

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA



“CARACTERIZACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LA CARGA ANIMAL DE LOS HUMEDALES CON SISTEMAS DE VEHÍCULOS NO TRIPULADOS (DRONES) EN LOS DISTRITOS DE SAN PABLO Y SAN PEDRO DE LA PROVINCIA DE CANCHIS”

Tesis presentada por la Bachiller en

Ciencias Agrarias:

Blanca Nelida Puelles Condori

Para optar el título profesional de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

ASESORES:

Ph.D. Andrés Corsino Estrada Zúñiga

Ing. Zoot. Jim Cárdenas Rodríguez

K'AYRA - CUSCO - PERÚ

2021

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a mi familia especialmente para mi mamita Victoria, mi tía Lucia y mis hermanos Fernan y Stephani, quienes me han apoyado, acompañado y alentado toda mi vida, ellos son mi inspiración.

A mis docentes, amigos y compañeros quienes estuvieron acompañándome, aconsejándome e inspirándome durante mi etapa universitaria a ser mejor persona y ser un buen profesional para mi patria.

Para los agricultores y ganaderos que conocí durante el proceso de realización de la tesis quienes me colaboraron y a los cuales admiro por su perseverancia, sabiduría y aporte a la seguridad alimentaria de nuestro país.

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto Efectos del Cambio Climático sobre los sistemas de producción en la sierra sur del Perú y al laboratorio de Ciencia Animal y Cambio Climático por su apoyo con drones y equipos para la ejecución de la tesis.

Al Ing, Zootecnista Ph.D. Andrés Estrada Zúñiga e Ing. Zootecnista Jim Cárdenas Rodríguez por la confianza, guía constante, apoyo y asesoramiento durante la realización del presente trabajo de tesis.

Al Vicerrectorado de Investigación de nuestra tricentenaria Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco por el financiamiento de esta investigación.

A mi familia y a Elio por el apoyo en la parte experimental durante el proceso de investigación.

A los representantes y productores de los distritos de San Pablo y San Pedro por su colaboración y apoyo en la realización de esta investigación.

Un agradecimiento especial a mis docentes universitarios por sus sabias palabras y enseñanzas, sobre todo por la motivación a seguir desarrollándome como persona y como profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xviii
INTRODUCCIÓN	xx
PROBLEMA OBJETO DE ESTUDIO	xxii
1.1 Descripción del problema	xxii
1.2. Formulación del problema.	xxiii
1.2.1 Problema general.	xxiii
1.2.2 Problemas específicos.	xxiii
CAPÍTULO I	1
OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN	1
1.1 OBJETIVO GENERAL	1
1.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	2
CAPÍTULO II	4
MARCO TEÓRICO	4
2.1 Humedal.	4
2.1.1 Características de los humedales.....	4
2.1.2 Clasificación de Humedales.	5
2.1.3 Importancia de los Humedales.	6

2.2 Drones.....	7
2.2.1 Utilización de drones en el estudio de pastizales.	8
2.2.2 Ventajas del uso de drones en el sector agropecuario.....	9
2.3 La teledetección o percepción remota.	10
2.3.1 Componentes de un sistema de teledetección.	11
2.4 Teledetección y Drones.	11
2.5 Principales sensores remotos utilizados en el mapeo de vegetación.	14
2.5.1 Landsat TM/ETM+.	15
2.5.2 MODIS.....	16
2.5.3 ASTER.	16
2.6 Tratamiento digital de imágenes satelitales.	17
2.6.1 Rectificación y restauración de la imagen.	17
2.6.2 Ortorectificación.....	18
2.6.3 Corrección Radiométrica.	18
2.6.4 Corrección Geométrica.....	18
2.6.5 Realce de la imagen.....	18
2.6.6 Clasificación de imágenes.....	18
2.7 Índices de vegetación utilizados en percepción remota.....	19
2.7.1 NDVI: Índice Normalizado de Vegetación.	19
2.8 Uso de suelo.....	20

2.8.1 Cambio de uso del suelo.	21
2.9 Carga animal.	21
2.9.1 Capacidad de carga animal.	22
2.10 Métodos para estimar la disponibilidad forrajera.	23
2.10.1 Tipos de estimaciones.	23
2.11 Biomasa.	24
2.12 Materia Seca.	26
CAPÍTULO III	27
MATERIALES Y METODOLOGÍA	27
3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN	27
3.1.1 Ubicación política.	28
3.1.2 Ubicación geográfica.	28
3.1.3 Límites.	28
3.1.4 Datos meteorológicos.	29
3.2 MATERIALES Y EQUIPOS	30
3.2.1 Materiales de campo.	30
3.2.2 Para la aplicación de encuestas.	30
3.2.3 Para el recojo de información espectral.	31
3.2.4 Materiales de gabinete.	31
3.2.5 Programas.	32

3.3 METODOLOGÍA.....	33
3.3.1 Gestión, manejo y uso del humedal San Pablo y San Pedro.	34
3.3.2 Uso de suelo en área de humedal.....	38
3.3.3 Producción de biomasa aérea.....	55
3.3.4 Capacidad de carga a partir de datos espectrales y de campo	66
CAPÍTULO IV.....	68
RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	68
4.1 Gestión, manejo y uso de los humedales de San Pablo y San Pedro.	68
4.1.1 Población pecuaria	68
4.1.2 Composición Vegetal.....	72
4.1.4 Manejo del humedal.	78
4.1.5 Uso de pastos del humedal.	80
4.2 Uso de suelo.....	81
4.3 Producción de biomasa aérea.	89
4.3.1 Datos de campo.	89
4.3.2 Drones.....	90
4.3.3 NDVI.....	90
4.4 Capacidad de carga animal a partir de datos espectrales y de campo.....	92
4.4.1 Datos de campo.	92
4.4.2 Datos espectrales.....	92

CAPÍTULO V.....	95
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	95
5.1 CONCLUSIONES	95
5.2 RECOMENDACIONES.....	97
BIBLIOGRAFÍA	98
GLOSARIO	106
ANEXOS	110
Anexo 1: Ficha de encuesta.	110
Anexo 2: Producción de biomasa en término de materia seca y fresca del distrito de San Pablo.	114
Anexo 3: Producción de biomasa en término de materia seca y fresca del distrito de San Pedro.....	122
Anexo 4: Producción de biomasa por pixel del distrito de San Pablo.	127
Anexo 5: Producción de biomasa por píxel del distrito de San Pedro.	136
Anexo 6: Valores NDVI del humedal del distrito de San Pablo.....	141
Anexo 7: Valores NDVI del humedal del distrito de San Pedro.	145
Anexo 8: Clases de cobertura de suelo.	149
Anexo 9: Mapa de raster de imagen satelital Landsat del distrito de San Pablo.	152
Anexo 10: Mapa de raster con dron del distrito de San Pablo.	153

Anexo 11: Clases de coberturas de la clasificacion supervizada de imágenes capturas con dron del distrito de San Pablo.	154
Anexo 12: Mapa NDVI del distrito de San Pablo.	159
Anexo 13: Mapa de raster de imagen satelital Landsat del distrito de San Pedro.	160
Anexo 14: Mapa de raster con dron del distrito de San Pedro.	161
Anexo 15: Clases de coberturas de la clasificacion supervizada de imágenes capturas con dron del distrito de San Pedro.	163
Anexo 16: Mapa NDVI del distrito de San Pedro.	168
Anexo 17: Procesamiento de Imágenes capturadas con dron en programa Pix4D.	169
Anexo 18: Programación de plan de vuelo en el programa DroneDeploy.	170

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Métodos directos e indirectos para la estimación biomasa.	25
Tabla 2: Coordenadas UTM de los distritos de San Pablo y San Pedro.	28
Tabla 3: Límites geográficos de los distritos de San Pablo y San Pedro.	28
Tabla 4: Temperatura (°C), precipitación mensual (mm) y humedad(%) del mes de Julio del año 2019.	29
Tabla 5: Descripción de las características del dron Matrice 100.....	47
Tabla 6: Valores de estimación de biomasa del distrito de San Pablo.	91
Tabla 7: Valores de estimación de biomasa del distrito de San Pedro.....	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Dron multirrotor DJI modelo matrice 100.	7
Figura 2: Drone de ala fija Trimble XU-5 de 1m de envergadura de alar.	8
Figura 3: Curvas de respuesta espectral típicas de algunas coberturas terrestres..	12
Figura 4: Comparación de imágenes según altitud de vuelo.	13
Figura 5: Imágenes de 6 cm de tamaño de píxel, obtenidas por un dron volando a 100 m de altitud, captadas por debajo de una cobertura nubosa densa.	14
Figura 6: Secuencia cronológica de lanzamiento de satélites Landsat.	15
Figura 7: Fecha de lanzamiento, estado, resolución espacial y temporal de los sensores de los satélites.	17
Figura 8: Zona de estudio.	27
Figura 9: Dron Matrice 100 – DJI.	31
Figura 10: Resumen metodológico del objetivo gestión, manejo y uso del humedal San Pablo y San Pedro.	33
Figura 11: Número de empadronados en el distrito de San Pablo y San Pedro.	34
Figura 12: Muestra en el distrito de San Pablo y San Pedro.	35
Figura 13: Resumen metodológico del objetivo del uso de suelo en área de humedal.	37
Figura 14: Entorno página Glovis USGS.	38
Figura 15: Metadata de la imagen seleccionada.	39
Figura 16: Pack de imágenes obtenidas desde Landsat 8 OLI.	39
Figura 17: Raster de Imagen satelital.	40
Figura 18: Polígonos enmarcados en el área de interés.	41

Figura 19: Raster cortado del distrito de San Pablo y San Pedro.	41
Figura 20: Creación de puntos.	43
Figura 21: Raster Clasificado.	44
Figura 22: Altura de vuelos con dron in situ.	45
Figura 23: Dron Matrice 100 – DJI.	46
Figura 24: Plan de vuelo.	49
Figura 25: Puntos de control en tierra en el distrito de San Pablo(a) y San Pedro (b).	50
Figura 26: Inspección de dron antes del despegue.	51
Figura 27: Calibración de dron.	52
Figura 28: Despegue del dron con misión de vuelo.	53
Figura 29: Procesamiento de imágenes en PIX4D.	54
Figura 30: División de cuadrantes del distrito de San Pablo y San Pedro.	56
Figura 31: Muestreo en campo.	57
Figura 32: Corte de muestra.	58
Figura 33: Muestreo con cuadrante de metal.	58
Figura 34: Procesamiento de muestras en laboratorio.	59
Figura 35: Resumen metodológico de estimación de biomasa con NDVI.	60
Figura 36: Imágenes Landsat base.	62
Figura 37: Fórmula de cálculo NDVI.	63
Figura 38: Extracción de área de interés.	63
Figura 39: Ubicación de punto GPS.	64
Figura 40: Valores NDVI.	64

Figura 41: Rango de valores NDVI.	65
Figura 42: Resumen metodológico del objetivo capacidad de carga animal a partir de datos espectrales y de campo.	66
Figura 43: Población pecuaria del distrito de San Pablo.....	68
Figura 44: Población pecuaria del distrito de San Pedro.	69
Figura 45: Tenencia de animales por familia en el distrito de San Pablo y San Pedro.	70
Figura 46: Porcentaje de representación de los sistemas de crianza en el distrito de San Pablo y San Pedro.....	70
Figura 47: Porcentaje de productos que se obtienen del ganado bovino en los distritos de San Pablo y San Pedro.....	71
Figura 48: Porcentaje de presencia de enfermedades infecciosas y parasitarias en animales del distrito de San Pablo y San Pedro.	72
Figura 49: Grama (Distichlis spicata).	73
Figura 50: Totorá (Scirpus californicus).	73
Figura 51: Junco (Juncus procerus).	74
Figura 52: Trébol blanco (Trifolium repens).	74
Figura 53: Organigrama de la comisión de usuarios de agua.....	75
Figura 54: Porcentaje de representación de tipo de fuente de agua para riego en los distritos de San Pablo y San Pedro.	76
Figura 55: Porcentaje de representación de sistemas de riego en los humedales de los distritos de San Pablo y San Pedro.	77

Figura 56: Porcentaje de representación de frecuencia de riego en los humedales de los distritos de San Pablo y San Pedro.	77
Figura 57: Porcentaje de representación de rotación de pastos en el distrito de San Pablo y San Pedro.	78
Figura 58: Porcentaje de representación de sistema de pastoreo en el humedal del distrito de San Pablo y San Pedro.	79
Figura 59: Porcentaje de representación de cortes de pasto en el humedal del distrito de San Pablo y San Pedro.	79
Figura 60: Porcentaje de representación de faenas realizadas en los humedales del distrito de San Pablo y San Pedro.	80
Figura 61: Porcentaje de designación de uso del pasto cortado en el humedal	81
Figura 62: Producción de biomasa aérea en los distritos de San Pablo y San Pedro.	89
Figura 63: Producción de biomasa en base a datos de dron.	90
Figura 64: Capacidad de carga animal con datos campo.	92
Figura 65: Capacidad de carga animal en base a datos de dron.	93
Figura 66: Capacidad de carga animal en base a datos espectrales.	94

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1: Mapa base dividida en cuadrantes del distrito de San Pablo y San Pedro.	56
Mapa 2: Clasificación de uso de suelo del distrito de San Pablo con imágenes Landsat.	82
Mapa 3: Clasificación de uso de suelo del distrito de San Pedro con imágenes Landsat.	84
Mapa 4: Clasificación de uso de suelo del distrito de San Pablo con imágenes capturadas por dron.	86
Mapa 5: Clasificación de uso de suelo del distrito de San Pedro con imágenes capturadas por dron.	88

RESUMEN

El presente trabajo de tesis fue ejecutado durante el mes de Julio del año 2019 en los distritos de San Pablo y San Pedro de la provincia de Canchis, departamento de Cusco, teniendo un área total de estudio de 1803.96 Ha. En este estudio a) se caracterizó la gestión, manejo y uso de humedal, b) se clasificó el uso de suelo, c) se determinó la producción de biomasa aérea y d) se determinó la capacidad de carga animal a partir de datos espectrales y de campo. La caracterización de la gestión, manejo y uso de humedales fue desarrollada mediante encuestas y fueron procesadas en el programa SPSS. La clasificación de uso de suelo fue desarrollada mediante imágenes capturadas con el dron profesional Matrice 100 e imágenes Landsat 8 OLI que posteriormente fueron procesadas en el software Pix4D y ArcGIS 10.6 del cual se identificó 5 clases de uso de suelo: humedal, agricultura, urbanización, salinera y agua. Para la determinación de producción de biomasa, el cálculo se realizó mediante 3 métodos: a) Por el método destructivo, en el cual se obtuvo un resultado de 2359.46 kg/Ha en el distrito de San Pablo y 2885.78 kg/Ha en el distrito de San Pedro; b) mediante el tamaño de pixel de imágenes capturadas por el dron se calculó 2321.71 kg/Ha en el distrito de San Pablo y 3048.72 Kg/Ha en el distrito de San Pedro y c) mediante valores NDVI de imágenes Landsat 8 OLI se calculó 1680.80 kg Ha en el distrito de San Pablo y 2807.00 kg/Ha en el distrito de San Pedro. La capacidad de carga animal fue calculado a partir de datos de campo y espectrales para las especies vacunos y ovinos, con datos de campo se obtuvo una capacidad de carga de 0.48 U.V/Ha/año y 4.79 U.O/Ha/año en el distrito de San Pablo y 0.59 U.V/Ha/año y 5.86 U.O/Ha/año en el distrito de San Pedro.

Los datos espectrales se obtuvieron de dos maneras:

a) Mediante la utilización de imágenes capturadas por drones que fueron procesadas y calculadas con una ecuación empírica en función de los datos de biomasa obtenidos en campo, obteniendo en el distrito de San Pablo la capacidad de carga animal de 0.47 U.V/Ha/año y 4.71 U.O/Ha/año, mientras en el distrito de San Pedro se obtuvo 0.62 U.V/Ha/año y 6.19 U.O/Ha/año de carga animal. b) Y mediante un Índices de Vegetación (IV) que fue el Índice Normalizado Diferencial de Vegetación (NDVI) en el cual se utilizó los valores promedio de NDVI y se calculó una capacidad de carga animal de 0.34 U.V/Ha/año y 3.41 U.O/Ha/año en el distrito de San Pablo y 0.57 U.V/Ha/año y 5.70 U.O/Ha/año en el distrito de San Pedro.

Palabras Clave: Humedal, capacidad de carga, dron.

ABSTRACT

The present thesis work was executed during the month of July 2019 in the districts of San Pablo and San Pedro of the province of Canchis, department of Cusco, having a total study area of 1803.96 Ha. In this study a) was characterized the management, management and use of wetlands, b) the use of soil was classified, c) the production of aerial biomass was determined and d) the animal carrying capacity was determined from spectral and field data. The characterization of the management, handling and use of wetlands was developed through surveys and were processed in the SPSS program. The land use classification was developed using images captured with the Matrice 100 professional drone and Landsat 8 OLI images that were later processed in Pix4D and ArcGIS 10.6 software, from which 5 land use classes were identified: wetland, agriculture, urbanization, salinera and water. For the determination of biomass production, the calculation was carried out using 3 methods: a) By the destructive method, in which a result of 2359.46 kg / Ha was obtained in the district of San Pablo and 2885.78 kg / Ha in the district of San Pedro; b) using the pixel size of images captured by the drone, 2321.71 kg / Ha was calculated in the district of San Pablo and 3048.72 Kg / Ha in the district of San Pedro and c) using NDVI values of Landsat 8 OLI images, 1680.80 kg was calculated Ha in the district of San Pablo and 2807.00 kg / Ha in the district of San Pedro. The animal carrying capacity was calculated from field and spectral data for cattle and sheep species, with field data a carrying capacity of 0.48 UV / Ha / year and 4.79 UO / Ha / year was obtained in the district of San Pablo and 0.59 UV / Ha / year and 5.86 UO / Ha / year in the district of San Pedro.

The spectral data was obtained in two ways:

a) Through the use of images captured by drones that were processed and calculated with an empirical equation based on the biomass data obtained in the field, obtaining in the district of San Pablo the animal carrying capacity of 0.47 UV / Ha / year and 4.71 UO / Ha / year, while in the district of San Pedro 0.62 UV / Ha / year and 6.19 UO / Ha / year of animal load were obtained. b) And by means of a Vegetation Indices (IV) that was the Normalized Differential Vegetation Index (NDVI) in which the average values of NDVI were used and an animal load capacity of 0.34 UV / Ha / year and 3.41 UO was calculated. / Ha / year in the district of San Pablo and 0.57 UV / Ha / year and 5.70 UO / Ha / year in the district of San Pedro.

Keywords: Wetland, carrying capacity, drone.

INTRODUCCIÓN

Los humedales tienen un papel importante en la formación de las cuencas andinas al proporcionar servicios ecosistémicos vitales como: regulación hídrica, agua, hábitat y refugio de flora y fauna (Convención de Ramsar & Grupo de Contacto EHAA, 2008). Los humedales representan una fuente económica importante en la población andina, ya que estas le proporcionan y proporcionaron pasto desde las épocas prehispánicas (Treacy, 1994). Sin embargo, las malas prácticas en campo como: quema, sobrepastoreo, y el mal manejo de estos humedales están causando su pérdida (Tapia & Flores, 1984). Los drones, una tecnología recientemente difundida, resulta ventajoso en el estudio de determinación de variabilidad espacial en lotes de producción vegetal, grandes áreas de pastizales, también se puede evaluar índices espectrales y es una alternativa positiva frente al uso de imágenes satelitales costosas o sensores ópticos; este equipo pueden ser equipada con diferentes tipos de sensores acorde a la necesidad del usuario (Lebourgeois, y otros, 2008).

El método más asertivo para estimar biomasa en campo es el método de cosecha destructiva, pero a la vez es costoso y laborioso (Holchek, Pieper, & Herbal, 2004). No obstante, su uso práctico está limitada en la investigación como instrumento de calibración de otros métodos (Mannetje, 2000).

La información de procesamiento y análisis de imágenes aéreas capturadas por drones para la estimación de cobertura vegetal es reciente y escasa pero que promete ser una técnica eficiente y confiable. Para la determinación de biomasa de forrajes, los drones son una alternativa de uso cuando no se cuenta con imágenes multiespectrales o

tecnología LiDAR, ya que en la actualidad los drones son una alternativa de uso, pues son equipos más económicos y accesibles que antes.

Lo anterior es la motivación del presente trabajo de tesis de investigación, junto con el interés de aportar con una metodología tecnológica alternativa rápida y eficiente que permita a los profesionales y pobladores de los distritos de San Pablo y San Pedro a tomar buenas decisiones con respecto al manejo de los humedales.

PROBLEMA OBJETO DE ESTUDIO

1.1 Descripción del problema.

Actualmente en los distritos de San Pablo y San Pedro su principal fuente económica se basa en la producción ganadera, específicamente en la producción de bovinos los cuales tienen como fuente principal de alimentación los pastos que crecen en los humedales. El escaso conocimiento y datos que tienen las municipalidades y productores sobre la caracterización y capacidad de carga animal de los humedales están conllevando a la realización de malas prácticas sobre los humedales como la quema de patos, el sobre pastoreo y el mal manejo etc. Lo cual a futuro puede causar un efecto de la disminución de la cobertura vegetal y al mismo tiempo afectaría sustancialmente la economía de los pobladores.

En la actualidad, los estudios de producción de biomasa en pastizales utilizan métodos destructivos, que consisten en cortes sucesivos de la parte aérea de la planta. Este sistema presenta algunas desventajas, como alta demanda de tiempo, dinero y personal. Frente a ello, el uso de imágenes satelitales, los sistemas de información geográfica (SIG) y utilización de drones son una alternativa viable y práctica (Estrada Zúñiga , 2021).

La teledetección con imágenes satelitales tiene cierta limitación con respecto a la resolución de imagen. Por ello, la incorporación de los sistemas aéreos no tripulados (drones) y los microsensores, como alternativa de uso de una nueva posibilidad de teledetección de alta resolución, superando las limitaciones presentadas por las imágenes satelitales (Estrada Zúñiga , 2021).

1.2. Formulación del problema.

1.2.1. Problema general.

- ¿Se conoce la gestión, manejo y capacidad de carga animal en los humedales de San Pablo y San Pedro realizados con la asistencia de Drones?

1.2.2. Problemas específicos.

- ¿Sera necesario describir la gestión, manejo y uso del humedal San Pablo y San Pedro?
- ¿Sera necesario la clasificación de uso del suelo en área de humedal con sistemas de vehículos no tripulados?
- ¿Cómo se determinará la producción de biomasa aérea?
- ¿Sera posible determinar la capacidad de carga animal a partir de datas espectrales y de campo en los humedales?

CAPÍTULO I

OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

1.1 OBJETIVO GENERAL

Caracterizar y determinar la capacidad de carga animal de los humedales de los distritos de San Pablo y San Pedro de la provincia de Canchis - Cusco con sistemas de vehículos no tripulados (Drones).

1.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Describir la gestión, manejo y uso del humedal San Pablo y San Pedro.
- Clasificar el uso del suelo en área de humedal.
- Determinar la producción de biomasa aérea.
- Determinar la capacidad de carga animal a partir de datos espectrales y de campo.

1.2 JUSTIFICACIÓN

En los humedales de los distritos de San Pablo y San Pedro aún no se han realizado estudios de caracterización del ecosistema humedal, mucho menos estudios con respecto a la cobertura vegetal que poseen, sobre todo para poder estimar la capacidad de carga animal de ambos humedales. Tampoco hay estudios de las condiciones en las que se encuentran los humedales que puedan aportar datos para poder realizar una buena práctica de manejo de los recursos vegetales (pastos y pastizales) que disponen en función a la carga animal ideal.

Por lo tanto, el presente trabajo de investigación busca proveer información y mostrar una nueva alternativa tecnológica, como los drones, en el estudio de caracterización y determinación de la carga animal en el ecosistema humedal; el cual permitirá que el trabajo de campo, el que se realiza comúnmente para determinar la capacidad de carga animal de un sitio o la caracterización del mismo; sea menos laborioso, costoso y engorroso.

La ventaja de la utilización de drones para este tipo de estudios es la reducción de tiempo, costo y proporciona precisión en la obtención de resultados. Asimismo, permite la evaluación de áreas extensas de pastizales no accesibles para el ser humano, permitiendo que se obtengan resultados de calidad. Un eficiente manejo del pastoreo no solo implica producir cantidad de pasto, sino también requiere de una eficiente y alta utilización del mismo. Las dos zonas disponen de una amplia frontera agrícola y ganadera para mejoramiento de pasturas y pastizales.

Estimar con precisión la biomasa por métodos tradicionales, tales como el método del cuadrante, es caro y tedioso. La utilización de drones es una metodología alternativa y

confiable que puede ser utilizado para generar información de interés, incluso de estimar la biomasa. La rapidez con la que se puede obtener datos con drones y procesarlos implica un gran aporte al momento de hacer estudios de investigación de esta índole.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Humedal.

El humedal es un ecosistema que está conformado por agua, vida vegetal y animal; donde el controlador principal de este ambiente es el agua. Los humedales resultan de la interacción entre el medio terrestre y acuático en donde existe una colaboración mutua entre los factores bióticos y abióticos (Yarrow, 2009).

2.1.1 Características de los humedales.

De acuerdo a (Cowardin, 1979) los humedales tienen las siguientes características:

- El suelo está repleto de agua o cubierto por agua superficial durante un período determinado del año.
- Son zonas con abundante vegetación adaptadas a condiciones muy hidratantes. El hidroperiodo es el modelo estacional del nivel de agua del humedal, mide el ingreso y salida de agua; de igual manera ésta depende de las propiedades físicas del suelo y cercanía de cuerpos de agua.

