol, aprovechando el tallo del tomate de árbol para el tutoraje del fréjol.

Incentivar la producción de otras especies agronómicas como: papa, haba, arveja, trigo, entre otros, los cuales aumenten la agro biodiversidad de la zona y permitan un mejor aprovechamiento de los recursos, tal como lo menciona Pacheco (2006).

Periodos de barbecho

Los cultivos de ciclo corto pueden realizarse dos ciclos al año, por lo cual es importante que entre cosecha y siembra del siguiente ciclo se mantenga un periodo de descanso en el cual el terreno se encuentre en barbecho, procurando no preparar el suelo con demasiada anticipación pues queda susceptible a problemas de erosión a causa de

viento y agua (Carrasco, Squello, Riquelme, Hirzel, y Uribe, 2012). Es aconsejable en este lapso sembrar al voleo vicia, la cual puede ser incorporada el terreno en su estado de crecimiento para aportar como abono verde rico en nitrógeno. Además es necesario evitar prácticas como la quema de maleza o el uso excesivo de herbicidas los cuales deterioran la calidad del suelo.

Labranza de conservación

INIAP (2012) menciona que, implementar una labranza reducida en los cultivos de ciclo corto, esto quiere decir no dejar mullido al suelo, reduciendo las pasadas de tractor y apero por el terreno, esto es de mucha utilidad en terrenos andinos con pendientes pronunciadas porque evita el arrastre de nutrientes y sedimentación de los mismos en zonas bajas.

Gestión de Fertilizantes

Realizar un plan de fertilización específico para cada cultivo, dosificando los requerimientos nutricionales en base a un análisis de suelo, hace que los nutrientes no se vayan acumulando en el suelo provocando pérdida de dinero y sobretodo contaminación de las fuentes de agua y problemas de salud (Pacheco, 2006).

Manejo Integrado de plagas y enfermedades

Incorporación de técnicas de control físicas como por ejemplo poda de hojas dañadas, selección de semillas sana y de buena calidad, fertilización adecuada, elaboración de trampas, entre otras. Además reducir el número de aplicaciones de agroquímicos y cumplir con la dosis establecida en las instrucciones de la etiqueta, rotación de ingredientes activos y descartar productos de sello rojo para cualquier tipo de control (Benavides, 2016).

4.4.1.2 Lineamiento de Manejo Sostenible de Cultivos Perennes

Labranza de conservación

Realizar una labranza reducida pues lo que interesa es realizar el trazado y hoyado para la plantación, realizando labranza en etapas de desarrollo del cultivo a nivel de coronas de los árboles y en el resto de terreno realizar un control de maleza con herramientas de corte y no de labranza. Realizar riegos con forme a curvas de nivel, procurando utilizar caudales de bajo volumen que permitan un adecuado control evitando desbordamientos y arrastre de nutrientes y de suelo (INIAP, 2012).

Gestión de Fertilizantes

Realizar fertilización con base en un análisis de suelo y de forma localizada en la zona de las raíces de los árboles, tapando el fertilizante para evitar su volatilización y procurando mantener el suelo en capacidad de campo para una mejor absorción de nutrientes (Pacheco, 2006).

Manejo Integrado de plagas y enfermedades

Implementar técnicas de control como es el trampeo para la plaga de chinche patón que ataca al tomate de árbol. Controlar la enfermedad de ojo de pollo a través de selección de plántulas de calidad, buen manejo de fertilización, rotación de principios activos, de tal forma que se reduzcan el número de aplicaciones y por lo tanto la contaminación de los mismos (Benavides, 2016).

4.4.1.3 Lineamiento de Manejo Sostenible de Pasturas

Sistemas silvo pastoriles

Benavides (2016) recomienda realizar plantaciones de especies forestales como el aliso (*Alnus glutinosa*) y porotón (*Erythrina edulis*) en los linderos de los potreros y en las zonas con pendiente pronunciada, para de esta forma disminuir el arrastre de suelo por efectos de erosión hídrica y eólica, contribuyendo adicionalmente en procesos de fijación de nutrientes.

Adicionalmente, los sistemas silvo pastoriles contribuyen a un menor grado de compactación del suelo por su efecto amortiguador, el cual contribuye con hojarasca y humedad lo cual incentiva a una mayor población de lombrices y fijando macronutrientes como nitrógeno, contribuyendo en definitiva a mejorar la fertilidad del suelo.

Económicamente también tiene un impacto positivo el manejo de silvo pasturas para las familias campesinas pues disminuye costos de fertilización, brinda materia prima para herramientas (cabos de palas, azadones, entre otros), mejora la nutrición animal y los rendimientos, crea un micro clima favorable para el ganado, brinda sombra y confort a los animales, incrementa la biodiversidad, contribuye a la captura de emisiones de carbono a la atmósfera.

Carga animal

Calderón (2015) afirma que, se debe mantener una carga animal de 1 a 1.5 cabezas de ganado bovino por hectárea como máximo, es decir un tipo de ganadería extensiva que procure bajar los niveles de compactación del suelo y que eviten la contaminación de los recursos hídricos.

También, realizar mezclas forrajeras que permitan tener leguminosas y gramíneas disponibles para la dieta alimenticia del ganado y que a su vez tengan un efecto simbiótico de convivencia con el cual contribuyan a un manejo sostenible del suelo y un ahorro en fertilización de los potreros.

Contar con animales de buena genética, con características lecheras que permitan una producción diaria de 20 litros, contribuyendo así a la economía de las familias.

Gestión de residuos orgánicos

Bautista (2014) sostienen que, las excretas del ganado deben ser distribuidas y esparcidas, favoreciendo la fertilización de preferencia en las zonas altas para contribuir con materia orgánica en zonas donde se ha perdido por efectos de arrastre y gravedad.

Además, elaboración de composteras con residuos de cosechas de la zona y con estiércol animal e incorporarlos al voleo por los potreros, realizando una reincorporación de nutrientes, mejorando las condiciones edáficas de tal forma que representen un incremento en la biomasa de forraje.

4.5 Socialización de resultados

La presente investigación no planteó dentro de sus objetivos realizar socialización, sin embargo se realizó la presentación de resultados del trabajo a la directiva de la Junta de agua de riego de la comuna Morlán, en donde asistieron: presidente, vicepresidente, secretaria, tesorera y vocales (Fotografía 7). Además se realizó la entrega en físico y digital de la investigación, así como la ortofoto, DEM, propuesta de uso de suelo y la linderación de cada predio, lo cual servirá de insumo para un correcto uso y aprovechamiento del recurso agua y suelo en la comunidad.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- ✓ El análisis de costos y actividades realizadas en cada sistema determinaron que el sistema topográfico convencional es menos eficiente, demanda de alta cantidad de costos, mano de obra y tiempo, además es muy sensible en lo referente a la accesibilidad al área de estudio y genera un alto riesgo laboral para el personal técnico que realiza el levantamiento.
- ✓ La prueba de T de student al 1% que comparó 20 puntos en planimetría y en altimetría (curvas de nivel) entre los dos sistemas topográficos determinaron que existen diferencias significativas en la coordenada Z, la cual indica los metros sobre el nivel del mar, siendo un factor determinante en trabajos de ingeniería como cálculos de escorrentía, sedimentación, susceptibilidad a riesgos, estableciendo al sistema topográfico con uso de DRONE y con puntos de control con GPS de doble frecuencia como el sistema más preciso.
- ✓ Los productos obtenidos con el uso de DRONE son mayores y mucho más detallados, pues se obtienen archivos en formato de imagen como es la ortofoto, además en formato RASTER como es el modelo digital de elevación (DEM) y en formato KMZ para uso en google earth o en SAS planet. En contraste la topografía convencional nos brinda menores productos y con mucho menos detalles.

- ✓ El uso de DRONE permite caracterizar de mejor manera cualquier área de estudio, brindando más detalles y mayor precisión, con información minuciosa y de exactitud en relación a curvas de nivel y pendientes. Permitiendo verificar la información topográfica con la ortofoto, siendo un importante validador de la información levantada.
- ✓ El uso de ortofotos y modelos digitales de elevación obtenidos con DRONE, son de gran valor en estudios de ingeniería, pudiendo emplearse en campos como: vulnerabilidad a riesgos, hidrológicos, agrícolas, de ingeniería civil, o en propuestas de ordenamiento territorial que garanticen un adecuado uso de los recursos agua y suelo, realizando un aprovechamiento sostenible.

5.2 RECOMENDACIONES

- ✓ Complementar el presente estudio con investigaciones del rendimiento de los sistemas topográficos bajo condiciones de topografía accidentada o montañosa y con obstáculos naturales como vegetación arbustiva densa y cuerpos de agua, que impidan el acceso al área de estudio.
- ✓ Seleccionar áreas de estudio con mayor extensión para disponer de mayores características que permitan realizar un análisis multicriterio para plantear propuestas de ordenamiento territorial con enfoque conservacionista, sirviendo para el desarrollo adecuado de los sectores agropecuarios.
- ✓ Usar nuevos instrumentos tecnológicos para futuras investigaciones, que actualmente son usados en el campo de la ingeniería, tal es el caso de DRONES con tecnología Real Time Kinematic (RTK), lo cual haría mucho más eficiente

los levantamientos topográficos, pues disponen de mayor autonomía de vuelo y mayor precisión geo espacial.