Los humedales son referidos como los ecosistemas más fértiles del mundo, son comparados con sistemas de cultivos muy productivos, esta elevada producción favorece la disminución de la fase de eutrofización de los cuerpos de agua (PRONATURALEZA, 2010).

Los humedales tienen los siguientes tipos de comunidades vegetales según (Pulgar, 1987):

- Plantas de zonas litorales húmedas o praderas húmedas, entre ellas predominan las plantas halófilas como la ***Salicornia fruticosa***, la grama salada (***Distichlis spp.***), y ***Sesuvium portulacastrum***.
- Plantas semi - sumergidas, generalmente están ubicadas en las orillas de los cuerpos de agua como junco (***Scirpus limensis*** y ***Scirpus spp***) y totora (***Typha domingensis*** y ***Typha angustifolia***). Estos sistemas suelen nombrarse como juncuales y totorales.
- Plantas sumergidas en las lagunas, manantiales o cuerpos de agua, entre ellas la ***Chara fragilis***.
- Plantas flotantes en zonas de profundidad media de lagunas, son especies flotantes que bordean los cuerpos de agua. Entre las especies usuales de esta zona se encuentran: el lirio de agua (***Eichorni acrassipes***), la guama (***Pistia stratiotes***) etc.

2.1.2 Clasificación de Humedales.

Según (RAMSAR, 2007) la clasificación de humedales se da de la siguiente manera:

- **Palustres:** Son aquellas zonas relacionadas con lugares pantanosos como ciénagas y marismas.
- **Lacustres:** Son aquellos humedales ubicados dentro de lagunas naturales de agua dulce, salobre o salada.

- **Estuarinos:** Son humedales que se conectan con salidas de ríos, que tienen aguas salinas, entre estos tipos de humedales destaca el ecosistema de manglares.
- **Ribereños:** Son humedales ubicados en las bordes de los ríos.
- **Artificiales:** Son construcciones hechas con intervención antrópica.
- **Marino - costeros:** Son humedales conexos con agua de mar y las zonas intermareales.

2.1.3 Importancia de los Humedales.

Los humedales tienen importancia vital en nuestro planeta gracias a su biodiversidad, entre los más relevantes está la de regular el clima, controlador de inundaciones, provee de nutrientes y vida a la flora - fauna. A su vez tiene importancia social, puesto que permite el surgimiento y desarrollo de culturas a su alrededor, la interrelación de especies migratorias y el desarrollo de actividades de esparcimiento (Avella Rodriguez, 2017).

Según (Avella Rodriguez, 2017) los humedales como procesos naturales:

- Suministran agua para usos agrícola, domésticos e industrial.
- Cuida de las inundaciones.
- Capta carbono.
- Llena acuíferos y regula el microclima.
- Filtran sedimentos, tóxicos y nutrientes.
- Provee de productos naturales de origen vegetal o animal.
- Sirven de espacios para la recreación, observatorio de aves y turismo.
- Son hábitats para la vida silvestre.

Los humedales intervienen en la mitigación del efecto invernadero puesto que se encarga de captar y almacenar carbono del suelo. Almacena 10% de carbono global aproximadamente, a pesar de solo representar un 3% en biomasa de la superficie a nivel mundial (IPCC, 2000). Tiene un rol importante como depósito de carbono y regulador del ciclo hídrico, como por ejemplo las clases de humedales turbera que acumula bastante materia orgánica (Díaz, Larrain, Zegers, & Tapia, 2005).

2.2 Drones.

Los drones son llamados también vehículos aéreos no tripulados (VANTs). Inicialmente el término “dron” solo hacía mención a drones que pertenecían a grupos militares; actualmente este término es utilizado de manera amplia y hace referencia a cualquier tipo de vehículo aéreo no tripulado, ya sea piloteado con un control o enteramente de forma automática (Di Leo, 2015).

Los drones se clasifican en base a distintos aspectos, existen drones multirrotores y de ala fija. Por el tipo de ala están los turbohélices y eléctricos, por el tipo de propulsión; drones autónomos, controlados remotamente y supervisados por el tipo de control (Di Leo, 2015).



Figura 1: Dron multirrotor DJI modelo matrice 100.

Fuente: DJI CORP Ltd (2019).



Figura 2: Drone de ala fija Trimple XU-5 de 1m de envergadura de alar.

Fuente: Runco S.A (2019).

Los drones tienen una carga útil que están determinadas generalmente por la tarea objetivo de cada usuario, pero usualmente se hallan tripulados con GPS, cámaras multiespectrales y/o termográficas de buena resolución y equipo de enlaces con control (Di Leo, 2015).

Según (Di Leo, 2015) los segmentos que controlan al dron son los siguientes:

- **Segmento terrestre:** Básicamente se refiere al mando control, con el cual se puede controlar todos los movimientos del dron, como aterrizar, despegar y captar información emitida desde el mismo; generalmente el control se conecta a un dispositivo, como una Tablet o un móvil.
- **Segmento aéreo:** Constituido únicamente por el dron.

2.2.1 Utilización de drones en el estudio de pastizales.

La aplicación de drones en el estudio de pastos y pastizales constituye una alternativa tecnológica importante, porque gracias a este tipo de teledetección se puede recolectar distintos datos de variables espaciales como biomasa, crecimiento y desarrollo de cultivo; además es importante para los productores agropecuarios poder acceder a información

de variables productivas de sus pastos para tomar decisiones y establecer estrategias a fin de optimizar su producción y así obtener mejor rentabilidad (Di Leo, 2015) .

Según (Di Leo, 2015) los drones pueden ser utilizados en los siguientes procesos:

- **El Control directo de parcelas:** Ayuda en la monitorización de diferentes áreas geográficas de interés.
- **Para la detección de estrés hídrico en pastos:** Mediante estos datos se puede controlar la cantidad de riego, estos datos generalmente son muy serviciales en zonas de pastos con terrenos secos.
- **Estimación de rendimiento con Índices relativos:** Mediante la utilización de cámaras multiespectrales montadas en drones se puede estimar datos como contenido de proteína y otros parámetros en pastos, incluso algunos índices de vegetación muestran una relación directa con componentes productivos y de rendimiento.
- **Inventario de áreas de pastoreo:** Mediante los drones se realiza inventarios de pastos con mejor precisión que orienta al productor a tomar decisiones asertivas con respecto al manejo sus predios.

2.2.2 Ventajas del uso de drones en el sector agropecuario:

Según (Díaz García , 2015) el uso de drones en el sector agropecuario tiene las siguientes ventajas generales:

- ✓ **Producción:** Mediante el uso de drones se obtiene mayor cantidad de datos que con la metodología de muestreo en campo.
- ✓ **Bajo coste:** Actualmente existen muchas empresas que prestan servicios con drones y el costo es relativamente económico.

- ✓ **Tiempo:** Al utilizar drones se reduce sustancialmente el tiempo de trabajo en campo.
- ✓ **Movilidad:** Gracias al tamaño de los drones, es muy fácil movilizarse de un territorio a otro.
- ✓ **Versatilidad:** Los drones tienen la ventaja de poder volar cuando uno lo manda, mas al contrario cuando quieres obtener imágenes de calidad procedentes de satélites demora bastante tiempo y es costoso.
- ✓ **Durabilidad:** Gracias a las baterías incorporadas, los drones pueden permanecer en el aire desde 20 minutos a más, dependiendo de las condiciones climáticas y el modelo del dron.
- ✓ **Accesibilidad:** Permite realizar vuelos en zonas poco accesibles, gracias a su autonomía y tamaño.
- ✓ **Altas resoluciones:** Permite adquirir imágenes con alta calidad de resolución.
- ✓ **Reducción de riesgo e impacto ambiental.**

2.3 La teledetección o percepción remota.

Ciencia que permite obtener información sobre la superficie de la tierra. Esto se obtiene grabando y detectando la energía reflejada, procesando y aplicando esa información. En lo práctico, la teledetección consiste en recoger información de diferentes objetos o áreas (Centro Europeo de Postgrado, 2019).

El propósito de la teledetección es caracterizar e identificar objetos sobre la tierra y todos los acontecimientos que acurren a partir de las radiaciones electromagnéticas reflejadas por objetos o superficies emitidas por el sol (Chuvieco E. , 2006).

2.3.1 Componentes de un sistema de teledetección.

- **Fuente de energía:** Es el mismo sensor o el sol que emite radiación electromagnética, la cual llega a la superficie terrestre y esta radiación es posteriormente reflejada y detectada por el sensor (Soria & Matar, 2016).
- **Cubierta terrestre:** Incluye pastos, suelo, agua, construcciones, etc. Estos objetos captan la radiación electromagnética originada por la fuente de energía y, en base a sus características físicas, estas lo reflejan (Raymond & Hunr, 2015).
- **Sistema sensor:** Constituido por una plataforma de sostén y el sensor. El sistema capta la radiación reflejada por la superficie terrestre, la graba, la codifica y la envía al sistema de recepción (Salgado, 2015).
- **Sistema de recepción y comercialización:** Es el que recibe la información procesada posteriormente la corrige y guarda (Soria & Matar, 2016).
- **Intérprete:** Es el encargado de analizar y clasificar la información contenida en la imagen (Esser & Ortega, 2010).
- **Usuario final:** Es quien finalmente manejará y analizará la información procesada (Gitelson, 1996).

2.4 Teledetección y Drones.

El uso de cámaras multiespectrales e hiperespectrales en drones facilita el reconocimiento de ecosistemas, cubiertas, usos y estados de la superficie terrestre. Cuando la cámara a bordo posee más bandas espectrales, mejor será la calidad de información, por ende, será más alta la capacidad discriminante de las distintas coberturas en un área (Di Leo, 2015).

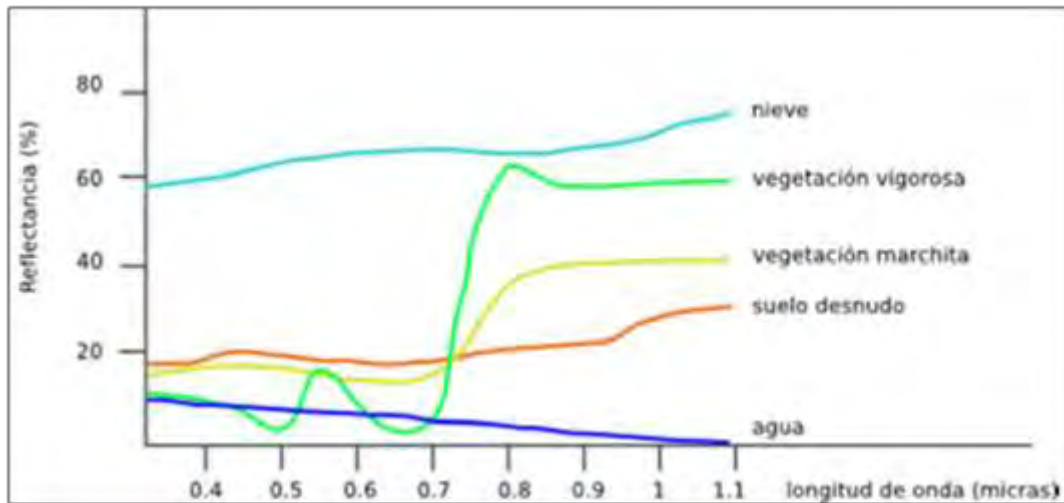


Figura 3: Curvas de respuesta espectral típicas de algunas coberturas terrestres.

Fuente: Olaya, V (2015).

La teledetección con drones presenta ventajas eminentes con respecto a las fotografías aéreas convencionales, también frente a las imágenes captadas desde plataformas satelitales. Estas ventajas se describen en tres aspectos fundamentales según (Di Leo, 2015):

- Alta resolución espacial.
- Mejor resolución temporal.
- Información más detallada y menor costo por área estudiada.

La fotografía aérea con aviones tripulados obtiene imágenes con resoluciones espaciales cercanas a las de los drones, pero son muy costosas y poco accesibles. Con respecto a las imágenes satelitales, algunas de éstas, con poca resolución y pésima calidad, son gratuitas; las de buena calidad son muy caras (Di Leo, 2015).

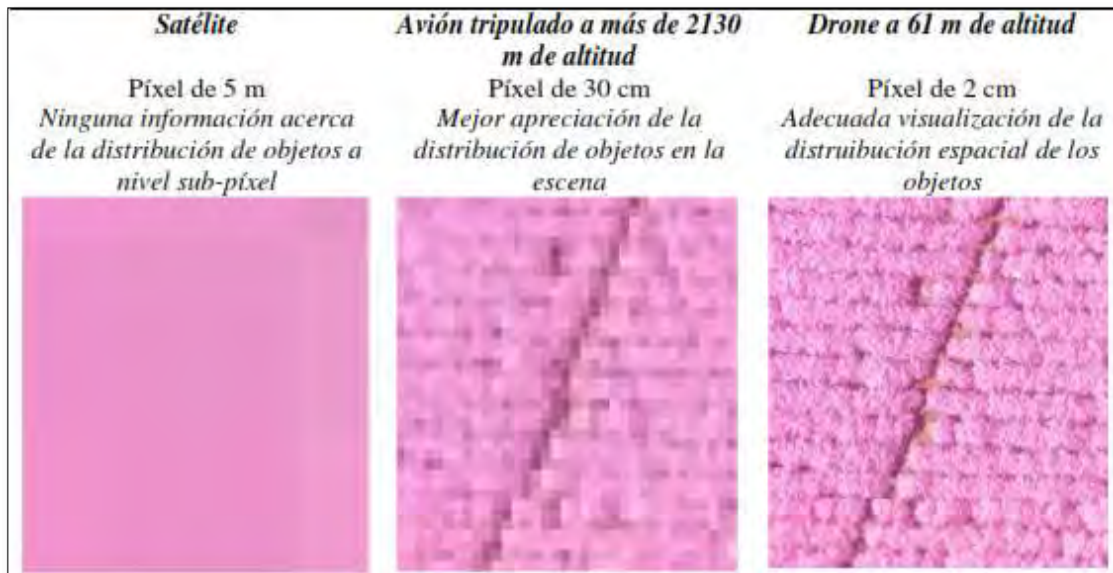
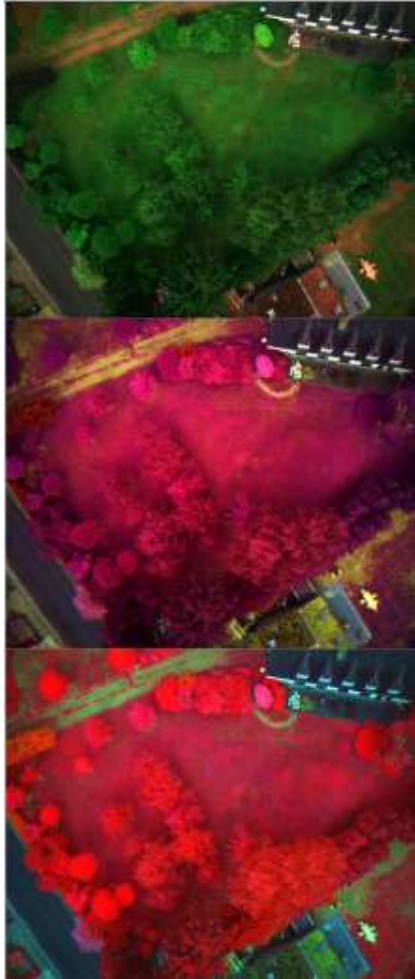


Figura 4: Comparación de imágenes según altitud de vuelo.

Fuente: Boeing Corp (2015).

En la figura 4 se puede observar que en las imágenes captadas por drones presentan ventajas más contundentes como es en la resolución temporal, por ejemplo el satélite Landsat 8 da una vuelta entera a la tierra en 15 días y no todas las imágenes capturadas por este satélite son nítidas muchas de ellas tienen mucha presencia de nubosidad lo cual no permite realizar estudios precisos; sin embargo, al utilizar drones, aun en días nublados, se obtienen imágenes de calidad y se tiene disponibilidad en todo momento (Di Leo, 2015).



Falso color real (RGB: Rojo, Verde, Azul)

Falso color Infrarrojo cercano (710 nm)

Falso color Infrarrojo cercano (810 nm)

Figura 5: Imágenes de 6 cm de tamaño de píxel, obtenidas por un dron volando a 100 m de altitud, captadas por debajo de una cobertura nubosa densa.

Fuente: Aurea Imaging SRL(2015).

2.5 Principales sensores remotos utilizados en el mapeo de vegetación.

Con el avance de nuevas tecnologías aplicadas al monitoreo de la vegetación y mapeos, los sensores remotos (satélites) se han vuelto claves para la compilación de información en áreas grandes de terrenos, los satélites se basan en la reflectancia electromagnética reflejada por las plantas, permitiendo identificar características únicas por especie de vegetación (Asrar, 1984).

Las firmas espectrales de la vegetación pueden ser diferenciadas y utilizadas para estimar la calidad y cantidad del forraje dentro de una pradera (Beerli, Phillips , & Hendrickson, 2007).

Los sensores más utilizados y conocidos son:

2.5.1 Landsat TM/ETM+.

Los satélites Landsat tienen una trayectoria muy antigua en su uso para el monitoreo de la tierra desde el espacio. El primer satélite fue lanzado en 1972, siguiéndole una serie cada vez más sofisticados, satélites con sensores multiespectrales como el TM – Thematic Mapper; en la figura 6 se muestra el orden cronológico del año en el que fueron lanzados los satélites al espacio.



Figura 6: Secuencia cronológica de lanzamiento de satélites Landsat.

Fuente: http://landsat.usgs.gov/about_mission_history.php.

Los sensores Landsat tienen la cualidad de corregir la reflectancia espectral de cada imagen adquirida, principalmente en estudios que requieren intervalos entre tiempos. Las imágenes Landsat son utilizados en distintos procesos como por ejemplo en el mapeo de la vegetación a escala regional, en estudios de variación de espacio y cambios en comunidades vegetales (Xie, Sha, & Yu, 2008).

Su uso es apropiado para el mapeo de comunidades vegetales, siendo un poco complicado la monitorización de especies individuales, pero si se utiliza datos de campo y se complementa, se obtiene resultados con altos niveles de confiabilidad (Domac & Süzen , 2006).

Es complicado recabar información de los satélites en la época lluviosa por la misma presencia de nubes que afecta considerablemente la calidad y claridad de imagen. Por estas razones es importante hacer una pre evaluación local de topografía, clima y el propósito del mapeo para una adecuada selección de las imágenes (Xie, Sha, & Yu, 2008).

2.5.2 MODIS.

MODIS está a bordo de los satélites Aqua y Terra, las imágenes obtenidas con MODIS tienen 36 bandas espectrales con una resolución espacial de 250 m; las imágenes MODIS son utilizadas para el mapeo dinámico de vegetación y procesos a escalas mayores, ya que proporciona imágenes con resolución espacial gruesa. Realizar mapeos a escala regional o local no es recomendable, pero si haces una combinación correcta de las imágenes y bandas puedes obtener valiosa información que pueden ser plasmadas en mapas (Knight, 2019).

2.5.3 ASTER.

ASTER, lanzado en 1999, es uno de los cinco sensores remotos que fue enviado a bordo del satélite Terra (Toutin , 2008).

ASTER captura 770 imágenes por día, incluye tres diferentes subsistemas que son el termal infrarrojo (TIR, con resolución de 60 m), Visible e Infrarrojo cercano (VNIR, con

resolución de 15 m) e Infrarrojo de onda corta (SWIR con resolución de 30 m) distribuidas en 14 bandas.(Fujisada, 1994).

	Landsat 5 TM/8 OLI	ASTER	MODIS
Propiedad	NASA	NASA	NASA
Fecha de lanzamiento	Marzo1984/Febrero2013	Dic-99	Diciembre 1999. Terra satellite; Abril 2002, Aqua satellite.
Estado	Landsat 7 ETM-: El corrector de la línea de escaneo tiene una avería en Mayo 31, 2003. Solo los datos de la parte central pueden ser usados directamente	Funcionando	Terra MODIS banda 5 y Aqua MODIS banda 6 tienen datos erróneos.
Resolución espacial (m)	15-120	15-90	250-1000
Resolución temporal (días)	16	16	01-Feb
Tamaño de escena (km x km)	185x185	60x60	2300 x 2300
Precio por escena (US \$)	600 / Libre	Libre	Libre

Figura 7: Fecha de lanzamiento, estado, resolución espacial y temporal de los sensores de los satélites.

Fuente: (Fujisada, 1994).

2.6 Tratamiento digital de imágenes satelitales.

Las imágenes satelitales tienen un sin fin de usos y aplicaciones. El tratamiento de estas imágenes son procesadas en una computadora u otro dispositivo similar, y son las siguientes:

2.6.1 Rectificación y restauración de la imagen.

Mediante esta operación se corrige imágenes mal capturadas o distorsionadas, con el fin de obtener una representación buena de la escena original (Chuvieco, E., 1990).

2.6.2 Ortorectificación.

Mediante este proceso se eliminan distorsiones de las imágenes satelitales que son obtenidas debido a variaciones espaciales durante la captura de la información y el movimiento del sensor (Chuvieco, E., 1990).

2.6.3 Corrección Radiométrica.

La corrección radiométrica consiste en modificar los niveles digitales originales con el propósito de aproximar a los que tendrían un caso ideal, sin las distorsiones provocadas por un mal funcionamiento del sensor o la atmósfera (Chuvieco, E., 1990).

2.6.4 Corrección Geométrica.

Las correcciones geométricas georreferencian cada pixel capturado por el satélite y éstas puedan superponerse sobre los mapas convencionales, o pueden ser destinadas para el ajuste de imágenes entre sí, esto con el objeto de realizar estudios multitemporales (Chuvieco, E., 1990).

2.6.5 Realce de la imagen.

Consiste en grabar los datos de las imágenes de la mejor manera posible para una posterior interpretación visual fácil. Normalmente el realce de la imagen incluye técnicas para aumentar la diferencia visual entre distintos detalles de una determinada zona (Campbell, 1987).

2.6.6 Clasificación de imágenes.

Considera el análisis de datos multiespectrales fundamentadas en técnicas estadísticas para identificar el tipo de cobertura de la tierra para cada pixel en una imagen. Cuando

estas pautas de decisión se usan únicamente en la radiancia espectral de una imagen son considerados como patrones espectrales (Campbell, 1987).

2.7 Índices de vegetación utilizados en percepción remota.

Los índices de vegetación miden el vigor o biomasa vegetal de manera cuantitativa (García & Cervijon, 2015). Los valores son obtenidos mediante la combinación de ondas electromagnéticas que son captadas por sensores remotos, estas bandas espectrales dan como resultado distintos valores que indican la cantidad de vegetación en un píxel de una imagen (Campbell, 1987).

Los índices de vegetación son valores utilizados para obtener características biofísicas y funcionales de coberturas vegetales en distintos espacios (Zerda & Tiedemann, 2010). Existen muchos índices de vegetación con uso potencial en el estudio de pastizales como:

- NDVI (Índice Normalizado de Vegetación).
- GVI (Índice Verde de Vegetación).
- PCR (Radio de Célula Vegetal), PVR (Relación de Vigor Fotosintético), PPR (Relación de Pigmento Vegetal).
- DVI (Índice de Diferencia de Vegetación).

El índice de vegetación más utilizado para estudios de pastizales y para agricultura es el NDVI (Tucker, Townshend, & Gof, 1985).

2.7.1 NDVI: Índice Normalizado de Vegetación.

Este índice fue introducido con el objetivo de separar la vegetación del brillo que produce el suelo, considera la cantidad de infrarrojo cercano reflejado por la célula de la hoja y la

cantidad de energía roja absorbida por la clorofila, este índice se calcula con la siguiente fórmula según (Díaz García , 2015):

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR}-\text{ROJO}}{\text{NIR}+\text{ROJO}} \dots\dots\dots (\text{Fórmula 1})$$

El NDVI da valores que van desde -1 a +1; los cuales, se relacionan directamente con el vigor de la biomasa de la planta. Cuando el valor NDVI es cercano a 1 significa que la pastura tiene buen vigor, si el valor es cercano a 0 significa presencia de suelo desnudo, rocas o materia inerte; y si los valores NDVI son negativos corresponden a zonas con nubes, agua o nieve (Díaz García , 2015).

Ventajas:

Las dos ventajas más relevantes según (Peñafort , Bocco, & Macor, 2016) son:

- No requiere muestrear in situ, ni magnificar los resultados, puesto que abarca toda la superficie, además permite repetir los resultados en cualquier tiempo sin demasiado trabajo adicional.
- Desde que los satélites empezaron a funcionar existe información almacenada, permitiendo al usuario estimar producción forrajera de tiempos pasados, estos datos son ventajosos para comprender el funcionamiento de los sistemas forrajeros y sus reacciones a eventos climáticos en el tiempo y espacio.

2.8 Uso de suelo.

El uso del suelo se define como la manipulación física y también como el proceso de producción de bienes materiales como alimentos, objetos, instrumentos de trabajo y todo aquello que implique la supervivencia del ser humano (Richters, 1995).

2.8.1 Cambio de uso del suelo.

Son todos aquellos cambios que afectan la superficie terrestre, principalmente el comienzo de nuevas tierras agrícolas, construcción de viviendas e industrias, construcción de fábricas, aeropuertos y carreteras (Soria & Ortiz, 1998).

En la actualidad, los estudios sobre procesos dinámicos de variación en la cobertura de suelo y también de la deforestación, son importantes porque proveen la base para el conocimiento de los procesos de desertificación, degradación y pérdida de la biodiversidad de una región (Van Lynden & Oldeman, 1997).