- ✓ Socializar las investigaciones realizadas en el instituto de posgrado, especialmente las relacionadas al uso de tecnologías de punta en instituciones públicas (Ministerios, Gobierno provincial) e instituciones privadas para transferir el conocimiento y que sirva de sustento para trabajos realizados con la tecnología DRONE.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Al-Jarrah, M., y Hasan, M. (2011). Hils setup of dynamic flight path planning in 3D environment with flexible mission planning using Ground Station. *Journal of the Franklin Institute*. 1, 1-28 pág.
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Quito.
- Bautista, J. (2014). Calidad del suelo y sus indicadores. *Ecosistemas*, 1, 1-8.
- Benavides, A. (2016). *La agricultura sostenible como herramienta alternativa para la gestión sustentable de recursos naturales*. Tesis de maestría, Universidad Técnica del Norte, Ibarra.
- Berteska , T., y Ruzgiene, B. (2013). Photogrammetric mapping based on Unmanned Aerial Vehicle (UAV) imagery. *Geodesy and Cartography*. 1, 1-19.
- Calderón, M. (2015). *Reporte Nacional de lucha contra la desertificación*. MAE-PNUD. Quito.
- Carrasco, J., Squello, F., Riquelme, J., Hirzel, J., y Uribe, H. (2012). *Técnicas de conservación de suelo, agua y vegetación en territorio degradado*. Chile: INIA.
- Carrillo, A., & Villalobos, R. (2011). *Análisis comparativo de los índices de calidad del agua de los ríos tecolutla y cazones en el periodo marzo-diciembre 2010*. Tesis pregrado. Universidad Veracruzana. Poza Rica.
- Cerro-Giner, J. (2007). *Arquitectura Abierta para el Control Autónomo Y Teleoperado de un Mini-Helicoptero*. Tesis pregrado. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- Chávez, A. (2001). *Topografía y su relación con el medio ambiente*. Tesis pregrado. Universidad del Valle, Bogotá.

- Clérici, C., & García, F. (2001). Aplicaciones del modelo USLE/RUSLE para estimar pérdidas de suelo por erosión en Uruguay y la región sur de la cuenca del río de la Plata. *Revista Agrociencia*, 3, 1-12.
- Coder, P. (2013). *Digitalización automática del Patrimonio Arqueológico a partir de Fotogrametría..* Cuarta Edición. Madrid.
- Corredor Daza, J. G. (2015). *Implementación de modelos de elevación obtenidos mediante topografía convencional y topografía con drones para el diseño geométrico de una vía en rehabilitación sector Tulua- Riofrío.* Bogota: Riofrío.
- Días, M. (2011). *Análisis Fotogramétrico de Imágenes adquiridas por un avión no tripulado.* Tesis de maestría, Universidad de las Palmas de Gran Canaria, Madrid.
- Dirección General de Aviación Civil. (2015). *Resolución N° 251.* Quito: DAC.
- Eisenbeiss, H. (2011). Investigation of UAV Systems and flight modes for photogrammetric applications. *Photogrammetric Record*, 1, 1-9.
- Eraso, G., & Tello, A. (2006). *¿Cómo calcular sus costos topográficos?.* San Juan de Pasto: CESMAG.
- Espejel, A., Romero, J., Barrera, A., Torres, B., y Félix, J. (2015). Determinación del uso potencial agrícola mediante modelación. *Ra Ximhai*, 1, 1-21.
- FAO. (15 de enero de 1997). *Zonificación Agro-ecológica.* Consultado el 27 de julio de 2017 en: <http://www.fao.org/docrep/W2962S/W2962S00.htm>
- Garcés, J. (2015). *Aplicación de Evaluación Multicriterio y Sistemas de Información Geográfica para el modelado de la capacidad de acogida para la localización de viviendas de mediana densidad. Caso de estudio Cuenca del río Guadalajara (Valle del Cauca).* Tesis pregrado, Universidad del Valle, Valle del Cauca.
- García, J., & Pérez, M. (2009). *Utilización de imágenes aéreas digitales de pequeño formato para la evaluación de desastres.* Tesis pregrado, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

- Gómez, D., & Montealegre, D. (2016). *Guía para la estimación de Costos Topográficos en la Consultoría*. Tesis pregrado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá.
- Gómez, O. (2010). *Guía metodológica de Planificación Territorial bajo auspicio de la Secretaria Nacional de Planificación Territorial. SENPLADES*. Tesis maestría, Universidad de Madrid España, Madrid.
- Guerra, D. (2017). *La Democratización de los medios de producción el caso compra de la Hacienda La Magdalena. Ibarra, Ecuador*. Tesis Maestría Universidad Técnica del Norte, Ibarra.
- Hernández López, D. (2006). *Introducción a la Fotogrametría digital*. Bogota: Santilla.
- INIAP. (2012). *Evaluación de la Metodología de Manejo de Nutrientes en sitio específico*. Quito: INIAP-SENESCYT.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2007). *Mejora de los Sistemas de Cartografía del Territorio Colombiano*. Departamento de la Guajira, Bogotá: S.E.
- Lorente Palacin, D. (2007). *Representación y edición de un plan de vuelo sobre un modelo digital de elevación en entorno*. Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Catalunya, Catalunya.
- MAE-MAGAP-IGM. (2013-2014). *Proyecto de Generación del Mapa de Cobertura y Uso de la Tierra del Ecuador Continental*. Quito: MAE-MAGAP-IGM.
- Martínez, G. (2012). *Propuesta de ordenamiento de las áreas de producción agrícola, para reducir deslizamientos en el Municipio de San Marcos La Laguna, Sololá. Guatemala*. Tesis de Maestría Universidad de San Carlos de Guatemala, San Carlos.
- Oñate, L. (2007). *Desarrollo de un sistema de información geográfica catastral de Isla de Pascua y evaluación métrica de su cartografía base*. Tesis maestría, Universidad de Santiago de Chile, Santiago de Chile.
- Pacheco, O. (2006). *Medidas de conservación para suelos potencialmente erosionables.*: Tesis de maestría, UDTTC, Camaguey