Existen diversos métodos para la detección de cambios de uso de suelo, entre ellas la más utilizada es la comparación mediante álgebra de imágenes ósea entre diferencia de bandas, este proceso se da mediante la clasificación y cambios detectados en programas como el SIG (Green, Kempka , & Lackely, 1994).

La detección de cambios de uso del suelo se da a través de la asimilación detectada por el uso de fotografías aéreas de distintos años, de las cuales se interpretan y se plasma toda la información en mapas cartográficas que posteriormente pueden ser procesadas dependiendo al interés de cada usuario (FAO, 1984) .

2.9 Carga animal.

Según (Florez, Malpartida, & San Martin, 1992), la carga animal adecuada para un pastizal es el total de animales ubicados por hectárea de área, el cual no causa un efecto en el deterioro del pastizal. Para poder estimar la carga animal se debe de tener los siguientes datos: producción de pasto en términos de materia seca (MS) por hectárea, el

grado de uso recomendable y el consumo de materia seca de una unidad animal por año.

2.9.1 Capacidad de carga animal.

La capacidad de carga no siempre resulta un número estático, por el contrario, varía dependiendo del ambiente entre años e inclusive en las diferentes estaciones de un mismo año. Para entender mejor esta variación es necesario conocer los controles y componentes de estos (McLeod & MacLeod, 1997).

Fórmula para hallar la capacidad de carga animal:

$$\text{Capacidad de Carga} = \text{FC/CI} \dots\dots\dots (\text{Fórmula 2}).$$

La fórmula 2 indica que la capacidad carga debe ser expresada en unidades animal por Ha y por año, es el resultado del cociente entre el forraje consumible (FC) y el consumo individual (CI) (Irisarri, Gundel, Clavijo, Durante, & Sosa, 2013).

$$\text{FC} = \text{PNNA} \times \text{IC} \dots\dots\dots (\text{Fórmula 3}).$$

A su vez el forraje consumible se calcula multiplicando la productividad primaria neta aérea (PPNA) expresada en kg de MS/Ha/año y el índice de cosecha (IC), es decir, la proporción de la PPNA que puede ser consumida por una unidad animal (Irisarri, Gundel, Clavijo, Durante, & Sosa, 2013).

Al reemplazar la fórmula 2 con la fórmula 3 resulta:

$$\text{Capacidad de carga} = (\text{PPNA} \times \text{IC}) / \text{CI} \dots\dots\dots (\text{Fórmula 4}).$$

La capacidad de carga depende de la PPNA, de la producción de pasto y de los requerimientos del animal considerando su consumo individual (Irisarri, Gundel, Clavijo, Durante, & Sosa, 2013).

2.10 Métodos para estimar la disponibilidad forrajera.

2.10.1 Tipos de estimaciones.

Hay dos tipos de estimaciones para hallar la disponibilidad forrajera según (Fernandez, 2004):

a) Método destructivo.

Este método consiste en el corte directo de pasto en campo. Es el método más preciso para estimar el rendimiento forrajero, consiste en cortar y pesar in situ; aunque normalmente, para tener resultados más confiables, es recomendable cortar varias muestras en campo.

El corte y pesado, además de ser una técnica costosa en términos de tiempo y trabajo, es destructiva ecológicamente hablando.

b) Método no destructivo.

Existen diversos métodos no destructivos de estimación e incluso se puede realizar una combinación de ambos métodos.

Entre los métodos no destructivos más resaltantes podemos mencionar la:

b.1) Estimación visual.

Las estimaciones visuales no solo implican una simple mirada al potrero como se piensa; al potrero hay que observarlo exhaustivamente en diferentes lugares de forma similar a otros tipos de muestreo. Para llegar a tener una habilidad de hacer estimaciones visuales conlleva a capacitarse teórica y prácticamente. La ventaja de la estimación visual es que los cálculos se hacen de manera rápida y no se necesita un tipo de equipo especial, pero no son tan fiables, puesto que no es un método directo (Fernandez, 2004).

b.2) Altura.

Una manera más objetiva y cuantitativa de medir la cantidad de pasto es midiendo su altura. Este es un método rápido, confiable y fácil.

La altura de la pastura puede ser medida de tres distintas maneras (Fernandez, 2004):

- Con una regla, midiendo la altura del pasto desde el nivel del suelo de distintas plantas y luego hallando su altura promedio.
- Midiendo la altura del macollo más alto en todo un potrero.
- Usando un pasturómetro.

2.11 Biomasa.

La biomasa es un indicador de la capacidad que tiene un ecosistema para producir materia orgánica a lo largo de un determinado tiempo (Brown & Eamus, 1997); está compuesta por la parte aérea y subterránea de la planta (Schlegel, 2000).

De acuerdo con (Bonham, 2013), el método más utilizado para hallar la biomasa es el método destructivo. Existen distintos métodos para estimar la biomasa. Todos estos métodos se describen en la tabla 1.

Método directo	
Cosecha manual	Consiste en la cosecha de la biomasa mediante la utilización de un cuadrante metálico, generalmente se utiliza cuadrantes que miden 25 cm ² .
Estimaciones de doble muestreo y peso	Consiste en el corte de biomasa de un número pequeño de muestras tomadas al azar.
Método indirecto	
Reflectancia espectral	Es posible estimar la biomasa mediante las diferentes respuestas espectrales emitidas por las plantas, estas diferencias espectrales se dan por la cantidad de biomasa presente.
Método de cobertura	Se desarrolla midiendo la cobertura y los pesos fresco o seco en un horno.
Método de densidad	Consiste en contar el total de plantas que existe dentro de un cuadrante. El cálculo de la biomasa es mediante la multiplicación del peso promedio de la planta por el promedio de la densidad.
Método del punto	Consiste primero en determina la biomasa por especie y posteriormente se utiliza una ecuación de regresión lineal para estimar la biomasa.
Predicción de biomasa a partir de múltiples factores	La combinación de variables proporciona una estimación más precisa de la producción de biomasa que utilizar una sola variable.
Método de datos meteorológicos	Los factores climáticos tienen efecto en el crecimiento de una planta, mediante esta relación puede ser calculada la biomasa.

Tabla 1: Métodos directos e indirectos para la estimación biomasa.

Fuente: Elaboración propia a partir de (Bonham, 2013).

2.12 Materia Seca.

La única forma de conocer la cantidad de materia seca (MS) presente en un sitio de interés y en un momento del tiempo sería cortando, secando y pesando el total del forraje en la pradera, lo cual es una práctica tediosa y laboriosa (Batteman, 1970).

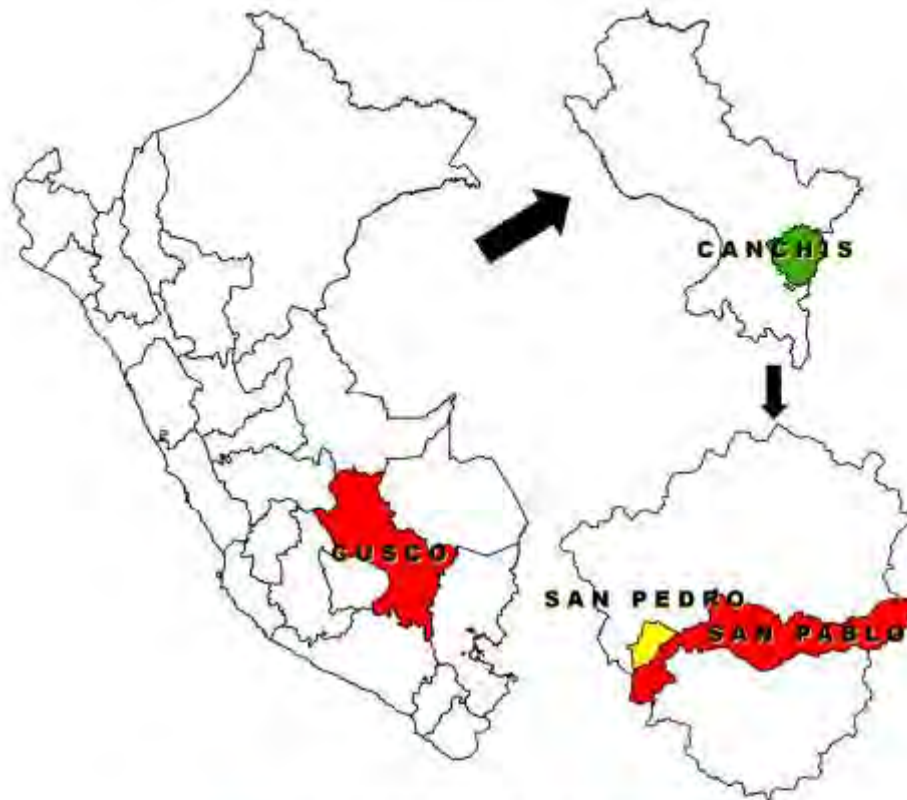
El método más utilizado para determinar la materia seca es mediante la eliminación del agua con efecto de calor, siendo necesario someter las muestras recolectadas a temperaturas elevadas utilizando equipos como hornos especiales que aseguren un secado rápido, para así eliminar pérdidas por respiración celular y acción enzimática (Batteman, 1970).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y METODOLOGÍA

3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN

El presente trabajo de investigación fue realizado en los distritos de San Pablo y San Pedro de la Provincia de Canchis de la Región de Cusco.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABDAD DEL CUSCO	
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS	
ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA	
Mapa: UBICACIÓN DEL DISTRITO DE SAN PABLO Y SAN PEDRO	
Elaborado por: Bach. Blanca Nelida Puelles Condori	Ubicación Región: Cusco Provincia: Canchis Distritos: • San Pablo • San Pedro
Revisado por: Ing. Zoot. Dr. Andrés Estrada Zúñiga	
Escala: 1:6,000,000	Área: San Pablo (52485.78 Ha.) San Pedro (5615.22 Ha.)

Figura 8: Zona de estudio.

Fuente: Elaboración propia en base a información geográfica del año 2019.

3.1.1 Ubicación política.

Región: Cusco.

Provincia: Canchis.

Distritos: San Pablo y San Pedro.

3.1.2 Ubicación geográfica.

Geográficamente los distritos de San Pablo y San Pedro se encuentran ubicados en la zona 19 S, con coordenadas UTM como se indica en la tabla 2:

Distrito	San Pablo	San Pedro
Coordenada Este	253991m	247107m
Coordenada Norte	8424304m	84303175m
Altitud	3486 msnm	3490 msnm

Tabla 2: Coordenadas UTM de los distritos de San Pablo y San Pedro.

Fuente: ANA (2013).

3.1.3 Límites.

En la tabla 3 se puede observar el límite distrital de San Pablo y San Pedro.

Distrito	San Pablo	San Pedro
Este	Nuñoa	San Pablo
Oeste	San Pedro	Tinta
Norte	Checacupe	Combapata
Sur	Sicuani	San Pablo

Tabla 3: Límites geográficos de los distritos de San Pablo y San Pedro.

Fuente: ANA (2013).

3.1.4 Datos meteorológicos.

La temperatura ambiental, precipitación y humedad se aprecia en la Tabla 4 del mes de Julio del año 2019 fecha en la que se realizó el estudio de tesis, estos datos fueron obtenidos de la estación meteorológica SENAMHI ubicado en la ciudad de Sicuani de la provincia de Canchis departamento de Cusco.

Estación: Sicuani			
Departamento: Cusco		Provincia: Canchis	Distrito: Sicuani
Latitud: 14°14'14.5"		Longitud: 71°14'12.1"	Altitud: 3534 msnm.
Tipo: EMA Meteorológica		Código: 4726158C	
MES/ AÑO	TEMPERATURA (°C)	PRECIPITACIÓN (mm/hora)	HUMEDAD (%)
Julio - 2019	7.00	0.00	47.57

Tabla 4: Temperatura (°C), precipitación mensual (mm) y humedad (%) del mes de Julio del año 2019.

Fuente: SENAMHI - Sicuani (2019).

3.2 MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1 Materiales de campo.

- Cuadrante metálico (0.50 x 0.50 cm).
- Wincha métrica.
- Bolsas de papel.
- Bolsas de plástico.
- Segaderas.
- Estacas de fierro.
- Soguillas.
- Tijera de podar.
- Cinta masking.
- Marcadores.
- Balanza de mano.
- Costales.
- Mapa base.
- Libreta de campo.
- Cámara fotográfica profesional.

3.2.2 Para la aplicación de encuestas.

- Tableros.
- Fichas de encuestas impresas.
- Lapiceros.

3.2.3 Para el recojo de información espectral.

- Dron multirrotor Matrice 100, equipado con cámaras DJI Zenmuse X3 RGB de 12.4 Mpx; con una resolución de 10 cm/píxel, con autonomía de vuelo de 23 minutos por batería. Este sistema fue utilizado para la adquisición de imágenes RGB.



Figura 9: Dron Matrice 100 – DJI.

Fuente: Elaboración propia (2019).

- GPS GARMIN MONTANA® 650, con sistema GPS y GLONASS, 16 canales, con un error de 6 metros de distancia.
- iPad Mini 2.
- Tableros de triplay.
- Estacas de fierro.
- Memoria Sandisk de 128 GB.

3.2.4 Materiales de gabinete.

- Computadora.
- Impresora.
- Disco duro externo 1 T.

3.2.5 Programas.

- ArcGIS 10.6.
- Pix4D.
- Google Earth Pro
- SPSS.
- Microsoft Office (Word, Excel y Power Point).

3.3 METODOLOGÍA.

Para un adecuado desarrollo de la parte metodológica fue desarrollada en base a los objetivos planteados.

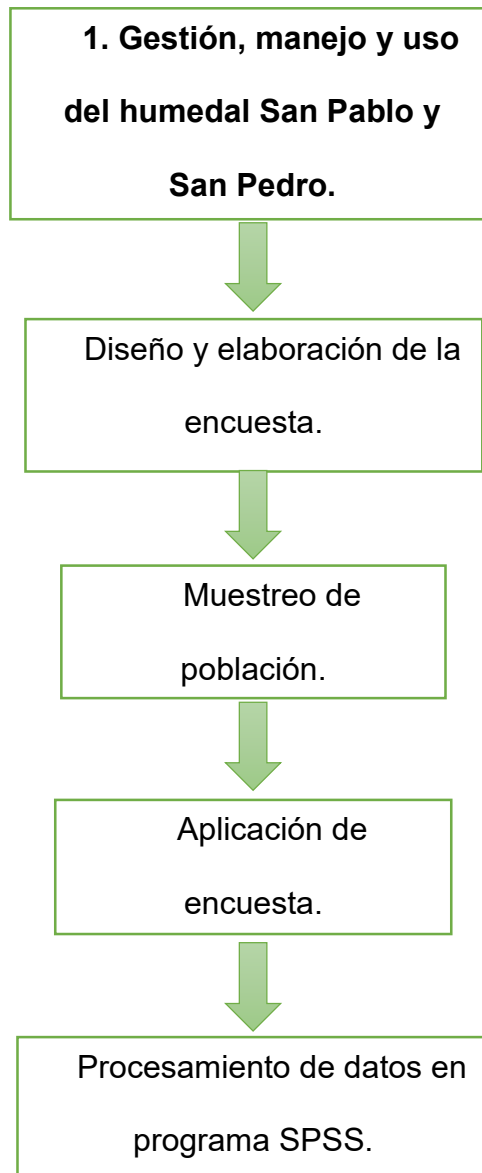


Figura 10: Resumen metodológico del objetivo gestión, manejo y uso del humedal San Pablo y San Pedro.

Fuente: Elaboración propia (2019).

Antes de iniciar la investigación en campo, se solicitó permisos a los presidentes de cada comunidad de ambos distritos y se les informó sobre la investigación de la tesis que se ejecutaría, para que se autorizara la realización de la misma.

3.3.1 Gestión, manejo y uso del humedal San Pablo y San Pedro.

a) Diseño y elaboración de la encuesta.

El diseño y elaboración de la encuesta se realizó basado en el objetivo que se propuso resolver.

b) Muestreo de la población.

Se solicitó la lista de empadronados del año 2019 por comunidad de los distritos de San Pablo y San Pedro en la Dirección Regional de Agricultura Cusco (DRAC) ubicado en el Distrito de Sicuani, de la Provincia de Canchis. La figura 11 muestra el número de personas empadronadas.

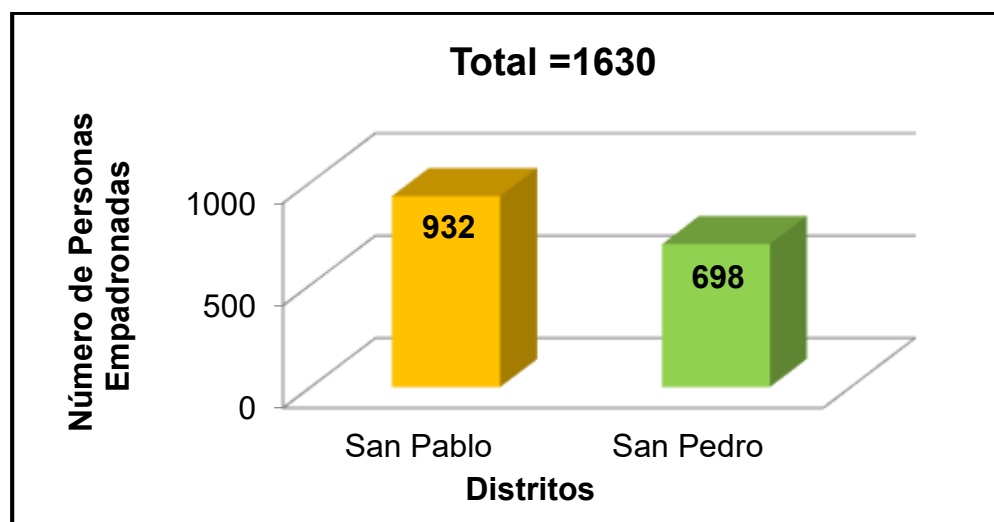


Figura 11: Número de empadronados en el distrito de San Pablo y San Pedro.

Fuente: DRAC - Canchis (2019).

Una vez obtenido la población total en ambos distritos, se procedió a determinar la muestra, en base a la población total:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Donde:

n = Tamaño de muestra buscado.

Z = Parámetro estadístico que depende el nivel de confianza (NC).

e = Error de estimación máximo aceptado.

p = Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (éxito).

q = **(1- p)** = Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado.

Nota: e = 5% y Z = 95%.

Aplicando los datos en la fórmula se determinó la muestra de la población por distrito como se muestra en la figura 12.

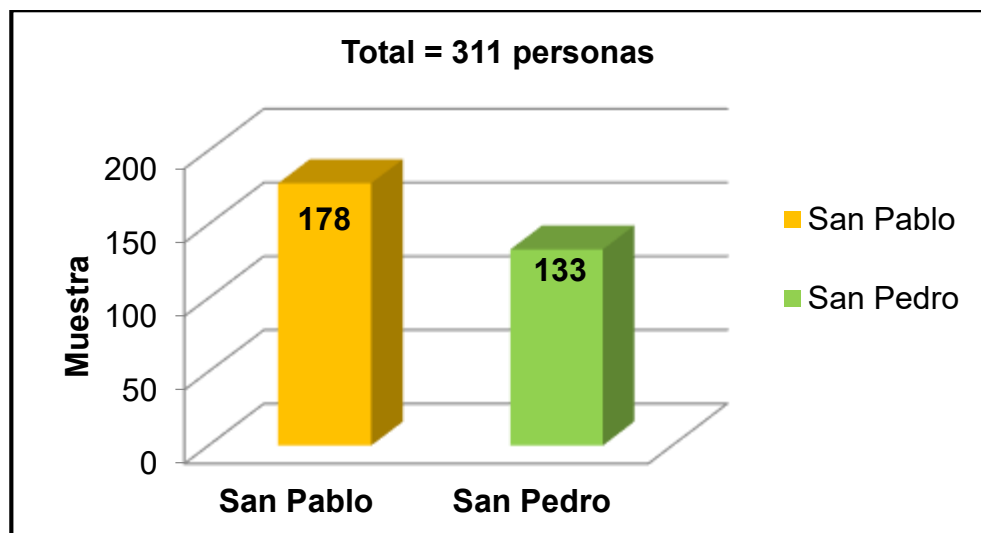


Figura 12: Muestra en el distrito de San Pablo y San Pedro.

Fuente: Elaboración propia (2019).

c) Aplicación de Encuesta.

Se eligió a las personas encuestadas de manera aleatoria en la lista de empadronados, tomando en cuenta el número de personas por distrito ya establecido con la fórmula de muestreo. Una vez obtenido por lista el nombre de las personas, se les busco en sus respectivos domicilios y se les realizó las preguntas establecidas en la encuesta de manera presencial.

d) Procesamiento de datos.

Todo el análisis de los datos obtenidos mediante la encuesta fue procesado en el programa estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences).

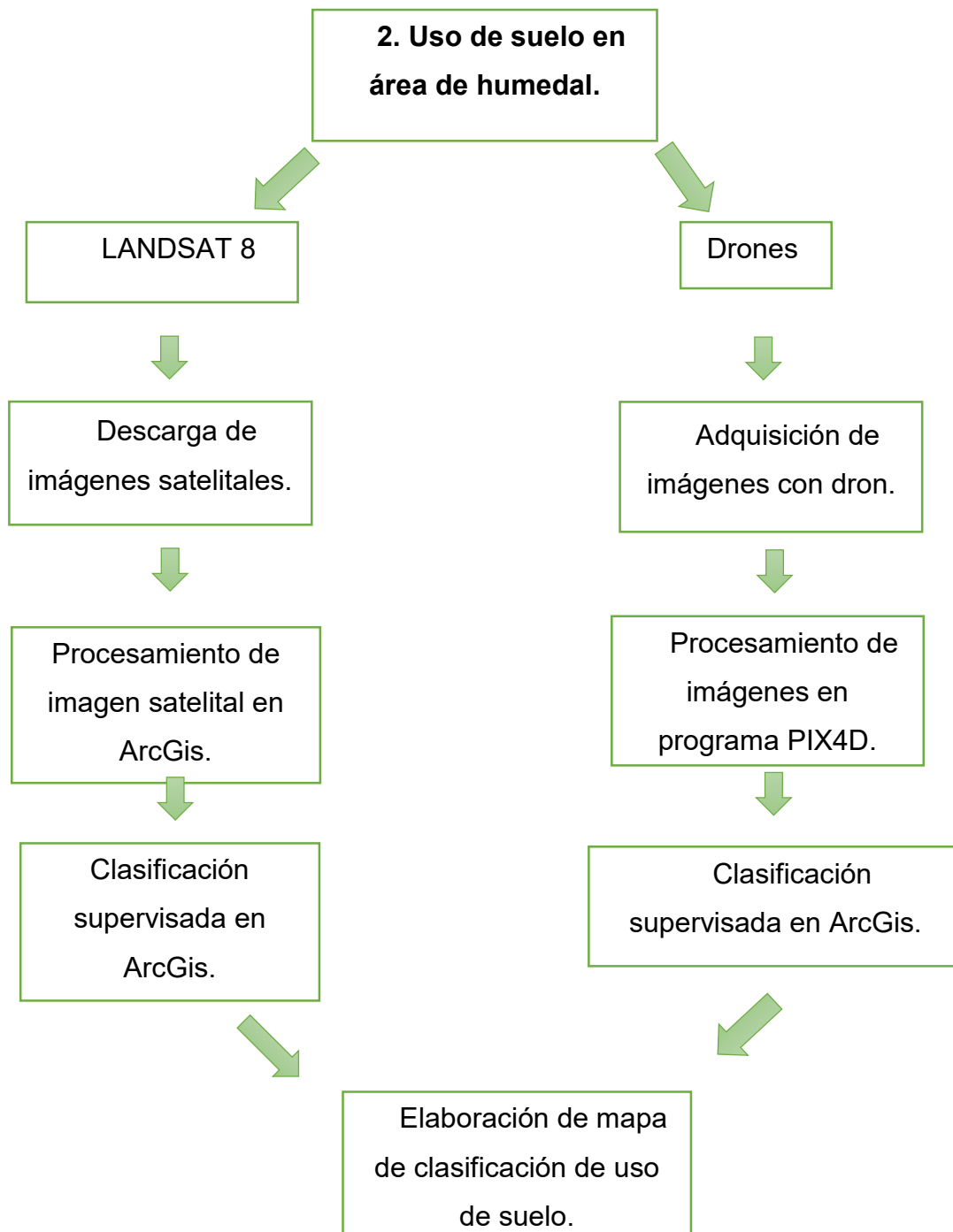


Figura 13: Resumen metodológico del objetivo del uso de suelo en área de humedal.

Fuente: Elaboración propia (2019).

3.3.2 Uso de suelo en área de humedal.

3.3.2.1 Uso de suelo con imágenes LANDSAT 8 OLI

- **Descarga de imágenes satelitales de la página USGS**

El primer paso fue la obtención de una imagen satelital LANDSAT 8 OLI del ámbito de estudio desde la página web de GLOVIS <https://glovis.usgs.gov/> ubicando los distritos de San Pablo y San Pedro.



Figura 14: Entorno página Glovis USGS.

Fuente: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (2019).

Para la elaboración del mapa de clasificación, se seleccionó imágenes en Landsat 8 Oli. Se eligió la imagen satelital del mes de julio del año 2019, se configuró para que solo se observaran imágenes con 10 % de nubosidad, para así facilitar el estudio y evitar cubiertas de nubes.