- Pérez Escobar, F., y Bonilla, B. (2013). *Adquisición de Imágenes Aéreas desde un Tricóptero*. Tesis pregrado. Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira.
- Puerta, C. (2015). *Tecnología DRONE en levantamientos topográficos*. Tesis pregrado, Universidad Nacional de Colombia, Bogota.
- Quimbita, M. (2016). *Uso civil de drones y la afectación al derecho a la intimidad personal y familiar en el Ecuador*. Tesis pregrado. Universidad Central del Ecuador, Quito.
- Quintanilla, I., Gallegos, A., Irimia, J., y Pérez, J. (2005). Estudio y Análisis de receptores GPS monofrecuencia diferencial de bajo coste para la obtención de precisiones submétricas. *Ingeniería Cartográfica*. 1, 1-8.
- Quiróz Rosado, E. (2015). *Introducción a la fotogrametría y cartografía aplicada a la ingeniería civil*. Tesis pregrado, Universidad de Extremadura, Madrid.
- Robson, S., & James, M. (2014). Systematic vertical error in UAV-derived topographic models. *Origins and solutions*. 1, 1-12.
- SENPLADES. (2008). *Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo*. Quito-Ecuador.
- SENPLADES-MAG-CLIRSEN. (2011). *Evaluación de Tierras por su capacidad de uso*. Quito-Ecuador.
- SPOTMAs. (julio de 2015). SPOTMAs International Price List. *Geo Intelligence*. 1, 1-4.
- Universidad Nacional del Nordeste. (2012). *Principios de Fotogrametría*. EEUU.
- Vargas, R. (2009). Mapeo digital del suelo y su evaluación con fines de producción de caña de azúcar en los municipios de Ixiamas y San Buenaventura. *Conservación Estratégica*. 1, 1-14.
- Villa, Á. (2016). *Modelos de Zonificación utilizando Información Geoespacial a través de SIG, para establecer Categorías de Manejo en función de los conflictos de la reserva hídrica y ecológica de San Cristóbal Galápagos*. Tesis maestría. Universidad San Francisco de Quito, Quito.

- Villarreal, J., & Zárate, B. (2015). *Análisis de la precisión de levantamientos topográficos mediante el empleo de vehículos no tripulados (UAV) respecto a la densidad de puntos de control*. Tesis pregrado, Universidad Técnica Particular de Loja, Loja.
- Yuste Martín, N., Vargas, V., & Moya, H. (2013). *Teledetección Ambiental de Alta Resolución mediante aplicación de Vehículos Aéreos no tripulados*. Madrid, España: Sociedad Española de Ciencias Forestales.

ANEXOS

Anexo 1. Formulario de encuesta



TEMA: PERTINENCIA DEL USO DE DRONES EN LA CARACTERIZACIÓN GEO ESPACIAL DEL MÓDULO DOS JUNTA DE AGUA DE RIEGO DE LA COMUNA MORLÁN, IMBABURA.



El objetivo de la encuesta es caracterizar socioeconómicamente el módulo dos de la Junta de agua de riego comuna Morlán.

A. INFORMACIÓN GENERAL

Fecha N° de encuesta

Art. 21.- Los datos individuales que se obtengan para efecto de estadística y censos son de carácter reservado; en consecuencia, no podrán darse a conocer informaciones individuales de ninguna especie, ni podrán ser utilizados para otros fines como de tributación o conscripción, investigaciones judiciales y, en general, para cualquier objeto distinto del propiamente estadístico o censal. (R.O. N°82, 7 de mayo de 1976, N° 323 - Ley de Estadística)

A1. Ubicación (¿dónde vive?)		A2. Identificación	
Provincia	<input type="text"/>	Nombre del encuestado	
Cantón	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
Parroquia	<input type="text"/>	C.I.	<input type="text"/>
Comunidad o ciudad	<input type="text"/>		
Coordenadas (del terreno)			
X	<input type="text"/>		
Y	<input type="text"/>		

B. INFORMACIÓN SOCIAL

B1. ¿Hace cuántos años produce en la zona?		B2. ¿Cuántos Integrantes tiene la familia?	
1 a 10	<input type="checkbox"/>	niños (as)	<input type="checkbox"/>
11 a 20	<input type="checkbox"/>	jovenes	<input type="checkbox"/>
21 a 30	<input type="checkbox"/>	adultos	<input type="checkbox"/>
más de 30	<input type="checkbox"/>	tercera edad	<input type="checkbox"/>

B3. ¿Cuál es la forma de tenencia de la tierra?		B4. ¿Tiene acceso a los siguientes servicios básicos?	
Propia	<input type="checkbox"/>	Electricidad	<input type="checkbox"/>
Arrendada	<input type="checkbox"/>	Agua potable	<input type="checkbox"/>
Al partir	<input type="checkbox"/>	Alcantarillado	<input type="checkbox"/>
Otro (¿cuál?)	<input type="checkbox"/>	Internet	<input type="checkbox"/>

B5. ¿Qué nivel de educación posee?