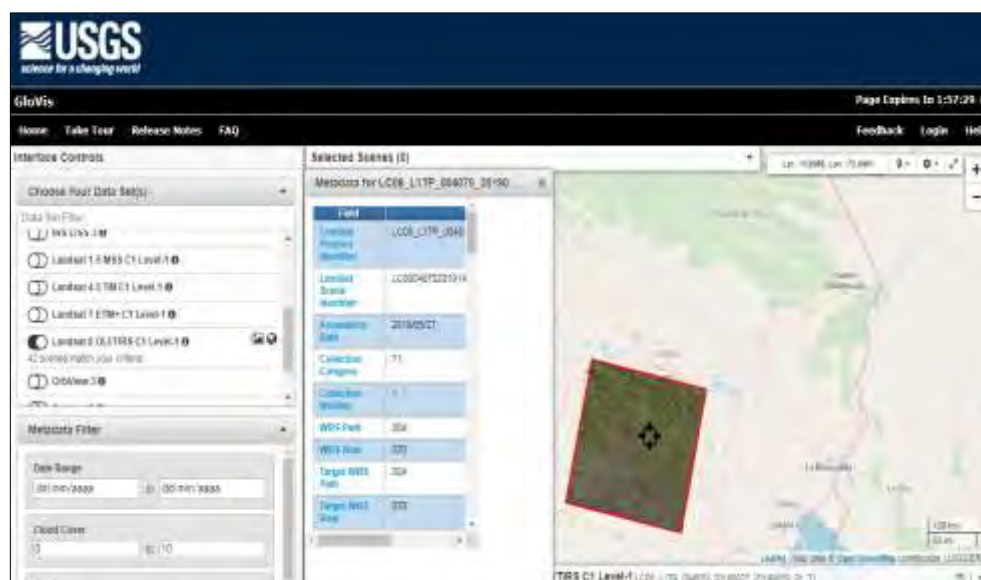


Figura 15: Metadata de la imagen seleccionada.

Fuente: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (2019).

En seguida se revisó el pack de imágenes descargadas (Figura 16) y se inició la descarga de todo el paquete.



Figura 16: Pack de imágenes obtenidas desde Landsat 8 OLI.

Fuente: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (2019).

- **Procesamiento de imagen satelital en ArcGIS 10.6.**

- ❖ **Carga de imagen satelital en ArcGIS.**

Una vez abierto el programa ArcGIS 10.6, se cargó la imagen multiespectral descargada y se le configuró el espectro en las bandas 4,3 y 2 (RGB) para tener mejor visibilidad del ámbito de estudio.

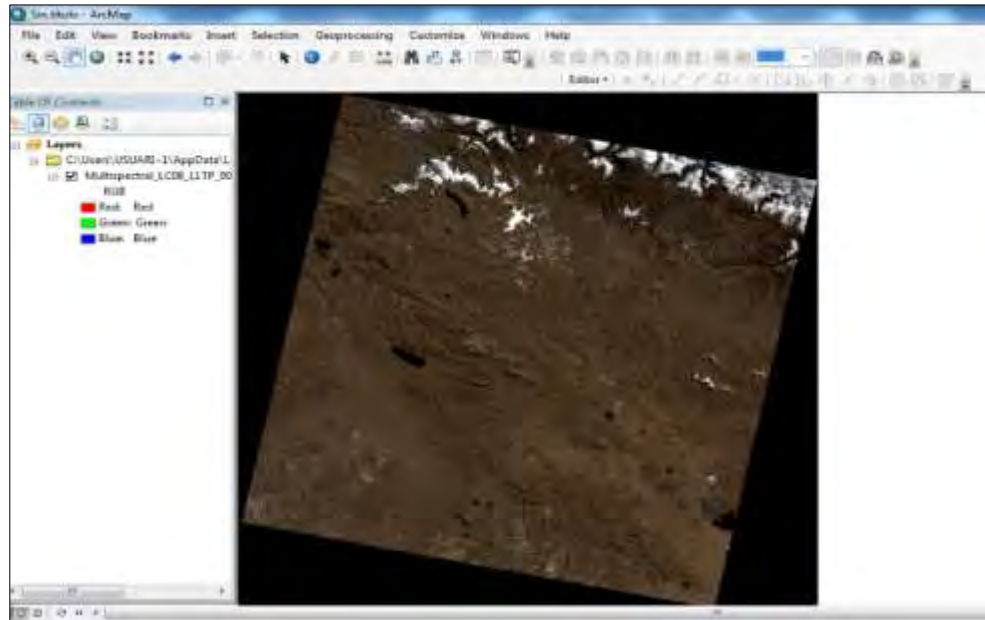


Figura 17: Raster de Imagen satelital.

Fuente: Programa ArcGIS 10.6 (2019).

- ❖ **Delimitación del área de interés:**

Para enmarcar el área de interés se creó dos shapefile de polígono para el distrito de San Pablo y San Pedro.

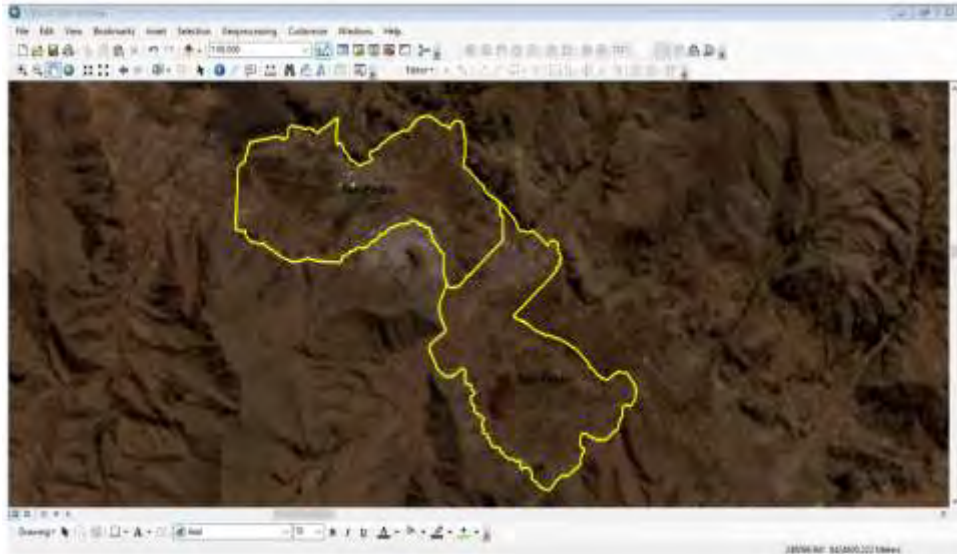


Figura 18: Polígonos enmarcados en el área de interés.

Fuente: Programa ArcGIS 10.6 (2019).

❖ **Extracción del área de interés.**

Utilizamos el shapefile de polígono georreferenciado, con los límites de los Distritos de San Pablo y San Pedro como máscara ,se recortó los límites del ámbito de estudio; esta acción se realizó con la herramienta ArcToolbox – Analysis Tools – Clip.



Figura 19: Raster cortado del distrito de San Pablo y San Pedro.

Fuente: Programa ArcGIS 10.6 (2019).

❖ **Georreferenciación.**

Se usó la herramienta Project Raster para que los sets de datos, que tiene un sistema de coordenadas desconocido o incorrecto, puedan ajustarse al ámbito de estudio definido. Como la imagen satelital presentada está en coordenadas geográficas, utilizamos esta opción para cambiarla a coordenadas UTM en el Sistema Datum WGS 1984 19S.

❖ **Calibración radiométrica (Radiancia a Reflectancia).**

Este proceso permitió convertir la información de la imagen original (bruta) de cada pixel de niveles digitales a niveles de reflectancia, captada por el sensor en el tope de la atmosfera, es decir; sin los efectos de la misma, lo que permite disminuir los efectos de dispersión o absorción causados por la presencia de partículas en la atmósfera. Adicionalmente, se buscó remover el efecto de los diferentes ángulos de incidencia de la energía solar y de la distancia Tierra - Sol, que se producen como consecuencia de las diferencias de tiempo de adquisición de las imágenes.

❖ **Creación de puntos.**

Las Regiones de Interés (puntos) son muestras seleccionadas de una imagen. Para nuestro estudio elaboramos Shefile de puntos a fin de poder determinar en la imagen las 5 coberturas de interés.

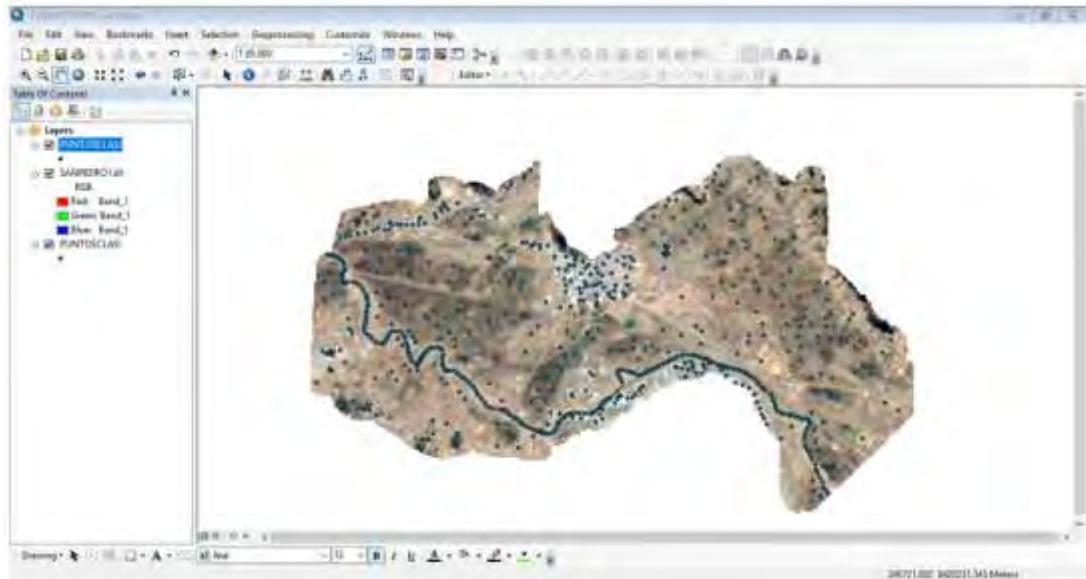


Figura 20: Creación de puntos.

Fuente: Programa ArcGIS 10.6 (2019).

❖ **Creación de firmas.**

Con la selección en la opción “create signatures” en Arctoolbox, se generó un formato texto donde contenía la información de los puntos de interés marcados en el raster.

❖ **Clasificación propiamente dicha.**

Para la clasificación supervisada elegimos el procedimiento “clasificación de máxima probabilidad” (Maximum likelihood clasification), esta herramienta tiene en cuenta las varianzas y covarianzas de las firmas de clases cuando asigna cada celda a una de las clases representadas en el archivo de firma. Dadas estas dos características para cada valor de celda, se calcula la probabilidad estadística para cada clase a fin de determinar la pertenencia de las celdas a cada clase.

Para iniciar con la clasificación supervisada, utilizamos la imagen raster y el formato texto de la creación de firma. Con esta aplicación se obtuvo la imagen con la clasificación

supervisada. Durante la práctica se decidió trabajar con 5 clases de cobertura (humedal, agricultura, urbanización, salinera y agua).

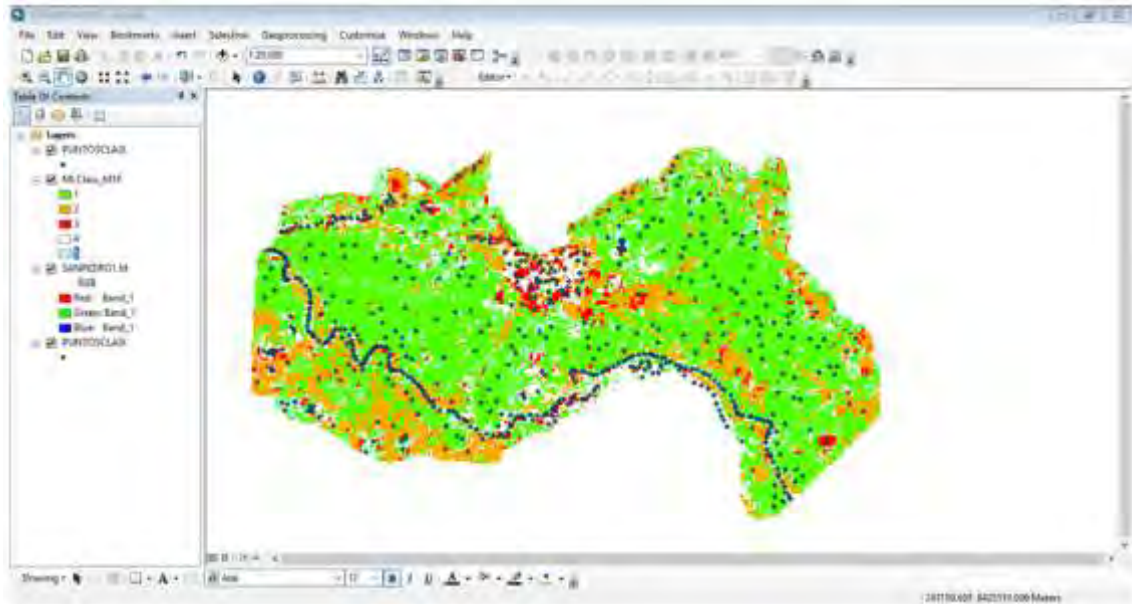


Figura 21: Raster Clasificado.

Fuente: Programa ArcGIS 10.6 (2019).

3.3.2.2 Uso de suelo con drones.

Este proceso fue realizado en el mes de Julio. Para la obtención de datos, antes se procedió a realizar una serie de procedimientos con respecto al manejo del dron como la:

- Inspección física a volar.
- Prueba de determinación de altura de vuelo con dron en campo.

Antes de determinar la altura de vuelo adecuado para realizar las capturas de imágenes en campo con el dron profesional, se evaluó cual sería la altura adecuada y correcta para realizar el estudio, para lo cual se hicieron pruebas de vuelos a diferentes alturas en una misma zona; se consideraron las alturas de 25, 50, 75, 100 y 150 m como se muestra en la figura 22:

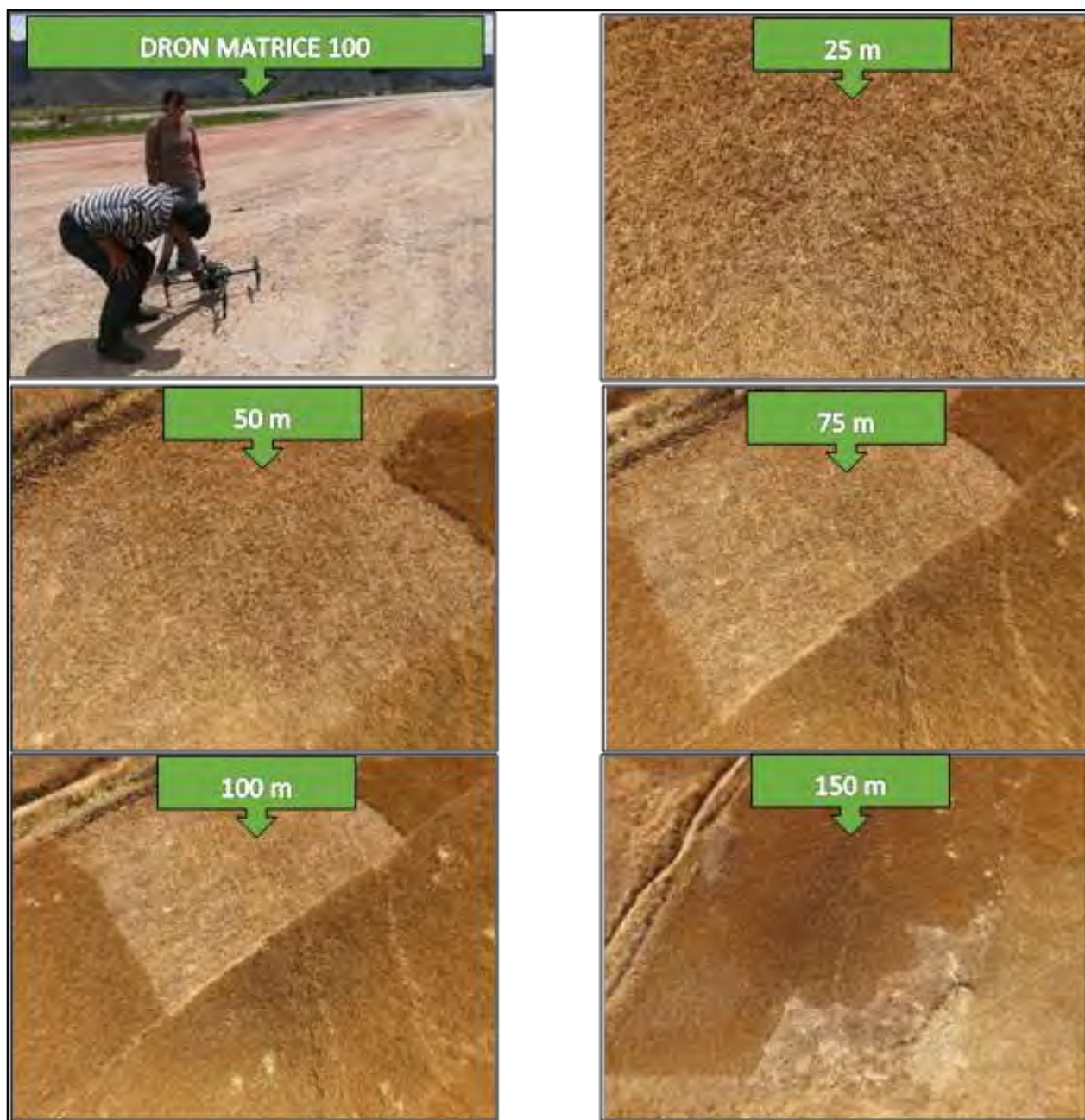


Figura 22: Altura de vuelos con dron in situ.

Fuente: Elaboración propia (2019).

- **Adquisición y procesamiento de imágenes con vehículos aéreos no tripulados (drones).**

- ✓ Selección de modelo de dron en la investigación. - En el presente estudio se hizo uso del dron modelo Matrice 100 de la marca DJI por las múltiples características sistémicas, adaptables y eficientes que tiene para poder realizar estudios de grandes extensiones de terreno. El dron utilizado en la investigación fue facilitado por la Unidad de Estudio de Pastos y Pastizales de la carrera profesional de Zootecnia de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.



Figura 23: Dron Matrice 100 – DJI.

Fuente: Elaboración propia (2019).

Descripción de las características del Dron Matrice 100	
Precisión de desplazamiento (modo P con GPS)	Vertical: 0,5 m, horizontal: 2,5 m
Max. Velocidad angular	Paso: 300 ° / s, guiñada: 150 ° / s
Max. Ángulo de inclinación	35 °
Max. Velocidad de ascenso	5 m / s
Max. Velocidad de descenso	4 m / s
Max. Resistencia al viento	10 m / s
Max. Velocidad	✓ 22 m / s (modo ATTI, sin carga útil, sin viento) ✓ 17 m / s (modo GPS, sin carga útil, sin viento)
Tiempo de desplazamiento (con batería TB48D y Zenmuse X3)	Sin carga útil: 23 min.
Temperatura de funcionamiento	-10 a 40 °C
Salida de vídeo	USB, mini HDMI
Batería	6000 mAh LiPo 2S
Cámara	DJI Zenmuse X3 RGB de 12.4 Mpx; con una resolución de 10 cm/pixel a 150 metros de altura.

Tabla 5: Descripción de las características del dron Matrice 100.

Fuente: https://dl.djicdn.com/downloads/m100/Matrice_100 (2019).

✓ Revisión remota de las condiciones climáticas. - Estas se realizaron previos a la misión de vuelo por día, se utilizó la aplicación UAV Forecast.

- **Planificación de vuelo (misión).**

La planificación de vuelo fue diseñada en el Software DroneDeploy.

El diseño de plan de vuelo consistió en la configuración de la delimitación del área de estudio de interés, la resolución espacial requerida, la altura de vuelo del dron, y el porcentaje de traslape entre las imágenes.

- **Resolución espacial.** - Para que la resolución sea constante, se programó una misma altura que fue de 150 m.
- **Altura de vuelo.** - La altura de vuelo aplicado para el presente estudio fue de 150 m por la calidad de resolución de captura de imagen y por el área que abarco en cada captura.
- **El traslape.** - Se refiere al grado de sobre posición entre fotografías seguidas, el porcentaje traslape ajustado fue de 80 % para obtener imágenes precisas y de mejor calidad.

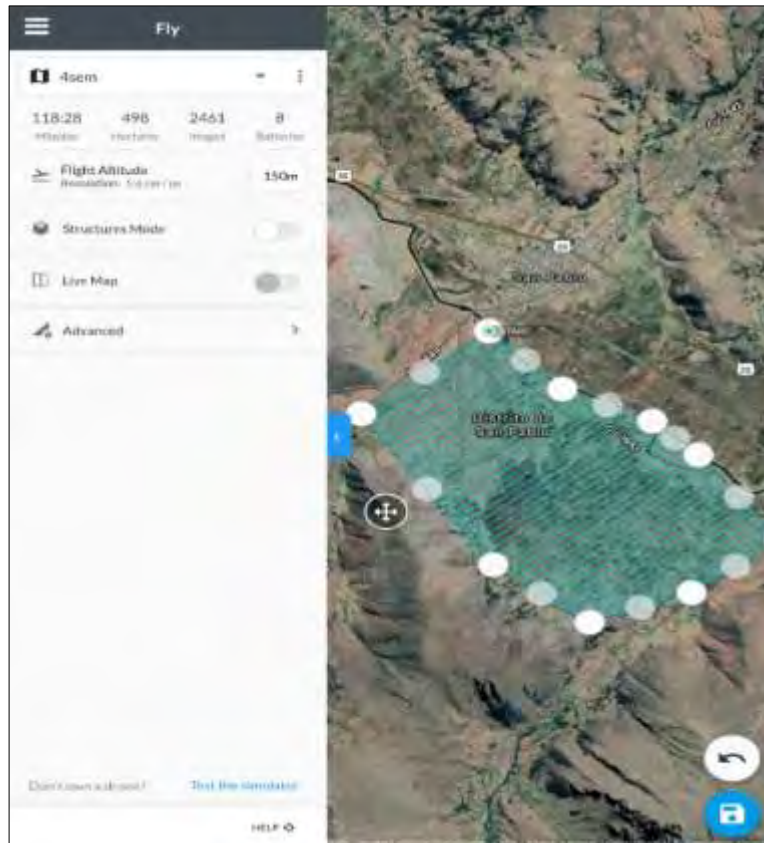


Figura 24: Plan de vuelo.

Fuente: Software DroneDeploy (2019).

- **Ejecución de la misión de vuelo en campo.**

Antes de realizar el vuelo propiamente dicho en campo, se hizo una inspección previa a la zona de estudio.

1. En oficina, se hizo una pre visualización del área de estudio para asegurarse que sea una zona autorizada para vuelo y que no sean zonas restringidas por ley.
2. En campo, se verificaron los obstáculos que pudieran existir como árboles, postes, torres, construcciones y otros que pudieran obstaculizar el vuelo del dron.

En la zona de vuelo también se consideró el armado del dron. En cada plan de vuelo se buscó una zona con espacio suficiente y despejado para facilitar y evitar problemas

durante el proceso de maniobrado, como ensamblaje, prueba de funcionamiento, calibración de brújula y despegue.

- **Puntos de control en tierra.**

Para que las imágenes sean correctamente georreferenciadas, se ubicaron puntos de control en las zonas de estudio, específicamente tres puntos de control por distrito; por los que los puntos de control fueron: triplay de madera de 80 x 60 cm pintados de color rojo, blanco y azul para que sean fácilmente localizados y reconocidos en el tratamiento de las imágenes obtenidas. Cada uno de los tableros fueron dispuestos en forma de (Y) formado por cuerdas de 100 metros de largo, se colocó un cuadro de triplay en el punto medio y en cada fin de cuerda. Se marcaron puntos GPS en punto medio y lados de cada punto de control como se muestra en la figura 25:

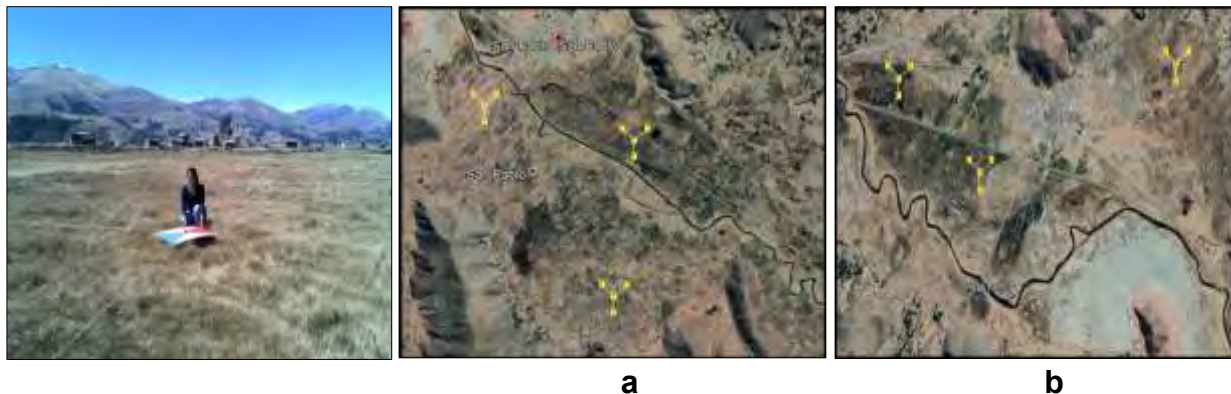


Figura 25: Puntos de control en tierra en el distrito de San Pablo(a) y San Pedro (b).

Fuente: Elaboración propia (2019).