Primaria	<input type="checkbox"/>	Secundaria	<input type="checkbox"/>	Universitaria	<input type="checkbox"/>
Ninguna	<input type="checkbox"/>				

C. INFORMACIÓN ORGANIZACIONAL

C1. ¿Participa ud en actividades comunitarias? (mingas, reuniones, talleres)		C2. ¿La asistencia a las actividades comunitarias es?	
Si	<input type="checkbox"/>	Obligada	<input type="checkbox"/>
No	<input type="checkbox"/>	Voluntaria	<input type="checkbox"/>
		Compromiso	<input type="checkbox"/>

Si la respuesta es no pase a la pregunta C3.

C3. ¿La Junta de agua posee reglamentos y estatutos?		C4. ¿Tiene conocimiento de los reglamentos y estatutos?	
Si	<input type="checkbox"/>	Bueno	<input type="checkbox"/>
No	<input type="checkbox"/>	Malo	<input type="checkbox"/>
		Regular	<input type="checkbox"/>

Si la respuesta es no pase a la pregunta C5.

C5. ¿Poseen capacitación?		C6. ¿Con qué frecuencia los capacitan?	
Si	<input type="checkbox"/>	mensual	<input type="checkbox"/>
No	<input type="checkbox"/>	semestral	<input type="checkbox"/>
		anual	<input type="checkbox"/>

Si la respuesta es no pase a la pregunta C8.

C7. ¿Quién brinda las capacitaciones?

MAG	<input type="checkbox"/>	GAD PARROQUIAL	<input type="checkbox"/>
ONGS	<input type="checkbox"/>	CASAS AGROQUÍMICOS	<input type="checkbox"/>
PREFECTURA	<input type="checkbox"/>	OTROS	<input type="checkbox"/>

C8. ¿Participa la mujer en actividades y toma de decisiones comunitarias?		C9. ¿Las decisiones en la junta de agua de riego son tomadas de acuerdo a ?	
Si	<input type="checkbox"/>	Experiencia	<input type="checkbox"/>
No	<input type="checkbox"/>	Mutuo acuerdo	<input type="checkbox"/>
		Imposición	<input type="checkbox"/>

D. INFORMACIÓN ECONÓMICA

D1. ¿Cuál es su principal actividad económica?		D2. ¿Cuáles son sus ingresos mensuales?	
Agropecuaria	<input type="checkbox"/>	0 a 200 USD	<input type="checkbox"/>
Forestal	<input type="checkbox"/>	201 a 400 USD	<input type="checkbox"/>
Comercio	<input type="checkbox"/>	401 a 600 USD	<input type="checkbox"/>
Otro (¿cuál?)	<input type="checkbox"/> _____	más de 600 USD	<input type="checkbox"/>

D3. ¿Tiene acceso a crédito?		D4. ¿Qué entidad le ha facilitado crédito?	
Si	<input type="checkbox"/>	Banca Pública	<input type="checkbox"/>
No	<input type="checkbox"/>	Banca Privada	<input type="checkbox"/>
Si la respuesta es no pase a la pregunta D5.		Otro	<input type="checkbox"/>

D5. ¿Tiene acceso a maquinaria y equipo?		D6. ¿Qué tipo de mano de obra dispone?	
Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
Si la respuesta es no pase a la pregunta D6.		Familiar	<input type="checkbox"/>
¿En qué actividades?		Contratada	<input type="checkbox"/>
Preparación de suelo	<input type="checkbox"/>	Minga	<input type="checkbox"/>
Control fitosanitario	<input type="checkbox"/>	¿La mano de obra es?	
Cosecha y Poscosecha	<input type="checkbox"/>	Local	<input type="checkbox"/>
		De fuera	<input type="checkbox"/>

D7. ¿Qué productos que cultiva?		D8. ¿Cómo realiza la comercialización?	
maíz	<input type="checkbox"/>	Mercado Mayorista	<input type="checkbox"/>
fréjol	<input type="checkbox"/>	Mercado Local	<input type="checkbox"/>
tomate de árbol	<input type="checkbox"/>	Intermediario	<input type="checkbox"/>
ganadería	<input type="checkbox"/>	Otro	<input type="checkbox"/>
forestal	<input type="checkbox"/>	¿Cuál?	_____
otros	<input type="checkbox"/>		
¿Cuáles?	_____		

E. ECOLÓGICO

E1. ¿Realiza prácticas de conservación de suelo?		E2. ¿Cuál es la fauna mayoritaria en la zona?	
Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
¿Cuál?		Aves	<input type="checkbox"/>
Rotación de cultivos	<input type="checkbox"/>	Mamíferos	<input type="checkbox"/>
Labranza cero	<input type="checkbox"/>	Reptiles	<input type="checkbox"/>
Asociación de cultivos	<input type="checkbox"/>	Anfibios	<input type="checkbox"/>
Otro	<input type="checkbox"/>	Otro	<input type="checkbox"/>
		¿Cuál?
		
		
		¿Cuál?	_____

E3. ¿Cuáles son los principales problemas en agricultura?			
Sequía	<input type="checkbox"/>	Disponibilidad mano de obra	<input type="checkbox"/>
Exceso humedad	<input type="checkbox"/>	Bajos rendimientos	<input type="checkbox"/>
Semilla	<input type="checkbox"/>	Incendios	<input type="checkbox"/>
Plagas y enfermedades	<input type="checkbox"/>	otro	<input type="checkbox"/>
		¿Cuál?	_____



Fotografía 3. Geo referenciación de puntos de control con GPS de doble frecuencia, Mgs. José Guzmán UTN, Mgs. Vinicio Fuentes GPI, Ing. Diego Ruales maestrante.



Fotografía 4. DRONE sobre primer punto de control referenciado, comuna Morlán



Fotografía 5. Preparando despegue del DRONE del segundo punto de control, Comuna Morlán



Fotografía 6. Levantamiento topográfico con DRONE, comuna Morlán



Fotografía 7. Socialización de resultados en casa comunal de Morlán con Directiva de la Junta de Agua de riego

Anexo 3. Parámetros del plan de vuelo

Fig. 1. Camera locations and image overlap.

Number of images:	372	Camera stations:	372
<u>Flying</u> altitude:	165 m	Tie points:	716,979
Ground resolution:	5.1 cm/pix	Projections:	2,768,448
Coverage area:	0.839 km ²	<u>Reprojection</u> error:	1.31 pix

Overlap 75%

Sidelap 75%

Camera Model	Resolution	Focal Length	Pixel Size	<u>Precalibrated</u>
Canon <u>PowerShot</u> SX260 HS (4.5 mm)	4000 x 3000	4.5 mm	1.55 x 1.55 μ m	No

Anexo 4. Ortofoto DRONE y identificando tres puntos de control (verde, rojo, azul)



Anexo 5. Error en geo posicionamiento sin puntos de control y con puntos de control

Xerror(m)	Yerror(m)	XYerror (m)	Zerror(m)	Totalerror(m)
2.37298	2.25621	3.27438	3.79711	5.01394

Label	X error (mm)	Y error (mm)	Z error (mm)	Total (mm)	Image (pix)
1	-0.395618	0.419246	0.0201927	0.576791	0.329 (9)
2	-0.0139485	-0.857992	0.138847	0.869266	0.163 (9)
3	0.393146	0.391317	-0.0783199	0.560202	0.256 (13)
Total	0.322114	0.595832	0.0927725	0.683652	0.258

Anexo 6. Cálculo de costos sistema topográfico convencional

COSTOS FIJOS							
SISTEMA CONVENCIONAL							
DEPRECIACIÓN (LINEAL)		EQUIPOS	CANTIDAD	VALOR U	VALOR TOTAL	VIDA ÚTIL	VALOR RESIDUAL
DI=(Vc-Vr)/Vu		ESTACIÓN TOTAL (TRIMBLE S3)	2	8500	17000	5	3400
		BASTONES Y PRISMAS	4	250	1000	5	200
		GPS NAVEGADOR MAGELLAN	2	650	1300	5	260
		COMPUTADOR	1	1500	1500	5	300
DI	AÑOS	VALOR RESIDUAL			20800		3860
3388	1	17412					
2984	2	14428					
2984	3	11444					
2984	4	8460					
2984	5	5476					
SEGURO PRIMA 3.5%							
VALOR A ASEGURAR (DI)	AÑO	COSTOS POR SEGURO					
17412	1	609.42					
14428	2	504.98					
11444	3	400.54					
8460	4	296.1					
5476	5	191.66					
INTERÉS SOBRE EL CAPITAL							
Costos por interés al saldo sobre el capital financiado							
Monto requerido del 100%							
interés activo		0.22					
Estado de cuenta al inicio	Intereses	Año	Pagos	Pago total	Estado de cuenta al final del año		
20800	4576	1	4160	8736	16640		
16640	3660.8	2	4160	7820.8	12480		
12480	2745.6	3	4160	6905.6	8320		
8320	1830.4	4	4160	5990.4	4160		
4160	915.2	5	4160	5075.2	0		
Total	13728		20800	34528			
COSTO POR ALBERGUE							
Largo (L+1)	Unid	3					
Ancho (W+1)	m	2					
Costo m2 construcción	USD	120					
	Año	Costo					
	1	144					
	2	144					
	3	144					
	4	144					
	5	144					
	TOTAL	720					
COSTOS VARIABLES							
COSTO DE MANO DE OBRA							
RENDIMIENTO O M2/H	RENDIMIENTO O M2/DÍA	EQUIPO TÉCNICO	SALARIO EQUIP/DÍA	DÍAS LAB. AL AÑO	REMUNERA EQUIP/AÑO	RENDIMIENTO HAS/AÑO	
5570	44560	2 TOPOGRAFOS Y 4 CADENE	106.2	360	43698	1604.16	
COSTO POR MANTENIMIENTO							
DESCRIPCIÓN	COSTO U	CANTIDAD	C. TOTAL	HAS	CH		
MANTEN. Y CALIBRA. DE EST. TOTAL	212.5	2	425	1604.16	0.265		
BATERÍAS DE GPS	6	2	12	1600.00128	0.007		
REPARACIÓN (4%)	832	1	832	1600.00128	0.52		
TOTAL			1269		0.792		
COSTO POR TRANSPORTE							
TRANSPORTE CAMIONETA DC 4X4	COSTO/DÍA	COSTO/AÑO					
	80	28800					