- **Configuración y revisión de equipos y accesorios.**

- ✓ **Inspección del dron.** - Antes de despegar el dron, se examinó el funcionamiento correcto de cámaras, monturas, baterías y que las hélices estén firmemente unidas al dron, tal como se muestra en la figura 26.



Figura 26: Inspección de dron antes del despegue.

Fuente: Elaboración propia (2019).

- ✓ **Revisión de la tarjeta de memoria.** - En cada misión de vuelo se verificó que la memoria este correctamente puesta en la cámara. Se utilizó una tarjeta de memoria de capacidad de 128 GB SanDisk.
- ✓ **Revisión del voltaje de las baterías.** - Para cumplir con el objetivo de cada plan de vuelo, se cargó las baterías al máximo.

Una vez realizada la inspección del dron en campo, se hicieron las adecuaciones necesarias para iniciar la misión de vuelo, empezando por la calibración de la brújula del dron.

- **Calibración de la brújula del dron:**

- ✓ Se retiró el cardan de la cámara.
- ✓ Se encendió el control y se conectó el dispositivo móvil.
- ✓ Se encendió el dron con batería puesta.
- ✓ Se configuró en el programa del dron para iniciar la calibración.

- ✓ Posteriormente a la indicación del programa, se hizo giros al dron en su propio eje horizontal, luego de forma vertical y fue completa la calibración, lo cual permite tener mejor posicionamiento del dron en la tierra, tal como se muestra en la figura 27.



Figura 27: Calibración de dron.

Fuente: Elaboración propia (2019).

Antes de realizar el vuelo, se realizó pruebas para verificar que los sistemas de comunicación entre el dron, dispositivo móvil y control remoto funcionen correctamente, para lo cual se ejecutó maniobras en tierra (mover hélices y disparar cámara). Una vez verificado todo el sistema se inicia el despegue con la misión de vuelo, tal como se muestra en la figura 28.



Figura 28: Despegue del dron con misión de vuelo.

Fuente: Elaboración propia (2019).

- **Pre - procesamiento de las imágenes.**

Las imágenes tomadas durante los vuelos fueron trasladadas desde la memoria puesta en el dron a una computadora. Los archivos generados por la cámara RGB fueron usados tal cual. Antes del análisis de las imágenes para generar los mapas, se procesó el mosaico en el software PIX4D. Dicho proceso consistió en combinar y dar coordenadas a todas las imágenes tomadas en vuelo; para la correcta referenciación fueron utilizados los puntos de control tomados con GPS, finalmente obtuvimos una única imagen por plan de vuelo denominada Ortofoto que muestra el campo de interés en su totalidad.

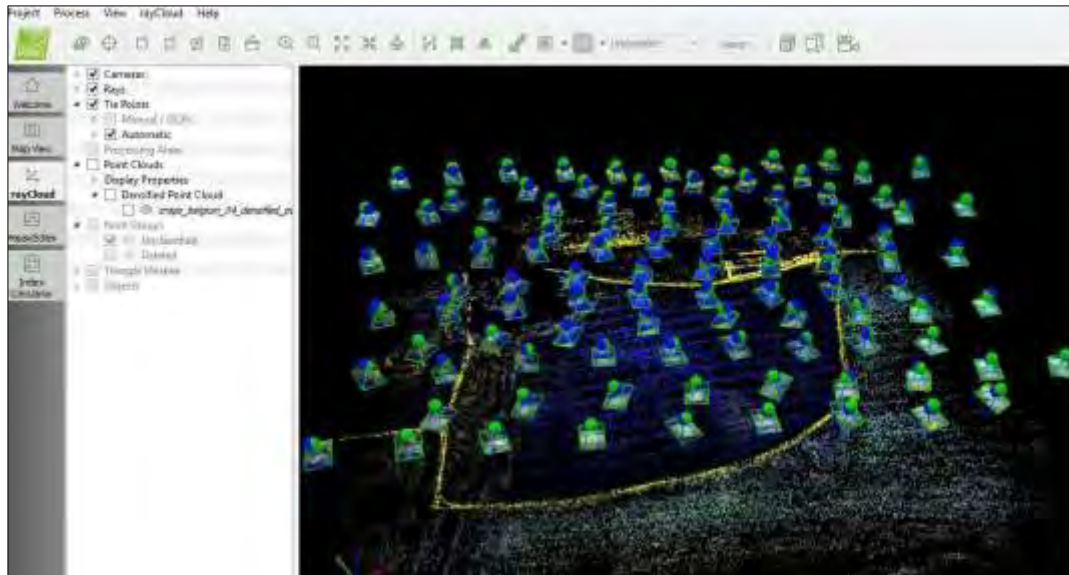


Figura 29: Procesamiento de imágenes en PIX4D.

Fuente: Programa Pix4D (2019).

- **Procesamiento de imágenes**

Al igual que el procesamiento de clasificación supervisada de las imágenes satelitales también fueron procesadas las imágenes raster u ortoimágenes obtenidos con el dron en el programa ArcGis 10.6.

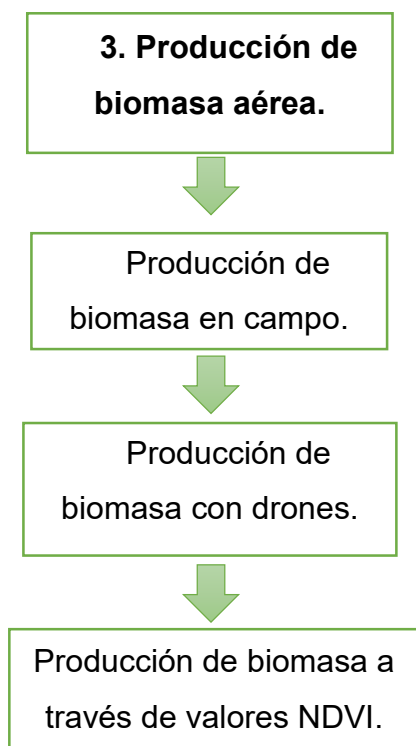


Figura 29: Resumen metodológico del objetivo producción de biomasa.

Fuente: Elaboración propia (2019).

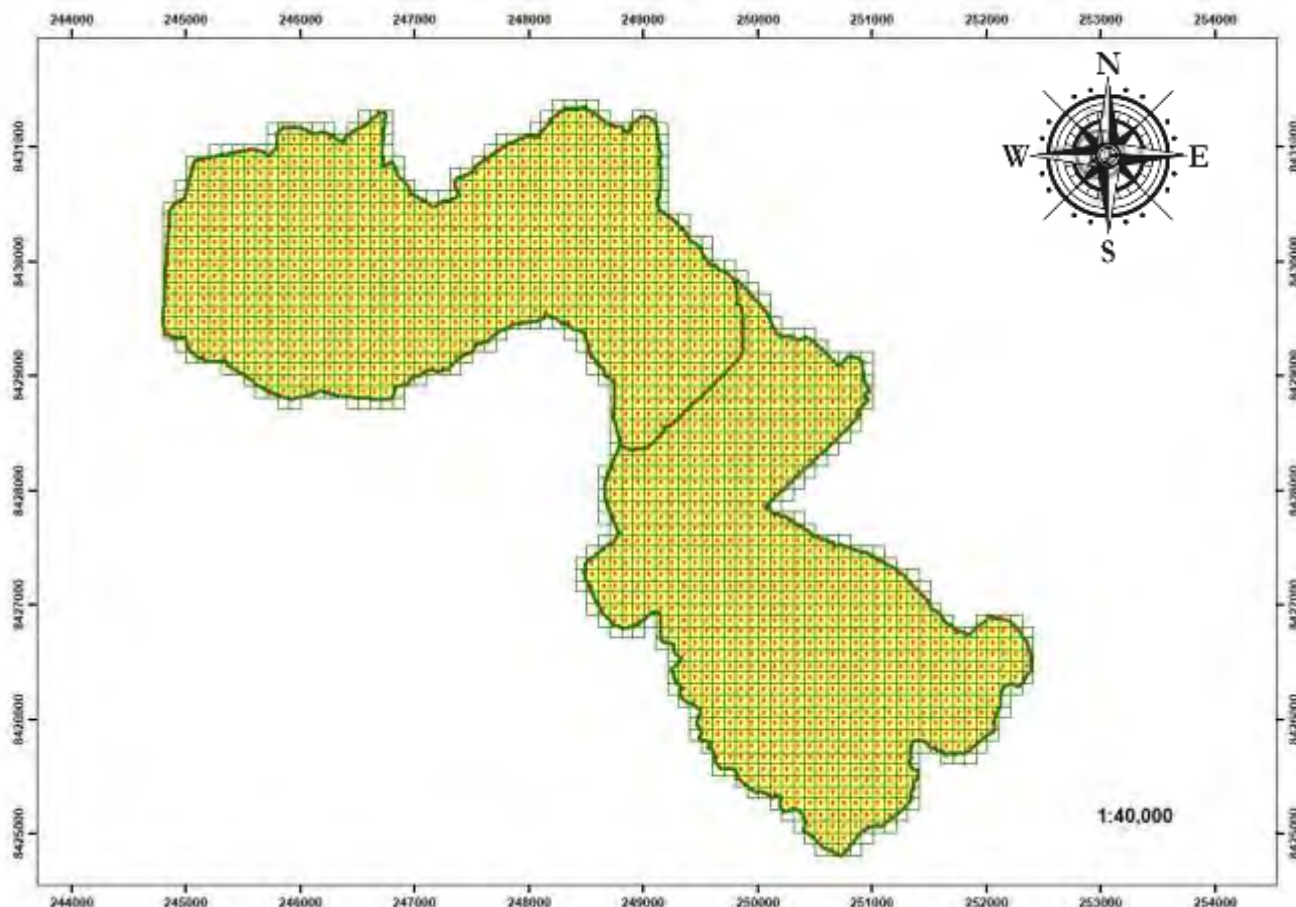
3.3.3 Producción de biomasa aérea.

3.3.3.1 Producción de biomasa en campo.

El método que se eligió para realizar la determinación de biomasa aérea herbácea fue la metodología de cosecha destructiva. Los pasos que se siguieron para determinar la biomasa aérea en los dos distritos fueron los siguientes:

a) Mapa base de la zona de estudio:

Antes de realizar el muestreo en campo, se diseñó un mapa base que sirvió como referencia para la elección de los sitios de recojo de muestra en campo, se insertó una grilla de 200 m de distancia entre cuadros, todo este diseño fue hecha en el programa ArcGis 10.6 tal como se muestra en el mapa 1.



Mapa 1: Mapa base dividida en cuadrantes del distrito de San Pablo y San Pedro.

Una vez insertadas las grillas, cada cuadro dentro del mapa de la zona de estudio fue enumerado.

c) Muestreo sistemático de cuadrantes:

Para determinar los sitios de muestreo, se hizo una elección aleatoria de los cuadrantes, en el mapa, previamente enumerada. El mapa fue geo referenciado lo cual permitió tener los puntos GPS de cada cuadrante.

d) Muestreo en campo:

El proceso de muestreo se realizó en el mes de Julio ,como ya se tenía los puntos GPS de cada cuadrante por distrito se procedió a la toma de muestra en la zona de estudio en los humedales de los dos distritos y se tenía que buscar el punto aproximado del

cuadrante con la ayuda de un GPS, una vez encontrado el punto GPS del cuadrante se extendió una cuerda de 100 metros cuadrados con la ayuda de cuatro estacas dispuestas en las esquinas, entre cuadrante y cuadrante de cuerda se dispuso una distancia de 200 metros, tal como se muestra en la figura 31.



Figura 31: Muestreo en campo.

Fuente: Elaboración propia (2019).

El corte de muestra se hizo en una esquina y punto medio de la cuerda, se puso un cuadrante metálico de 50 x 50 cm y se hizo el corte respectivo de la vegetación que contenía el cuadrante con la ayuda de una segadera, dentro del cuadrante metálico el corte fue a 5 cm de altura de la base del suelo, tal como se muestra en la figura 32. En la ubicación de cada cuadrante se guardó los puntos GPS.



Figura 32: Corte de muestra.

Fuente: Elaboración propia (2019).

Cada muestra de vegetación fresca obtenida por cuadrante fue registrada en peso con una balanza digital, luego almacenadas en una bolsa de plástico y rotuladas para su posterior análisis en laboratorio, tal como se muestra en la figura 33.



Figura 33: Muestreo con cuadrante de metal.

Fuente: Elaboración propia (2019).

e) Determinación de materias seca:

Se procesaron un total de 542 muestras de pastos, 336 muestras del distrito de San Pablo y 206 muestras del distrito de San Pedro.

Antes de la evaluación de la materia seca en laboratorio, las muestras en base fresca fueron oreadas en estantes en un área seca y con sombra durante un periodo de tiempo de 30 días.

En el laboratorio se pesaron las muestras recolectadas utilizando una balanza de precisión de 0,01 gr previamente calibrada.

Cada muestra fue colocada en una bolsa de papel rotulado e introducida a la estufa de secado Binder GmbH a una temperatura de 105 °C, por un periodo de tiempo de 24 horas, tal como se muestra en la figura 34.

La fórmula utilizada para el cálculo de materia seca de las muestras fue:

$$\text{MS} = \text{Pv} - \text{Ps} \quad \text{..... (Fórmula 6)}$$

MS: Materia Seca.

Pv: Peso verde fresco (peso de campo).

Ps: Peso seco (salida del horno).



Figura 34: Procesamiento de muestras en laboratorio.

Fuente: Elaboración propia (2019).

3.3.3.2 Producción de biomasa a través de valores NDVI:

La estimación de biomasa a partir de NDVI se basó generalmente en la correlación de los valores de los distintos valores de NDVI con información generada por medio de trabajo de campo. Mediante el uso de este método, se determinaron rangos de predicción de biomasa basados en su relación con los índices de vegetación NDVI. Estos rangos se calcularon utilizando como unidad de medida (kg/Ha).

La estimación se realizó únicamente con fines indicativos. La metodología utilizada en este proceso es resumida en la figura 35.

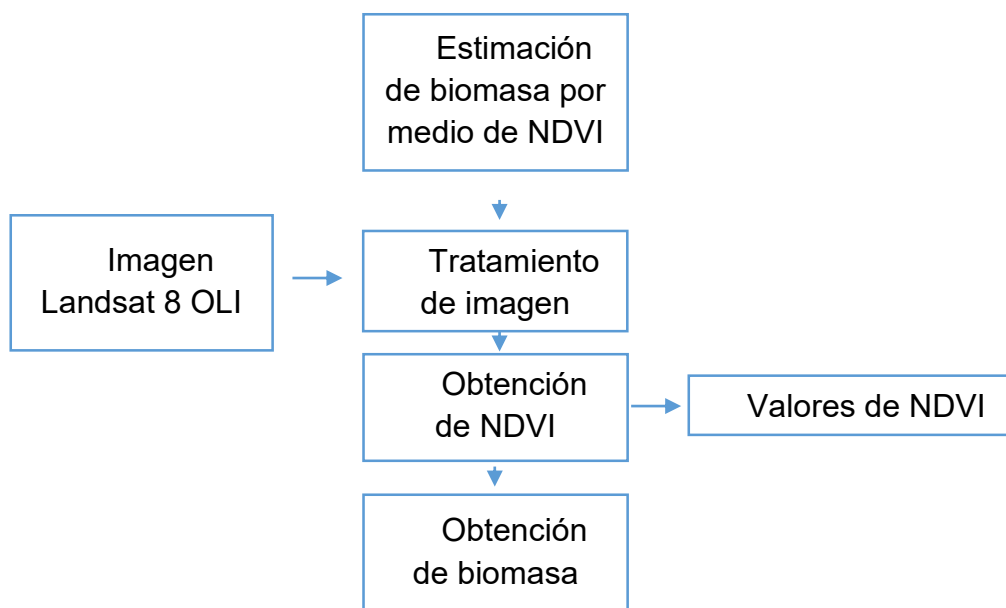


Figura 35: Resumen metodológico de estimación de biomasa con NDVI.

Fuente: Elaboración propia (2019).

Para la estimación de biomasa, a partir de los datos de campo y de las imágenes Landsat, fue empleada el siguiente índice espectral: Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), este índice es derivado de la combinación de las reflectancias captadas en el rango espectral del rojo e infrarrojo cercano; para el caso de la imagen Landsat 8 OLI corresponden a las bandas 4 y 5 respectivamente. El rango de este índice

es de ± 1 , en la cual los valores negativos e inferiores a 1 en la práctica corresponden a superficies de agua o a áreas desprovistas de vegetación como carreteras, áreas urbanas, infraestructuras etc. Mientras más cercano a la unidad sea el índice, más presencia de vegetación vigorosa existirá. El índice se calculó utilizando la siguiente formula:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{R}}{\text{NIR} + \text{R}}$$

Donde:

NIR= Reflectancia corregida atmosféricamente correspondiente al infrarrojo cercano.

R = Reflectancia corregida atmosféricamente correspondiente al rojo.

$$\text{NDVI(Landsat 8 Oli)} = \frac{\text{B5} - \text{B4}}{\text{B5} + \text{B4}}$$

Los valores NDVI fueron hallados utilizando el mismo paquete de datos de imagen Landsat 8 utilizado para la clasificación de uso de suelos. Todo el proceso fue realizado en el software ArcGis 10.6.

Una vez abierto el programa, se cargó los raster de la banda 4 y 5 tal como se muestra en la figura 36.

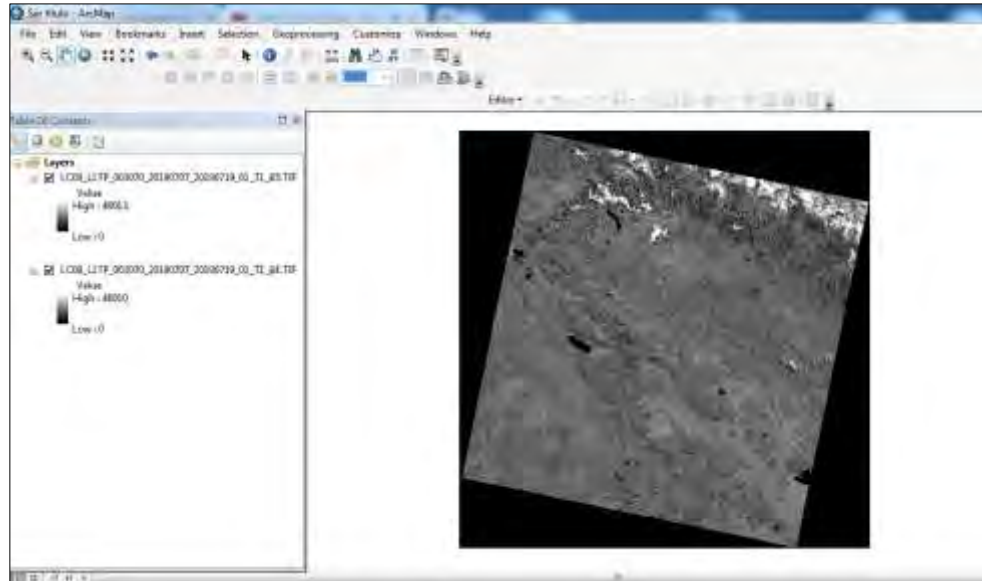


Figura 36: Imágenes Landsat base.

Fuente: Programa ArcGIS 10.6 (2019).

Para el procesamiento del raster, se apertura la herramienta Geoprocessing - ArcToolbox - Spatial Analyst Tools – Map Algebra - Raster calculator y se procedió a introducir la fórmula correspondiente para el cálculo de los valores de NDVI, tal como se muestra en la figura 37.

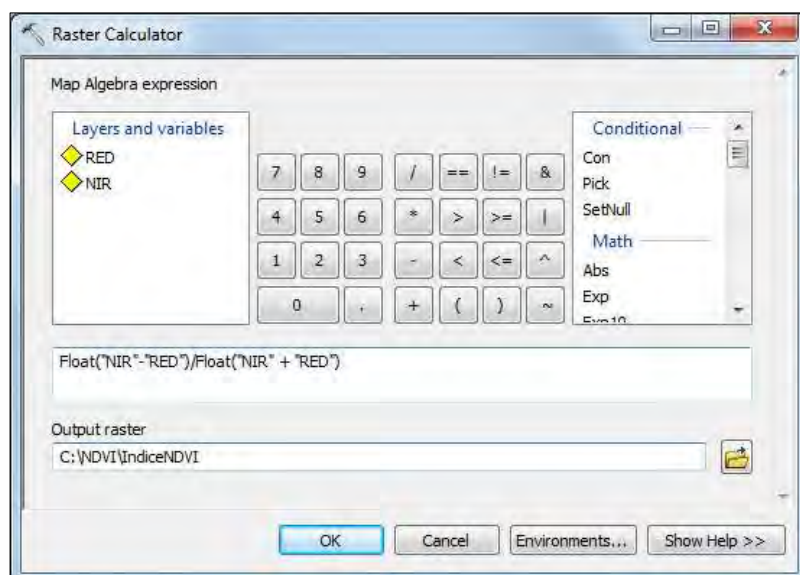


Figura 37: Fórmula de cálculo NDVI.

Fuente: Programa ArcGIS 10.6 (2019).

✓ **Extracción del área de interés:**

Ya obtenido los valores de NDVI, se extrajo el área de interés con la herramienta raster processing, en este caso de los distritos de San Pablo y San Pedro, tal como se muestra en la figura.38.

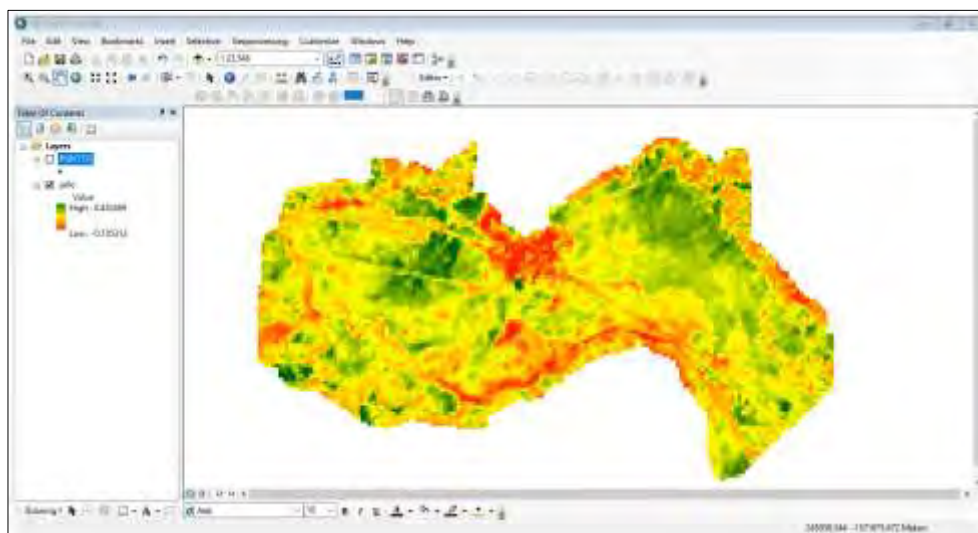


Figura 38: Extracción de área de interés.

Fuente: Programa ArcGIS 10.6 (2019).

✓ **Ubicación de puntos GPS:**

Los puntos GPS fueron cargados en el raster NDVI, los datos de puntos utilizados fueron marcados en campo.

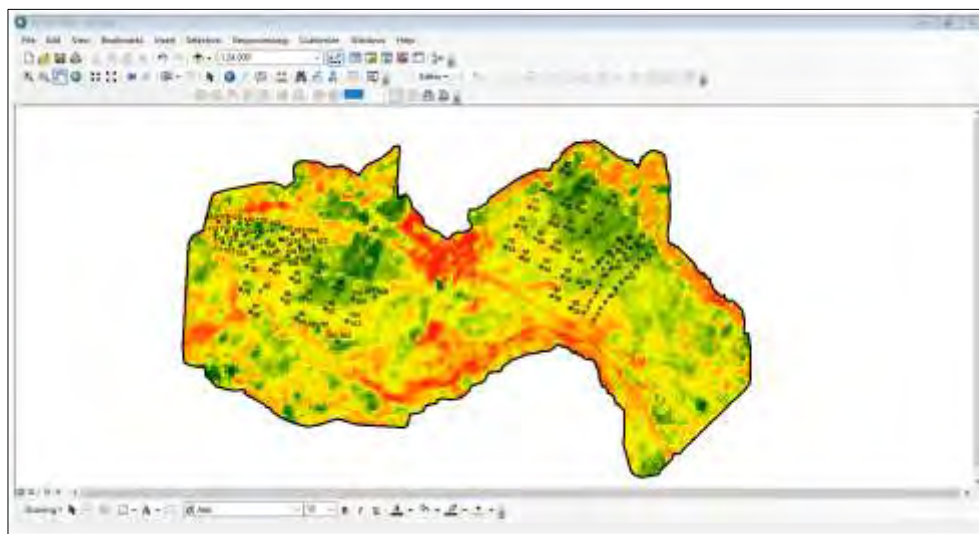


Figura 39: Ubicación de punto GPS.

Fuente: Programa ArcGIS 10.6 (2019).

✓ **Valores NDVI:**

Para cada punto GPS se obtuvo un valor NDVI como se observa en la figura 40.

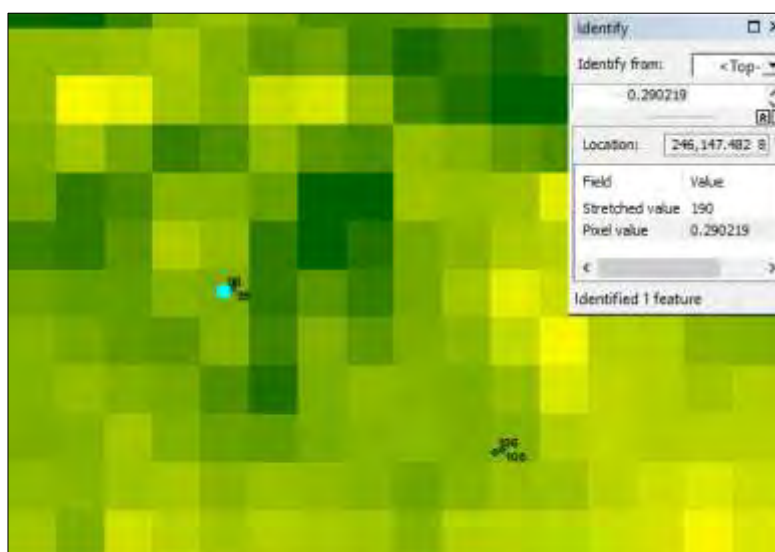


Figura 40: Valores NDVI.

Fuente: Programa ArcGIS 10.6 (2019).

A partir del dato de la medición de biomasa en campo y del valor del índice de vegetación seleccionado, se procedió a realizar un análisis para obtener la ecuación de ajuste del modelo para la estimación de la biomasa. El modelo resultante se aplicó a las escenas Landsat seleccionadas para obtener los valores de biomasa.

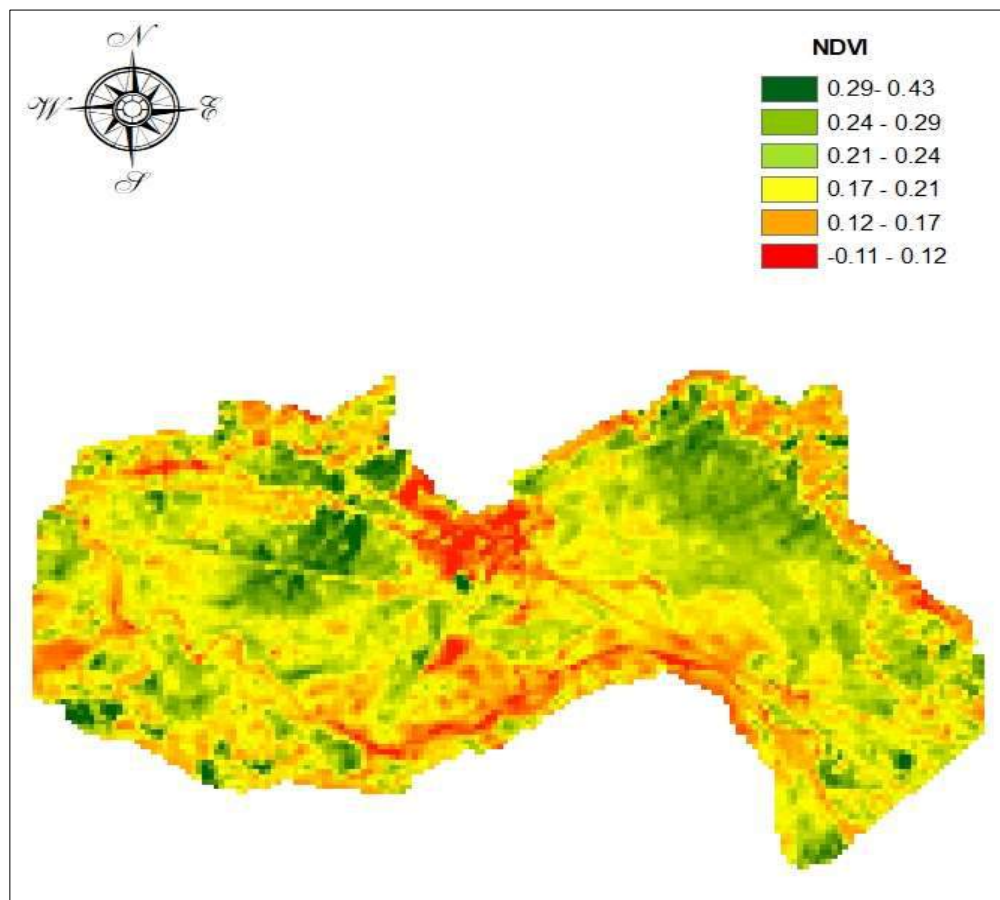


Figura 41: Rango de valores NDVI.

Fuente: Elaboración propia (2019).

En la figura 41 se puede apreciar que las zonas de color rojo corresponden a NDVI negativos y bajos; y las zonas que parten del color verde corresponden a las zonas con más vegetación. El rango calculado de NDVI va de -0.11 en su límite inferior a 0.43 en su límite superior. En este trabajo se utilizaron los valores de NDVI superiores a 0.17.

3.3.3.3 Producción de biomasa con dron:

La producción de biomasa con dron fue calculada en base a datos de campo replicados a tamaño de píxel, que se tomó en las capturas de imágenes con dron; el tamaño de píxel fue de 6.07 cm.

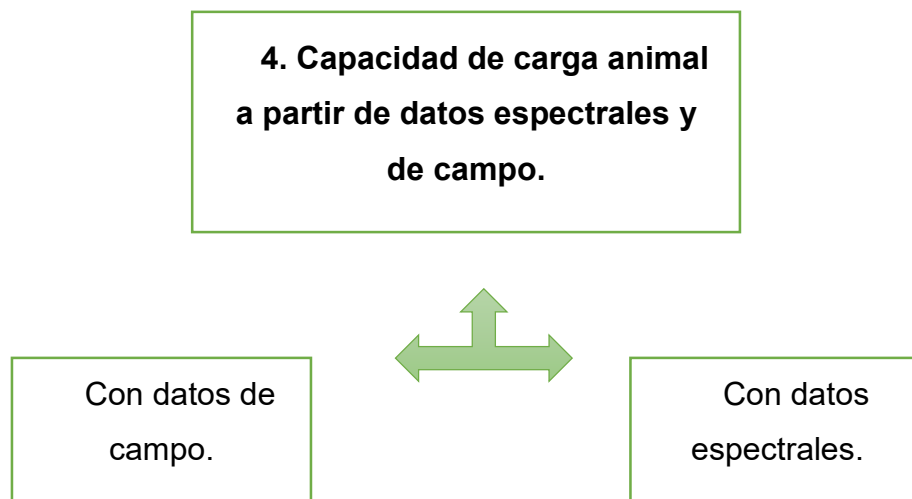


Figura 42: Resumen metodológico del objetivo capacidad de carga animal a partir de datos espectrales y de campo.

Fuente: Elaboración propia (2019).

3.3.4 Capacidad de carga a partir de datos espectrales y de campo

3.3.4.1 Capacidad de carga animal con datos de Campo:

Para determinar la capacidad de carga animal se usaron datos de producción de Kg de biomasa herbácea aérea/ hectárea/ año y el consumo de una unidad animal. Para determinar la capacidad de carga animal en los dos distritos se utilizó la siguiente fórmula:

$$CCA = RP/CAP$$

Donde:

- **CCA** = Capacidad de carga animal.
- **RP** = Rendimiento de pasto por hectárea.
- **CAP** = Consumo de pasto/animal/periodo.

Nota:

- U.A (Vacuno) = Considerada como una vaca adulta (vientre bovino) de 450 kg de peso, en mantenimiento o gestación, que para satisfacer sus necesidades alimenticias y cumplir con su función zootécnica, consume el 3% de materia seca de su peso vivo por día (Vergara & Ortiz, 2010).
- U.A (Ovino) = Considerada como un ovino de 2 años, con 45 kg de peso, no lactando, en condición corporal de 3. (Scarnecchia & Kothmann, 1982).

3.3.4.2 Capacidad de carga animal con datos espectrales:

En este trabajo se estimó la capacidad de carga animal en base a la biomasa presente en el área de estudio en base al tamaño de píxel de las imágenes capturadas por el dron y ecuaciones empíricas que utilizan al peso de biomasa vegetativa recolectada en campo; también se aplicó la misma fórmula utilizada para estimar la capacidad de carga con datos de campo.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Gestión, manejo y uso de los humedales de San Pablo y San Pedro.

4.1.1 Población pecuaria:

En la figura 43 se muestra la población pecuaria del distrito de San Pablo de la especie bovina y ovina para los años 2015, 2016, 2017, 2018 y 2019, en el cual se puede observar que en los últimos 5 años no hubo un aumento o disminución significativo de la población pecuaria, también se puede observar que la especie que predomina en este distrito es el ovino seguido del bovino.

Nota: Los datos mencionados son datos recolectados por encuestadores de la DRAC de todas las comunidades de la zona alta y baja del distrito de San Pablo.

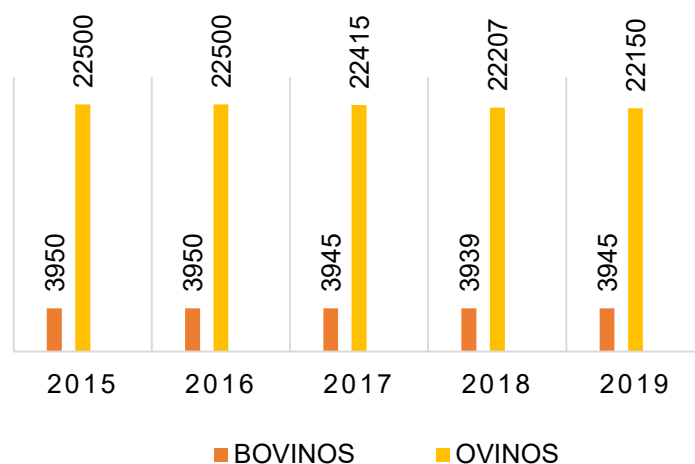


Figura 43: Población pecuaria del distrito de San Pablo.

Fuente: DRAC – 2019.

De igual manera podemos observar que en la figura 44 en el distrito de San Pedro la especie que predomina es el ovino seguido del bovino.

Nota: Los datos mencionados son datos recolectados por encuestadores de la DRAC de todas las comunidades de la zona alta y baja del distrito de San Pedro.

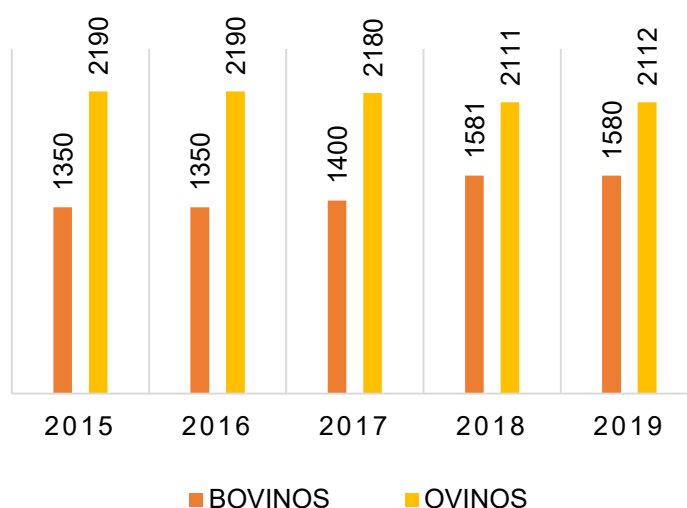


Figura 44: Población pecuaria del distrito de San Pedro.

Fuente: DRAC – 2019.

a) Tenencia de animales.

El promedio de tenencia de unidades animal por familia en el distrito de San Pablo es de 4 bovinos y 1 ovino; para el distrito de San Pedro es de 4 bovinos y 2 ovinos por familia para el año 2019, tal como se muestra en la figura 45.

Nota: Los datos mencionados fueron datos recolectados en las comunidades de la zona baja (donde están ubicados los humedales) de los distritos de San Pablo y San Pedro.

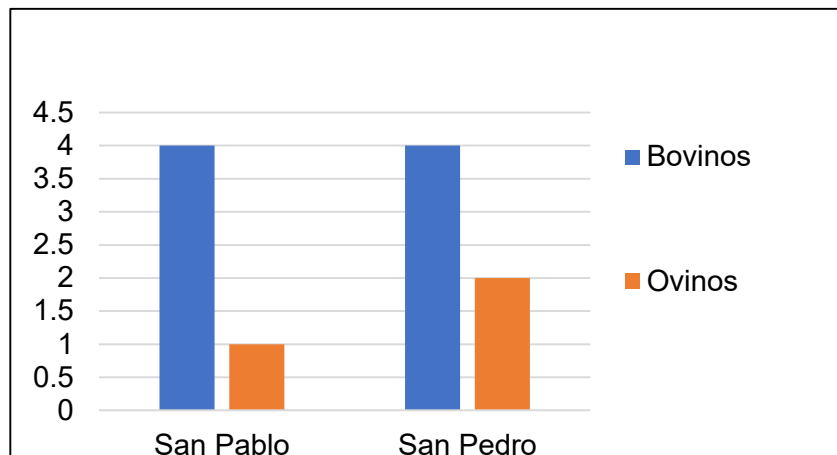


Figura 45: Tenencia de animales por familia en el distrito de San Pablo y San Pedro.

Fuente: Elaboración propia (2019).

b) Sistemas de crianza de ganado bovino.

Básicamente hay tres sistemas de crianza con respecto a la especie bovina en el distrito de San Pablo y San Pedro, como se puede observar en la figura 46, en ambos distritos el sistema que predomina es el sistema mixto seguido del sistema extensivo e intensivo.

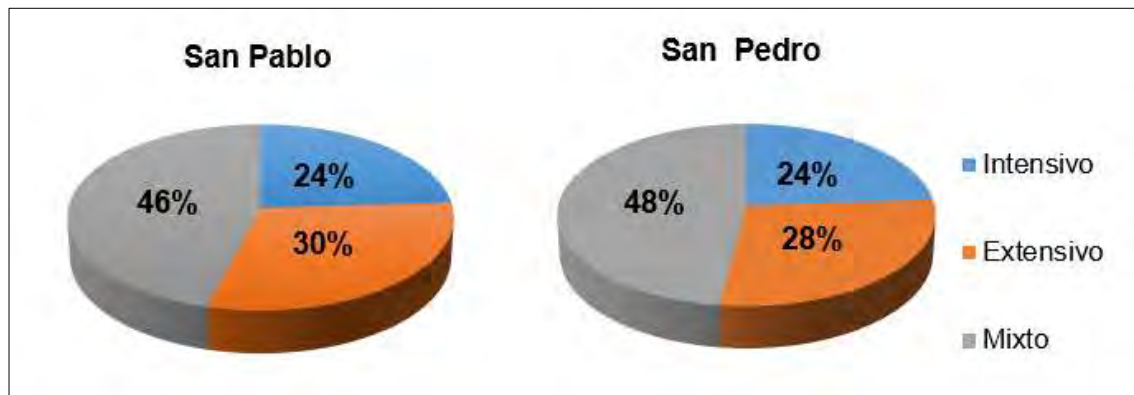


Figura 46: Porcentaje de representación de los sistemas de crianza en el distrito de San Pablo y San Pedro.

Fuente: Elaboración propia (2019).

c) Especialización de las familias en la producción de bovinos.

En el distrito de San Pablo y San Pedro dirigen su crianza de bovino para la producción de carne y leche, La figura 47 nos muestra la representación de especialización por producto y por distrito.

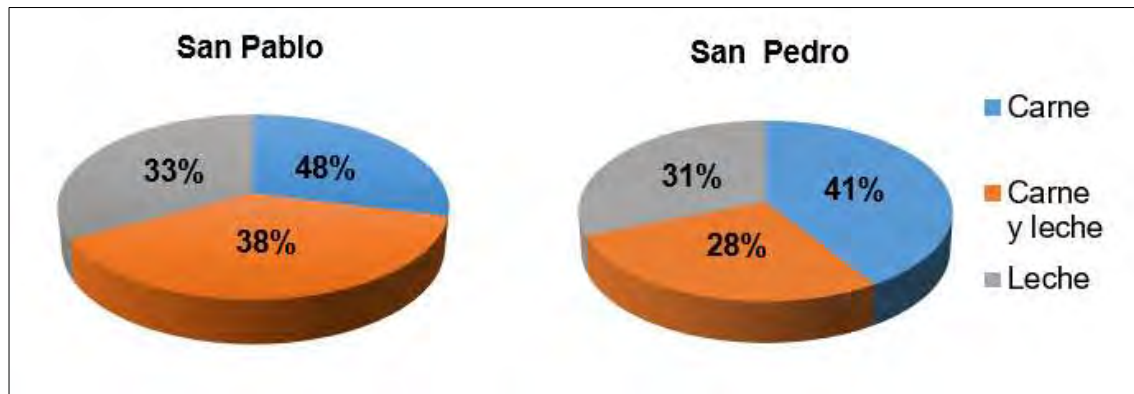


Figura 47: Porcentaje de productos que se obtienen del ganado bovino en los distritos de San Pablo y San Pedro.

Fuente: Elaboración propia (2019).

d) Enfermedades infecciosas y parasitarias presentes.

La figura 48 muestra el porcentaje de representación de las enfermedades infecciosas y parasitarias en ambos distritos en el cual podemos observar que la fasciolosis es la enfermedad que infecta más a los animales; esto se debe a que la mayoría de ellos consumen pastos de los humedales, los cuales tienen alojados al parásito.

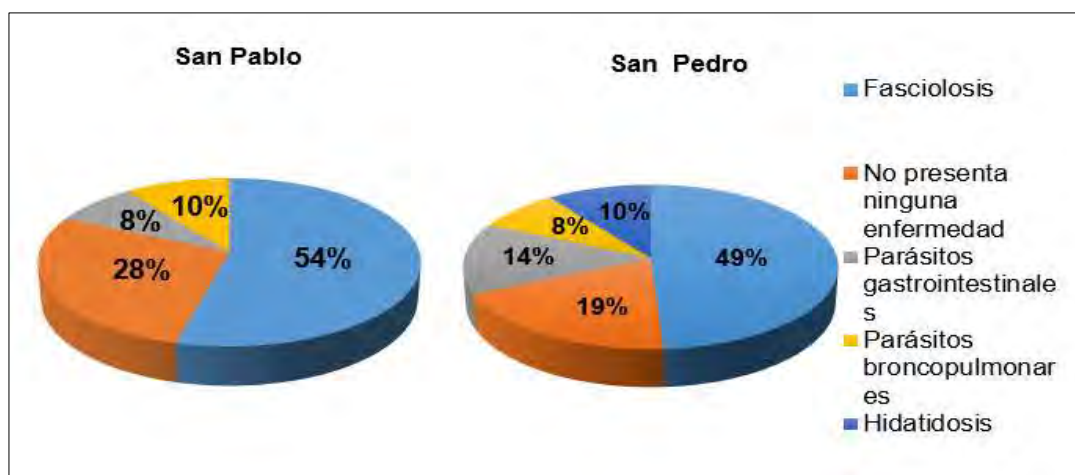


Figura 48: Porcentaje de presencia de enfermedades infecciosas y parasitarias en animales del distrito de San Pablo y San Pedro.

Fuente: Elaboración propia (2019).

4.1.2 Composición Vegetal.

Según la percepción de los pobladores del distrito de San Pablo y San Pedro existen 04 especies de pastos que predominan en el humedal de ambos distritos, las cuales son:

1. Grama (*Distichlis spicata*)
2. Totorá (*Scirpus californicus*)
3. Junco (*Juncus procerus*)
4. Trébol blanco (*Trifolium repens*).

Estos datos son contrastados con la identificación de pastos en campo.



Figura 49: Grama (*Distichlis spicata*).

Fuente: Elaboración propia (2019).



Figura 50: Totorá (*Scirpus californicus*).

Fuente: Elaboración propia (2019).



Figura 51: Junco (*Juncus procerus*).

Fuente: Elaboración propia (2019).



Figura 52: Trébol blanco (*Trifolium repens*).

Fuente: Elaboración propia (2019).

4.1.3 Gestión de riego

a) Organización para el riego.

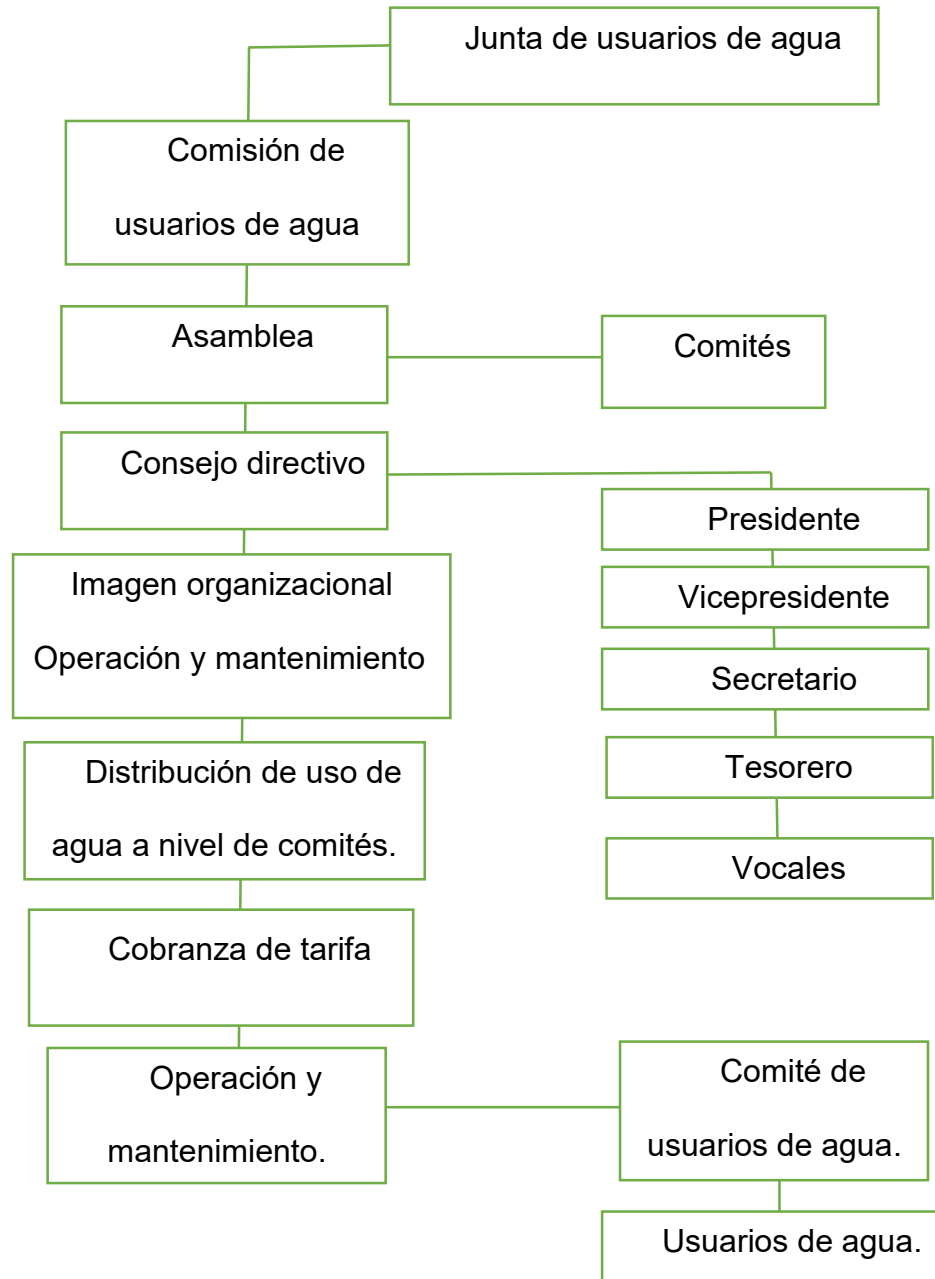


Figura 53: Organigrama de la comisión de usuarios de agua.

Fuente: Comité de usuarios de agua - Sicuani (2019).

b) Fuente de agua para riego.

Las dos fuentes principales que utilizan los pobladores para regar sus cultivos y humedales en época de estiaje son los manantes y ríos, la figura 54 muestra la representación de fuente utilizada para riego por distrito.

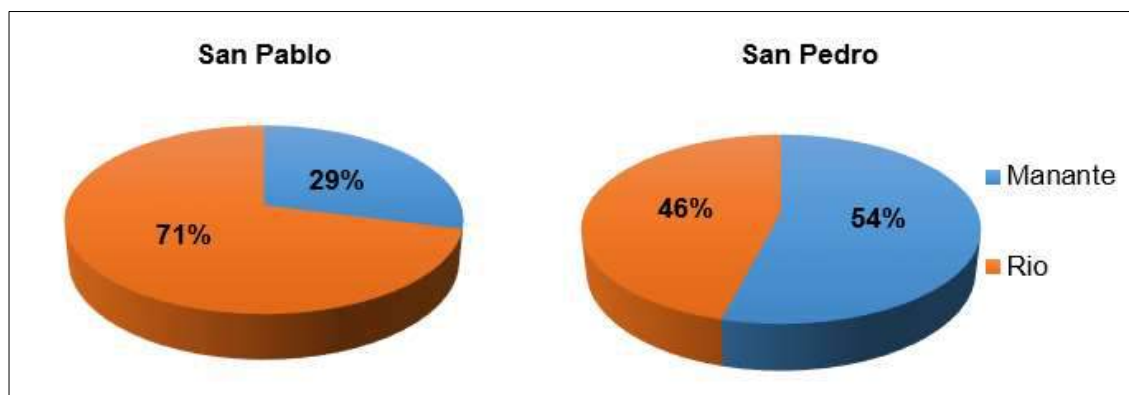


Figura 54: Porcentaje de representación de tipo de fuente de agua para riego en los distritos de San Pablo y San Pedro.

Fuente: Elaborado en base a encuestas aplicadas en campo.

c) Sistema de riego.