Anexo 7. Cálculo de costos sistema topográfico con DRONE

COSTOS FIJOS							
SISTEMA CON USO DE DRONE							
DEPRECIACIÓN (LINEAL)		EQUIPOS	CANTIDAD	VALOR U	VALOR TOTAL	VIDA ÚTIL	VALOR RESIDUAL
DI=(Vc-Vr)/Vu		DRON + CÁMARA GPS DE PRECISIÓN	1	8900	8900	5	1780
		TOPCON GRSI	1	8000	8000	5	1600
		COMPUTADOR	1	1000	1500	5	300
		BATERÍAS DRON	4	250	1000	5	200
DI	AÑOS	VALOR RESIDUAL			19400	3880	
3104	1	16296					
3104	2	13192					
3104	3	10088					
3104	4	6984					
3104	5	3880					
SEGURO		PRIMA 3.5%					
VALOR A ASEGURAR (DI)		AÑO	COSTOS POR SEGURO				
16296		1	570.36				
13192		2	461.72				
10088		3	353.08				
6984		4	244.44				
3880		5	135.8				
INTERÉS SOBRE EL CAPITAL							
Costos por interés al saldo sobre el capital financiado							
Monto requerido del 100%							
interés activo 0.22							
Estado de cuenta al inicio	Intereses	Año	Pagos	Pago total	Estado de cuenta al final del año		
19400	4268	1	3880	8148	15520		
15520	3414.4	2	3880	7294.4	11640		
11640	2560.8	3	3880	6440.8	7760		
7760	1707.2	4	3880	5587.2	3880		
3880	853.6	5	3880	4733.6	0		
Total	10071		19400	28721			
COSTO POR ALBERGUE							
Largo (L+1)	Unid						
m		3					
Ancho (W+1)	m	2					
Costo m2 construcción	USD	120					
	Año	Costo					
	1	144					
	2	144					
	3	144					
	4	144					
	5	144					
	TOTAL	720					
COSTOS VARIABLES							
COSTO DE MANO DE OBRA							
RENDIMIENTO O M2/H	RENDIMIENTO O M2/DÍA	EQUIPO TÉCNICO	SALARIO/DÍA A	DÍAS LAB. AL AÑO	REMUN. EQUIP/AÑO	RENDIMIENTO HAS/AÑO	
19535	156280	1 TÉCNICO EN SIG	36.2	360	14498	5626.08	
COSTO POR MANTENIMIENTO							
DESCRIPCIÓN	COSTO U	CANTIDAD	C. TOTAL	HAS	CH		
MANTEN. Y CALIBRA. DE DRON (2.5%)	222.5	1	222.5	5626.08	0.04		
BATERÍAS DE DRONE	250	4	1000	5760	0.174		
REPARACIÓN (4%)	776	1	776	5760	0.135		
TOTAL			1998.5		0.348		
COSTO POR TRANSPORTE							
TRANSPORTE	COSTO/DÍA	COSTO/AÑO					
CAMIONETA DC 4X4	80	28800					