Los dos sistemas que son utilizados en el riego de pastos y pastizales son por medio de gravedad y por aspersión, en la figura 55 se puede observar que en ambos distritos el sistema de riego por gravedad es el más utilizado seguido del riego por aspersión.

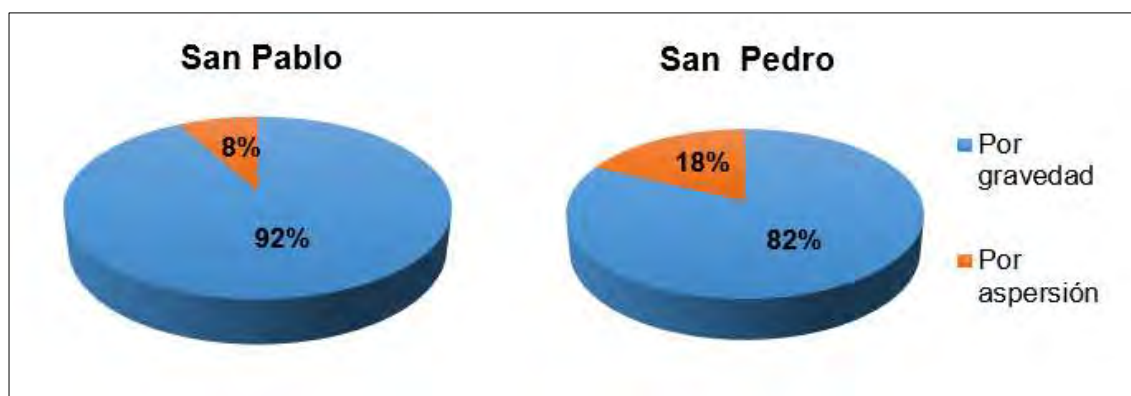


Figura 55: Porcentaje de representación de sistemas de riego en los humedales de los distritos de San Pablo y San Pedro.

Fuente: Elaboración propia (2019).

d) Frecuencia de riego.

La figura 56 nos muestra el intervalo de tiempo que riegan los pobladores en las parcelas de sus humedales.

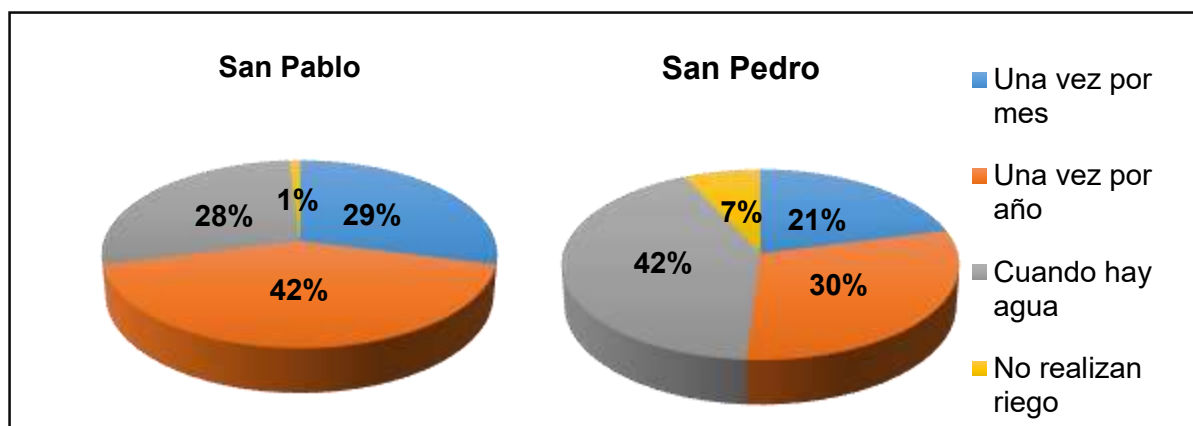


Figura 56: Porcentaje de representación de frecuencia de riego en los humedales de los distritos de San Pablo y San Pedro.

Fuente: Elaboración propia (2019).

4.1.4 Manejo del humedal.

a) Rotación de pastos.

La figura 57 nos muestra que en ambos distritos la mayoría de personas realizan rotación de pastizales, el cual indica que hacen un buen manejo dentro del humedal.

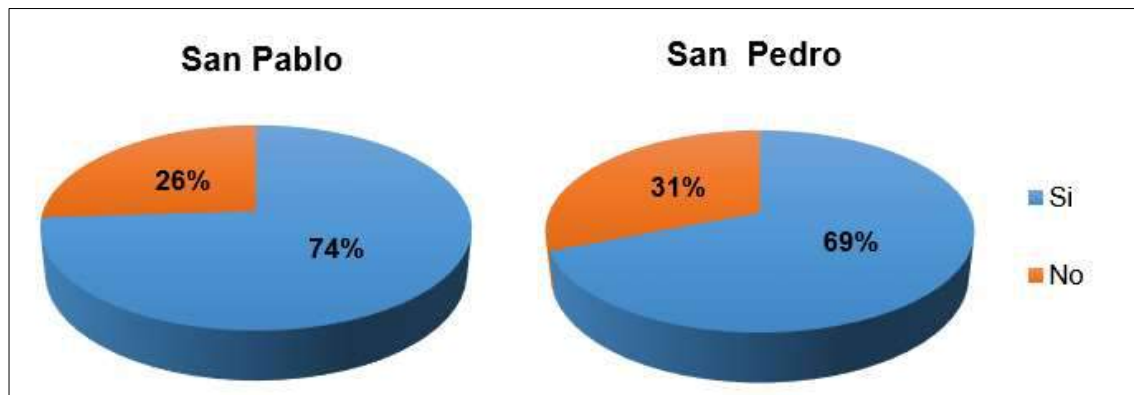


Figura 57: Porcentaje de representación de rotación de pastos en el distrito de San Pablo y San Pedro.

Fuente: Elaboración propia (2019).

b) Sistema de Pastoreo.

En el distrito de San Pablo y San Pedro, los ganaderos pastorean a sus animales mediante distintos sistemas en el humedal entre las cuales destacan cuatro sistemas: Amarrado a una estaca, con cerco eléctrico, suelto y en grupo; en este último sistema, básicamente, los pobladores juntan su ganado sin considerar sexo ni edad del animal, acto que no es controlado, lo cual es perjudicial en el aspecto reproductivo y sanitario. En la figura 58 se puede observar que el sistema de pastoreo que utilizan más en ambos distritos es el de amarrar a su animal a una estaca.

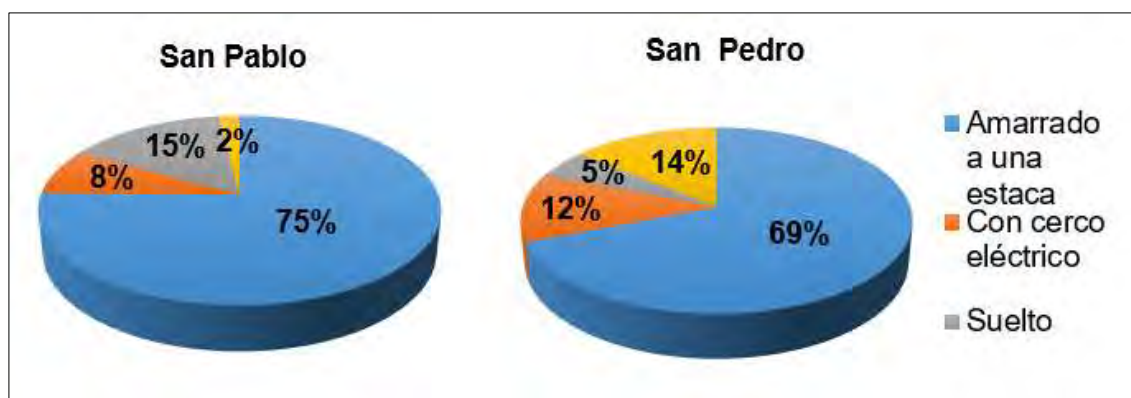


Figura 58: Porcentaje de representación de sistema de pastoreo en el humedal del distrito de San Pablo y San Pedro.

Fuente: Elaboración propia (2019).

c) Frecuencia de corte de pasto.

Los pobladores del distrito de San Pablo y San Pedro realizan cortes de los pastos que existen dentro del humedal con distintas frecuencias, la figura 59 nos muestra el porcentaje de frecuencia de corte de pastos.

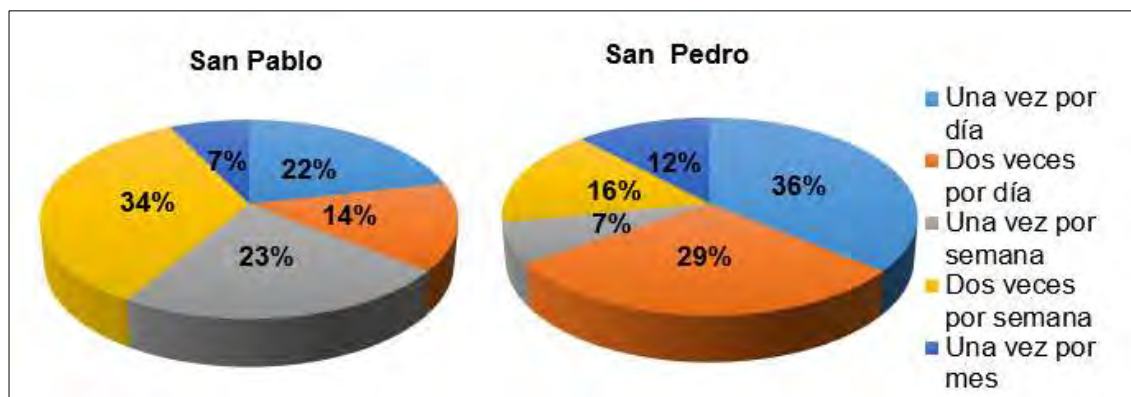


Figura 59: Porcentaje de representación de cortes de pasto en el humedal del distrito de San Pablo y San Pedro.

Fuente: Elaboración propia (2019).

d) Faenas en el humedal.

La figura 60 nos muestra el porcentaje de representación que implica las distintas faenas que realizan los pobladores del distrito de San Pablo y San Pedro en los humedales, se puede observar que en la figura 60 la faena que ejecutan más en el humedal es el mantenimiento y limpieza de canales de riego.

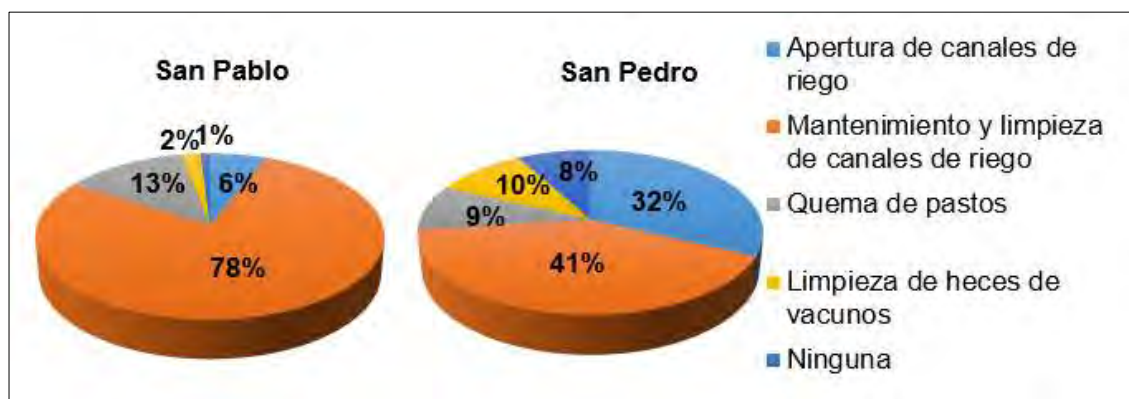


Figura 60: Porcentaje de representación de faenas realizadas en los humedales del distrito de San Pablo y San Pedro.

Fuente: Elaboración propia (2019).

4.1.5 Uso de pastos del humedal.

El uso que le designan las personas al pasto cortado en el humedal del distrito de San Pablo, es básicamente como alimento; la figura 61 nos muestra el porcentaje de representación que implica la designación de los pastos cortados.

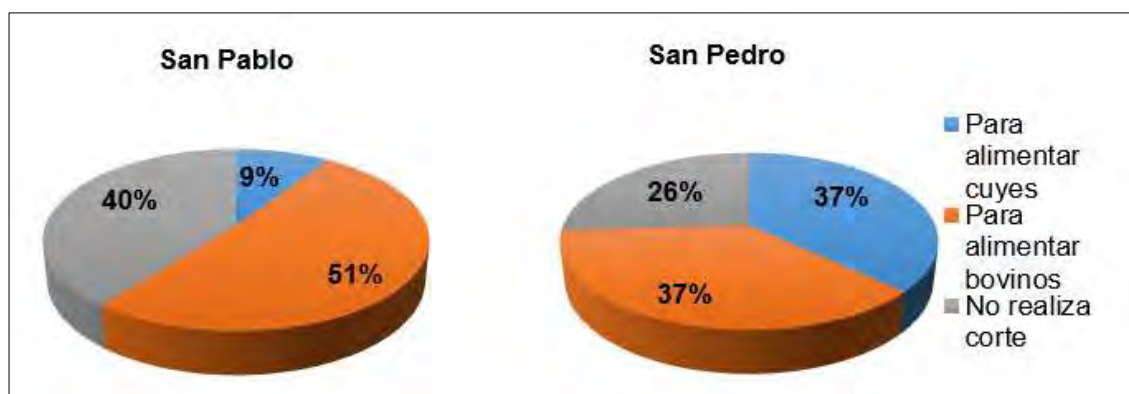


Figura 61: Porcentaje de designación de uso del pasto cortado en el humedal del distrito de San Pablo y San Pedro.

Fuente: Elaboración propia (2019).

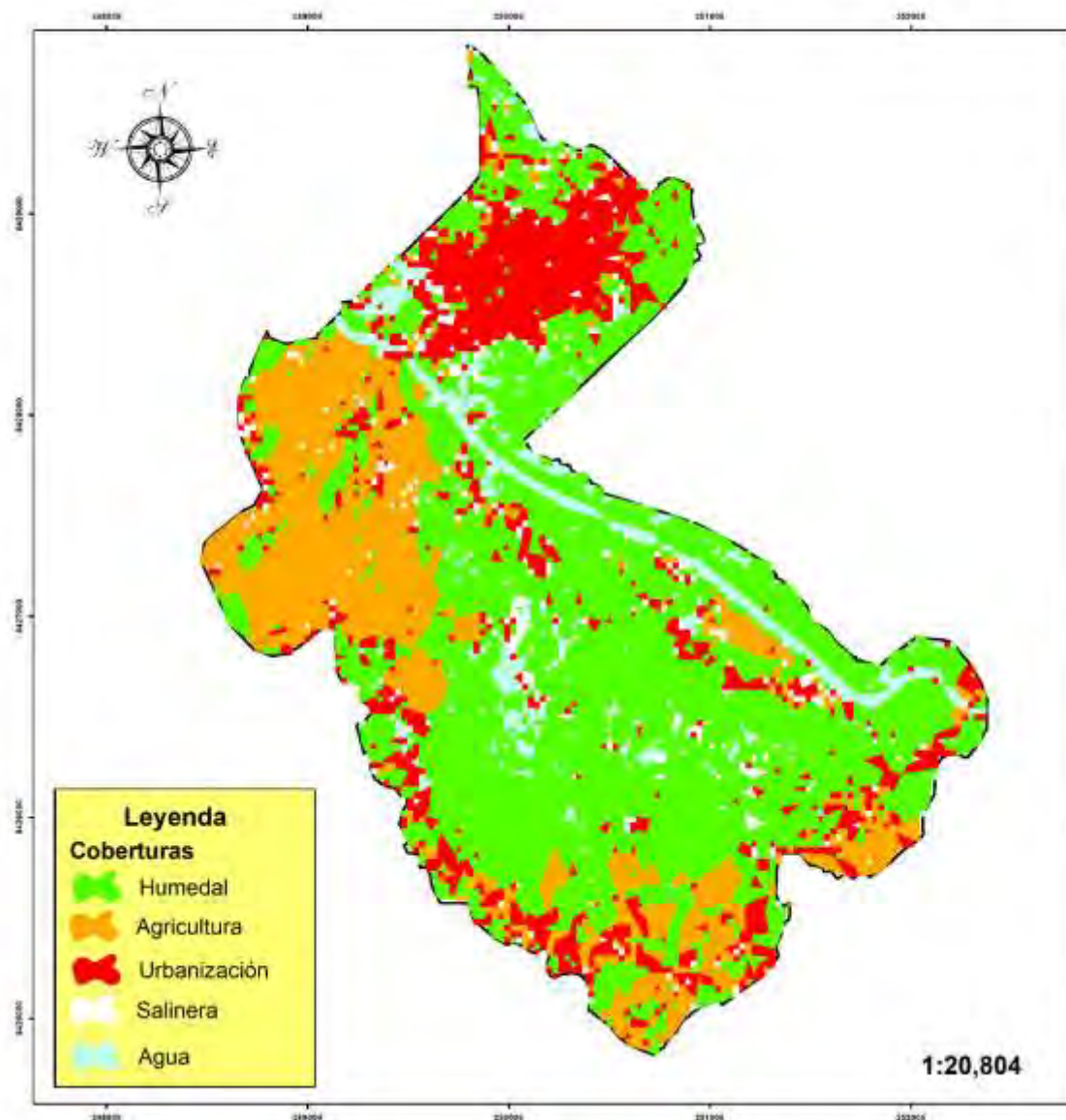
4.2 Uso de suelo.

a) Imágenes Landsat only 8:

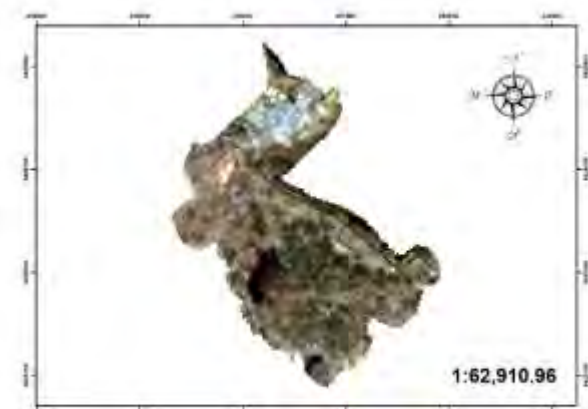
Durante el proceso de clasificación con imágenes Landsat only 8 en el distrito de San Pablo y San Pedro, se identificó cinco clases de uso de suelo: humedal, agricultura, urbanización, salinera y agua.

En el distrito de San Pablo, del total del área de estudio que fue de 867.10 Ha, la clase humedal representa la mayor cantidad de área con 467.41 Ha, seguido de la clase agricultura con 183.62 Ha, la clase urbanización con 138.29 Ha, la clase salinera con 25.76 Ha y la clase agua con 52.02 Ha, tal como se muestra en el mapa 2:

MAPA DE CLASIFICACIÓN DE USO DE SUELO DEL DISTRITO DE SAN PABLO



MAPA BASE DEL DISTRITO DE SAN PABLO



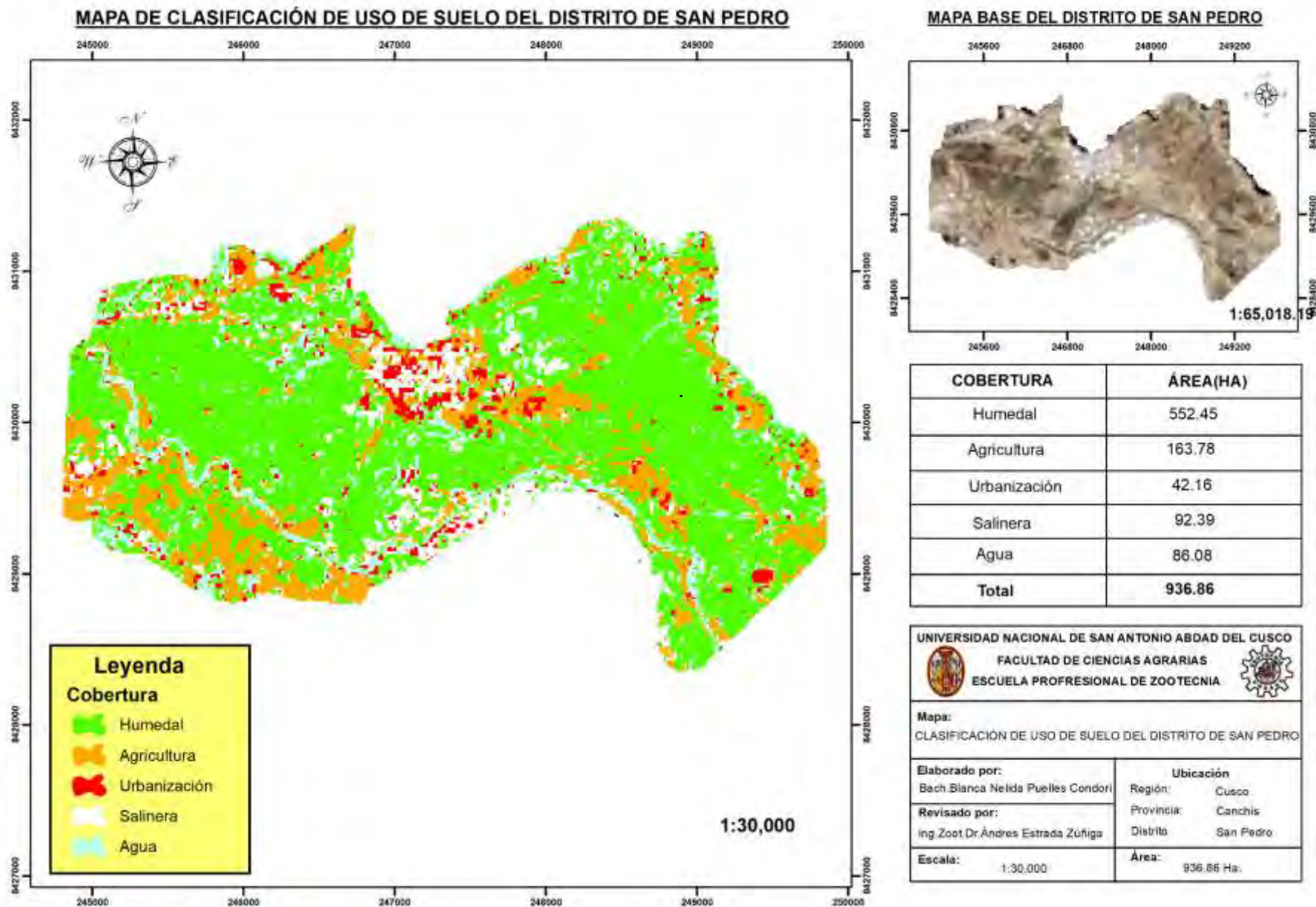
COBERTURA	ÁREA(HA)
Humedal	467.41
Agricultura	183.62
Urbanización	138.29
Salinera	25.76
Agua	52.02
Total	867.10

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABDAD DEL CUSCO FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA	
Mapa: CLASIFICACIÓN DE USO DE SUELO DEL DISTRITO DE SAN PABLO	
Elaborado por: Bach. Blanca Nelida Puelles Condori	Ubicación Región: Cusco
Revisado por: Ing. Zoot. Dr. Andrés Estrada Zúñiga	Provincia: Canchis
Escala: 1:20,804	Distrito: San Pablo
	Área: 867.10 Ha.

Mapa 2: Clasificación de uso de suelo del distrito de San Pablo con imágenes Landsat.

Fuente: Elaboración propia (2019).

El Mapa 3 muestra que, en el distrito de San Pedro del total del área de estudio que fue de 936.86 Ha, la clase humedal tiene un área de representación de 552.45 Ha, la clase agricultura 163.78, urbanización 42.16 Ha, la clase salinera 92.39 Ha y la clase agua 86.08 Ha.