Anexo 8. Costos totales por sistema por año

COSTOS TOTALES POR SISTEMA			
SISTEMA TOPOGRÁFICO CONVENCIONAL		SISTEMA TOPOGRÁFICO CON EL USO DE DRON	
AÑO 1		AÑO 1	
COSTOS FIJOS	COSTO	COSTOS FIJOS	COSTO
DEPRECIACIÓN	3388	DEPRECIACIÓN	3104
SEGURO	609.42	SEGURO	570.36
INTERÉS SOBRE CAPITAL	8736	INTERÉS SOBRE CAPITAL	8148
ALBERGUE	144	ALBERGUE	144
ADMINISTRATIVO	2213.01	ADMINISTRATIVO	1358.895
SUBTOTAL	15090.43	SUBTOTAL	13325.255
COSTOS VARIABLES		COSTOS VARIABLES	
MANO DE OBRA	43698	MANO DE OBRA	14498
MANTENIMIENTO Y REPARACION	1269	MANTENIMIENTO Y REPARACION	1998.5
TRANSPORTE	28800	TRANSPORTE	28800
SUBTOTAL	73767	SUBTOTAL	45296.5
TOTAL	88857.43	TOTAL	58621.755
AÑO 2		AÑO 2	
COSTOS FIJOS	VALOR	COSTOS FIJOS	
DEPRECIACIÓN	3388	DEPRECIACIÓN	3104
SEGURO	504.98	SEGURO	461.72
INTERÉS SOBRE CAPITAL	7820.8	INTERÉS SOBRE CAPITAL	7294.4
ALBERGUE	144	ALBERGUE	144
ADMINISTRATIVO 3% CV	2213.01	ADMINISTRATIVO 3% CV	1358.895
SUBTOTAL	14070.79	SUBTOTAL	12363.015
COSTOS VARIABLES		COSTOS VARIABLES	
MANO DE OBRA	43698	MANO DE OBRA	14498
MANTENIMIENTO Y REPARACION	1269	MANTENIMIENTO Y REPARACION	1998.5
TRANSPORTE	28800	TRANSPORTE	28800
SUBTOTAL	73767	SUBTOTAL	45296.5
TOTAL	87837.79	TOTAL	57659.515
AÑO 3		AÑO 3	
COSTOS FIJOS	VALOR	COSTOS FIJOS	
DEPRECIACIÓN	3388	DEPRECIACIÓN	3104
SEGURO	400.54	SEGURO	353.08
INTERÉS SOBRE CAPITAL	6905.6	INTERÉS SOBRE CAPITAL	6440.8
ALBERGUE	144	ALBERGUE	144
ADMINISTRATIVO 3% CV	2213.01	ADMINISTRATIVO 3% CV	1358.895
SUBTOTAL	13051.15	SUBTOTAL	11400.775
COSTOS VARIABLES		COSTOS VARIABLES	
MANO DE OBRA	43698	MANO DE OBRA	14498
MANTENIMIENTO Y REPARACION	1269	MANTENIMIENTO Y REPARACION	1998.5
TRANSPORTE	28800	TRANSPORTE	28800
SUBTOTAL	73767	SUBTOTAL	45296.5
TOTAL	86818.15	TOTAL	56697.275
AÑO 4		AÑO 4	
COSTOS FIJOS	VALOR	COSTOS FIJOS	
DEPRECIACIÓN	3388	DEPRECIACIÓN	3104
SEGURO	296.1	SEGURO	244.44
INTERÉS SOBRE CAPITAL	5990.4	INTERÉS SOBRE CAPITAL	5587.2
ALBERGUE	144	ALBERGUE	144
ADMINISTRATIVO 3% CV	2213.01	ADMINISTRATIVO 3% CV	1358.895
SUBTOTAL	12031.51	SUBTOTAL	10438.535
COSTOS VARIABLES		COSTOS VARIABLES	
MANO DE OBRA	43698	MANO DE OBRA	14498
MANTENIMIENTO Y REPARACION	1269	MANTENIMIENTO Y REPARACION	1998.5
TRANSPORTE	28800	TRANSPORTE	28800
SUBTOTAL	73767	SUBTOTAL	45296.5
TOTAL	85798.51	TOTAL	55735.035
AÑO 5		AÑO 5	
COSTOS FIJOS	VALOR	COSTOS FIJOS	
DEPRECIACIÓN	3388	DEPRECIACIÓN	3104
SEGURO	191.66	SEGURO	135.8
INTERÉS SOBRE CAPITAL	5075.2	INTERÉS SOBRE CAPITAL	4733.6
ALBERGUE	144	ALBERGUE	144
ADMINISTRATIVO 3% CV	2213.01	ADMINISTRATIVO 3% CV	1358.895
SUBTOTAL	11011.87	SUBTOTAL	9476.295
COSTOS VARIABLES		COSTOS VARIABLES	
MANO DE OBRA	43698	MANO DE OBRA	14498
MANTENIMIENTO Y REPARACION	1269	MANTENIMIENTO Y REPARACION	1998.5
TRANSPORTE	28800	TRANSPORTE	28800
SUBTOTAL	73767	SUBTOTAL	45296.5
TOTAL	84778.87	TOTAL	54772.795

Anexo 9. Equipos Topografía convencional

EQUIPOS	CARACTERÍSTICAS	CANTIDAD	VALOR U	VALOR TOTAL
ESTACIÓN TOTAL	TRIMBLE S3	2	8500	17000
BASTONES Y PRISMAS	Bastones y primas	4	250	1000
GPS NAVEGADOR	MAGELLAN Mobile Mapper	2	650	1300
COMPUTADOR	Procesador Intel core i5 2.40GHz, Memoria RAM 8GB	1	1500	1500
TOTAL				20800

Nota: Tomado de Guardalmacén Ministerio de Agricultura y Ganadería (2017)

Anexo 8. Equipos Topografía con DRONE

EQUIPOS	CARACTERÍSTICAS	CANTIDAD	VALOR U	VALOR TOTAL
DRON + CÁMARA	Coptero de o hélices, capacidad de vuelo a 180 metros, velocidad 9m/s. Cámara CANON SX206 SX280	1	8900	8900
GPS DE PRECISIÓN	TOPCON GRS1	1	8000	8000
COMPUTADOR	Procesador Intel core i5 2.40GHz, Memoria RAM 8GB	1	1000	1500
BATERÍAS DRON	Baterías	4	250	1000
TOTAL				19400

Nota: Tomado de Guardalmacén Gobierno Provincial de Imbabura (2017)