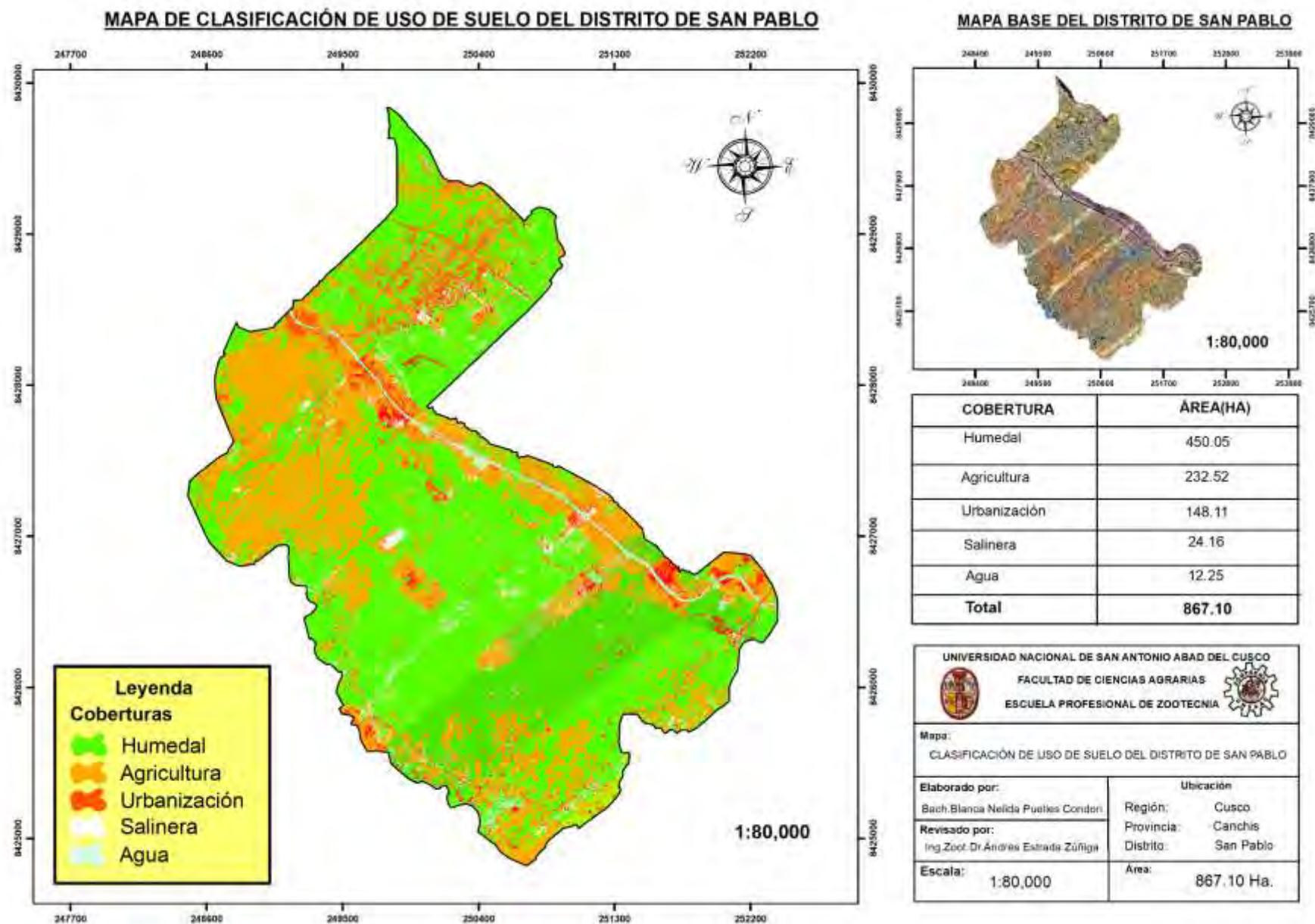
Mapa 3: Clasificación de uso de suelo del distrito de San Pedro con imágenes Landsat.

Fuente: Elaboración propia (2019)

Se puede observar que en ambos distritos, la mayor representación en cuanto a área es la clase humedal seguido de la agricultura, lo cual indica que son zonas netamente ganadera y agrícola.

b) Con drones:

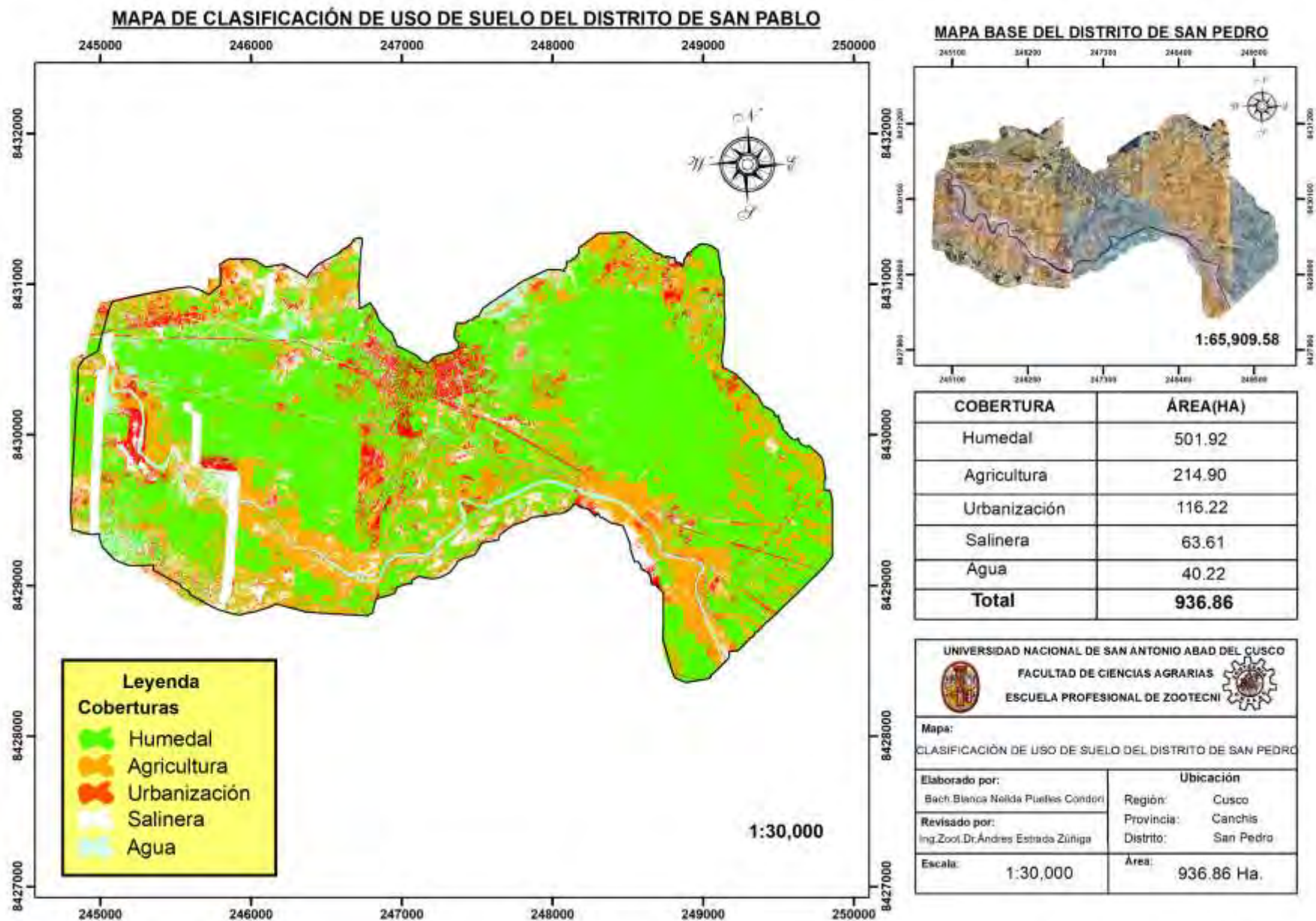
En el distrito de San Pablo, del total de área estudiada que fue de 867.10 Ha, se identificó 450 Ha de Humedal, 232.52 Ha de Agricultura, 148.11 Ha de Urbanización, 24.16 Ha. de Salinera y 12.25 Ha de Agua, tal como se muestra en el mapa 4.



Mapa 4: Clasificación de uso de suelo del distrito de San Pablo con imágenes capturadas por dron.

Fuente: Elaboración propia (2019).

En el distrito de San Pedro, del total de área estudiada que fue de 936.86 Ha, se identificó 501.92 Ha de Humedal, 214.90 Ha de Agricultura, 116.22 Ha de Urbanización, 63.61 Ha. de Salinera y 40.22 Ha de Agua, tal como se muestra en el mapa 5.



Mapa 5: Clasificación de uso de suelo del distrito de San Pedro con imágenes capturadas por dron.

Fuente: Elaboración propia (2019).

Se puede observar que, en ambos distritos, al igual que la clasificación con imágenes Landsat, la clase humedal seguida de la agricultura, son las que más representación tienen.

4.3 Producción de biomasa aérea.

4.3.1 Datos de campo.

En el distrito de San Pablo, la producción de biomasa herbácea aérea, en términos de materia fresca, fue de 2820.46 kg por hectárea y en términos de materia seca fue de 2359.46 kg por hectárea. En el distrito de San Pedro la producción de biomasa herbácea aérea en términos de materia fresca, fue de 3318.60 kg por hectárea y en términos de materia seca, fue de 2885.78 kg por hectárea; en el gráfico se puede observar que la diferencia de la producción de pastos en ambos distritos no es tan significativa, ya que ambos humedales se encuentran juntos, por lo tanto, comparten un mismo ecosistema.

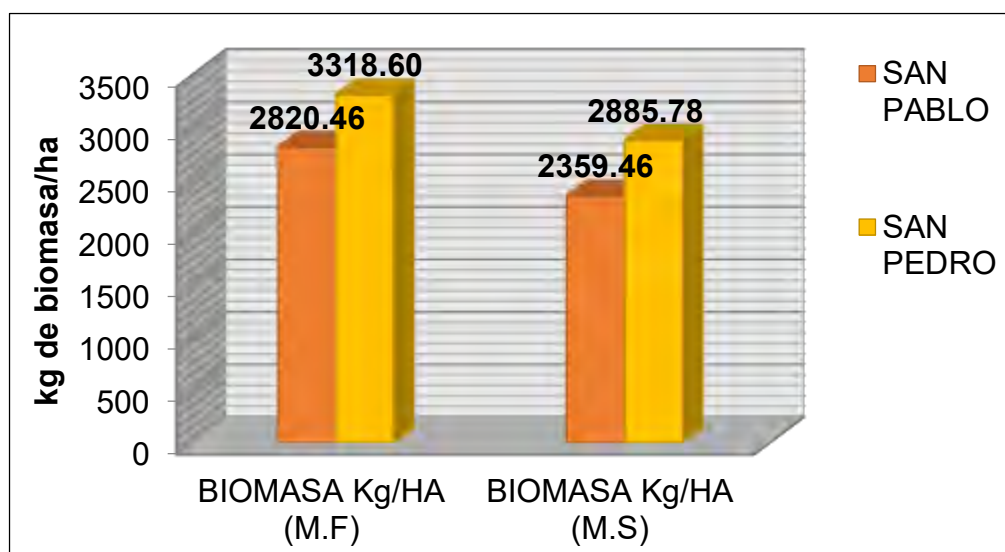


Figura 62: Producción de biomasa aérea en los distritos de San Pablo y San Pedro.

Fuente: Elaboración propia (2019).

4.3.2 Drones.

La producción de biomasa considerando datos de campo y tamaño de píxel para el distrito de San Pablo fue de 2321.71 Kg de MS/Ha/año y para el distrito de San Pedro fue de 3048.72 Kg de MS/Ha/año tal como se muestra en la figura 63.

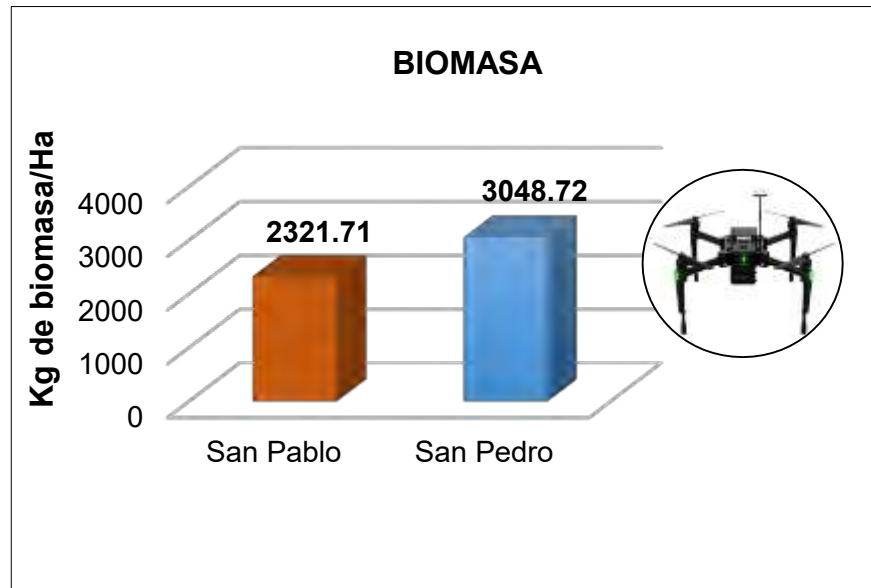


Figura 63: Producción de biomasa en base a datos de dron.

Fuente: Elaboración propia (2019).

4.3.3 NDVI.

En el distrito de San Pablo, la biomasa obtenida para la predicción 1 con valores de NDVI que van entre los rangos 0.12 a 0.22 fue de 1152.55 kg de MS/Ha/año, zona que representa el 9 % de área total del humedal; esta zona contrastada in situ representa los humedales desprovistas de vegetación, con poca vegetación y/o mantillo; para la predicción 2 con valores NDVI entre 0.23 a 0.32, que representa el 91% del área total del humedal, se calculó 2209.05 kg de MS/Ha/año, el cual representa la zona de humedal con vegetación vigorosa; en promedio para el distrito de San Pablo se calculó

1680.80kg/Ha/año de biomasa con valor promedio de NDVI de 0.24 , tal como se muestra en la tabla 6.

Predicciones	Rangos NDVI		kg/Ha	% de representación
PRE 1	0.12	0.22	1152.55	9
PRE 2	0.23	0.32	2209.05	91
Promedio	0.24		1680.80	100

Tabla 6: Valores de estimación de biomasa del distrito de San Pablo.

Fuente: Elaboración propia (2019).

En el distrito de San Pedro, la biomasa obtenida para la predicción 1 con valores de NDVI que van entre los rangos de 0.18 a 0.27 zona que representa el 75 % de área total del humedal fue de 2201.00 kg/Ha/año; esta zona contrastada in situ representa los humedales desprovistas de vegetación, con poca vegetación y/o mantillo; para la predicción 2 con valores NDVI entre 0.28 a 0.36 que representa el 25% del área total del humedal, se calculó 3414.00 kg/Ha/año, el cual representa la zona de humedal con vegetación vigorosa; en promedio para el distrito de San Pablo, se calculó 2807.00 kg/Ha/año de biomasa con valor promedio de NDVI de 0.25, tal como se muestra en la tabla 7.

Predicciones	Rangos NDVI		kg/Ha	% de representación
PRE1	0.18	0.27	2201.00	75
PRE2	0.28	0.36	3414.00	25
Promedio	0.25		2807.00	100

Tabla 7: Valores de estimación de biomasa del distrito de San Pedro.

Fuente: Elaboración propia (2019).

4.4 Capacidad de carga animal a partir de datos espectrales y de campo.

4.4.1 Datos de campo.

La capacidad de carga animal anual para el distrito de San Pablo, en base a datos recolectados en campo, fue de 0.48 U.V/Ha y 4.79 U.O/Ha y para el distrito de San Pedro fue de 0.59 U.V/Ha y 5.86 U.O/Ha , tal como se muestra en la figura 64.

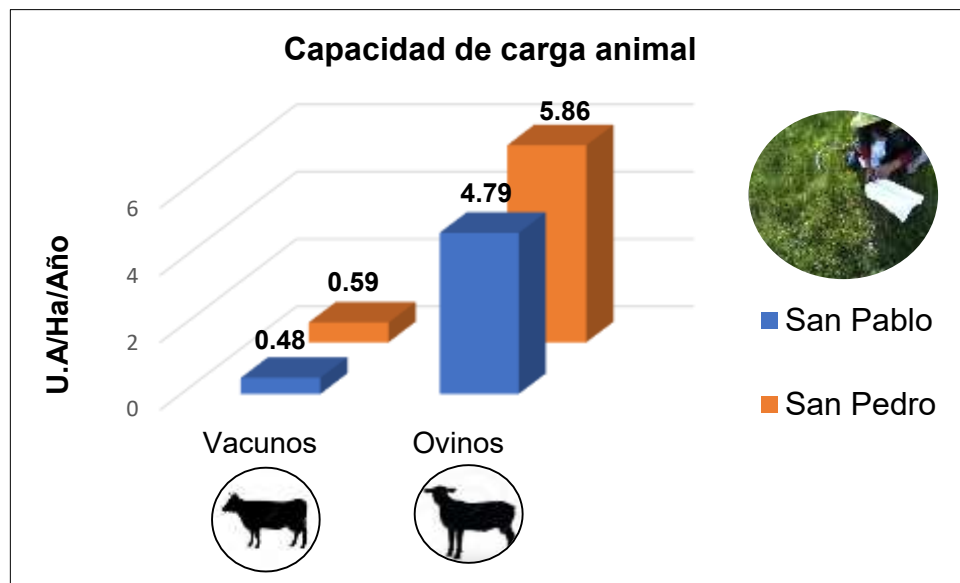


Figura 64: Capacidad de carga animal con datos campo.

Fuente: Elaboración propia (2019).

4.4.2 Datos espectrales.

4.4.2.1 Datos de Dron.

La capacidad de carga animal anual para el distrito de San Pablo, en base a ortofotografía adquirida con dron, fue de 0.47 U.V/Ha y 4.71 U.O/Ha y para el distrito de San Pedro fue de 0.62 U.V/Ha y 6.19 U.O/Ha tal como se muestra en la figura 65.

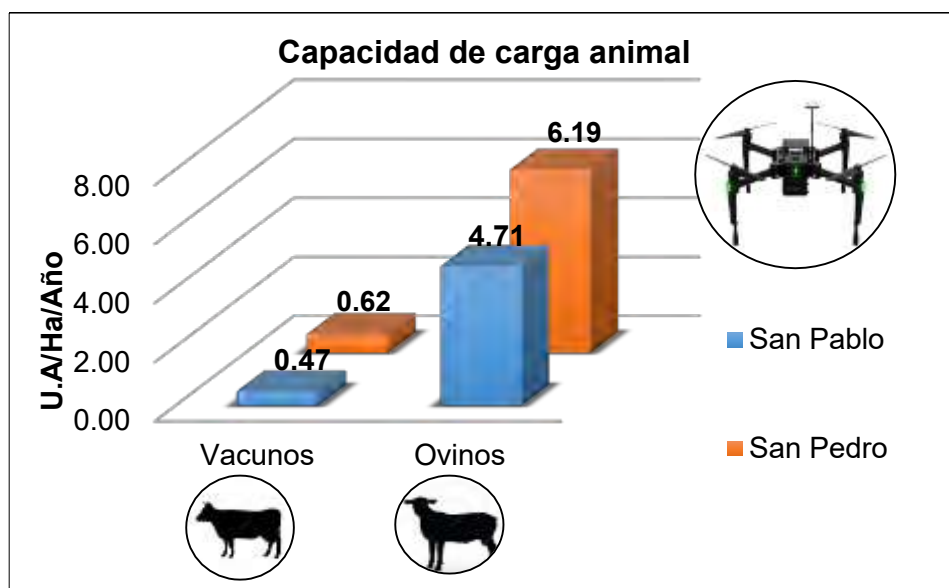


Figura 65: Capacidad de carga animal en base a datos de dron.

Fuente: Elaboración propia (2019).

4.4.2.2 Datos de valores NDVI.

La capacidad de carga animal anual para el distrito de San Pablo, en base a datos promedio de predicción de valores NDVI, fue de 0.34 U.V/Ha y 3.41 U.O/Ha y para el distrito de San Pedro fue de 0.57 U.V/Ha y 5.70 U.O/Ha, tal como se muestra en la figura 66.

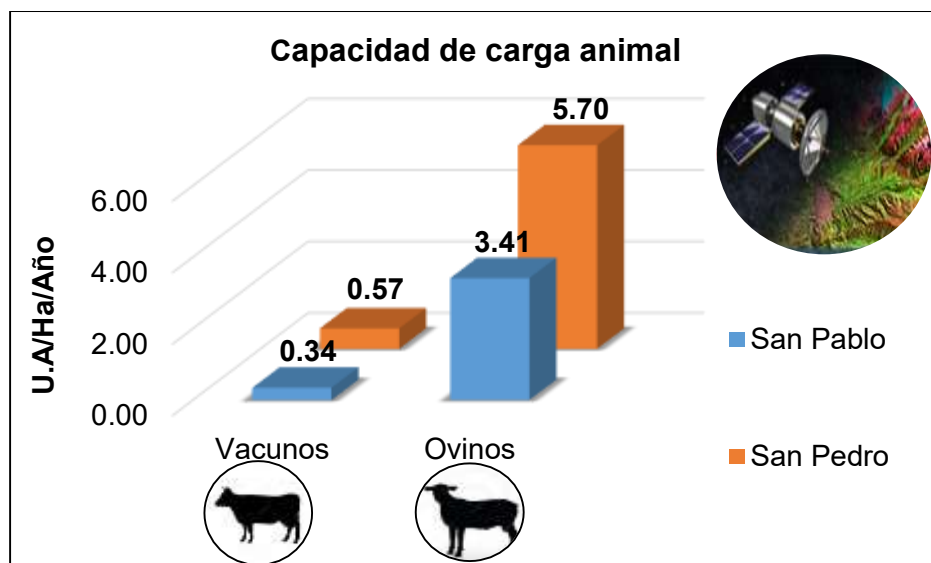


Figura 66: Capacidad de carga animal en base a datos espectrales.

Fuente: Elaboración propia (2019).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

El estudio de tesis titulado: “Caracterización y determinación de la carga animal de los humedales con sistemas de vehículos no tripulados (drones) en los distritos de San Pablo y San Pedro de la provincia de Canchis” llego a las siguientes conclusiones:

- La Descripción de la gestión, manejo y uso del humedal San Pablo y San Pedro sirve de base de información para emprender planes y proyectos de ganadería, puesto que estas zonas son eminentemente ganaderas y cuentan con recursos forrajeros de gran potencial productivo. Además, cuentan con una composición vegetal que es succulenta y palatable para el ganado; realizan en su mayoría, rotación de pastos y faenas que implican una mejora en el aspecto de manejo y buen uso de humedales. Se detalla que en ambos distritos básicamente realizan la producción de bovinos con miras de producción de carne y leche, también aquejan problemas de enfermedades parasitarias como la fasciolosis por el mismo ecosistema que presentan.
- En la Clasificación del uso del suelo , se identificó 5 clases de cobertura de uso de suelo (humedal, agricultura, urbanización, salinera y agua) y se encontró diferencias entre la plataforma Landsat 8 y dron. La principal diferencia se encuentra en el total de área que se calculó por clase. La imagen Landsat 8, que son de menor resolución, no identifican las coberturas (clases) a detalle; más al

contrario, con las ortofotografías adquiridas con el dron, la clasificación de uso fue más detallada por la misma calidad de resolución.

- La Determinación de producción de biomasa aérea mediante imágenes multiespectral (NDVI) y de drones no tuvieron diferencia significativa a los resultados obtenidos con datos de campo. También se resalta que el tiempo invertido en el uso de la plataforma de drones es menor, disminuyendo significativamente las horas hombre y trabajo de campo.
- La determinación de la capacidad de carga animal a partir de datos espectrales y de campo en los resultados no tuvieron diferencia significativa, por el mismo hecho de que los cálculos de los resultados fueron en base a los datos de campo.

5.2 RECOMENDACIONES

- Implementar charlas de capacitación y orientación sobre estrategias de mejoramiento y manejo en los humedales del distrito de San Pablo y San Pedro, como el pastoreo rotacional o establecimiento de potreros, teniendo en cuenta los resultados obtenidos en este estudio, considerando que es su principal centro de engorde.
- Repetir este tipo de investigación considerando las dos épocas del año (seca y lluvia).
- Utilizar imágenes satelitales con mayor resolución espacial como el ASTER; PERU-SAT; PLANET EXPLORER para diferenciar mejor cubierta de uso de suelo y poder excluir de mejor manera los píxeles extraños o cubiertas por nubes.
- Realizar ensayos similares sobre otros tipos de comunidades vegetales, con un incremento del número de píxeles empleados de muestra para mejorar la precisión, y también incluir otros índices de vegetación y otras variables que permitan modelar el comportamiento de la biomasa.
- Utilizar drones implementados con cámaras multiespectrales, los cuales son más eficientes que los drones con cámara RGB en cuanto a resultados de predicción de biomasa o estudios afines.
- Utilizar la tecnología de drones en la aplicación de otros estudios en agricultura y ganadería puesto que es una tecnología muy adaptable a cualquier escenario.

BIBLIOGRAFÍA

Peñafort , Bocco, O., & Macor, L. (2016). Seguimiento forrajero mediante sensores remotos. 2.

ACRE. (10 de Diciembre de 2019). Obtenido de <https://grupoacre.pe/catalogo-categoria/camarasmultiespectrales>

Alegre, J. C., Garcia, S., Guerra, P., Lao, C., & Vega, R. (2014). Manual de la materia. Lima: VLIR-UNALM.

Alegria Velasquez, F. (2013). Inventario y Uso Sostenible de Pastizales en la zona colindante a los depositos de la Relavera de Ocroyoc- Comunidad San Antonio de Rancas-Pasco. Lima: Pontificia Universidad Catolica del Perú.

Alzérreca, H., & Luna , D. (2001). Manual del Ganadero para el Manejo de Bofedales. Bolivia.

ArcGeek. (12 de Diciembre de 2019). Obtenido de <https://acolita.com/que-es-la-tecnologia-lidar-y-como-funciona/>

Asrar, G. (1984). Estimación de la radiación fotosintética absorbida y el índice de área foliar a partir de la reflectancia espectral en trigo. Diario de Agronomía.

Avella Rodriguez, P. (2017). Delimitación, caracterización y determinación de la cota máxima de inundación y área de protección de humedales en la jurisdicción de la car. bogota: universidad distrital francisco José de caldas.

Batteman, J. (1970). Nutrición Animal. Manual de métodos analíticos. Herrero Hermanos S.A, 468.

Beeri, O., Phillips , R., & Hendrickson, J. (2007). Estimating forage quantity and quality using aerial hyperspectral imagery for northern mixed-grass prairie.

Bonham, C. (2013). Measurements for Terrestrial Vegetation, Chapter. USA.

Brack, A., & Mediola, C. (14 de Agosto de 2019). Ecología del Perú. Obtenido de <http://www.peruecologico.com.pe/libro.htm>

Brown, & Eamus. (1997). Modelos para estimar la biomasa de especies nativas en plantaciones y bosques secundarios en la zona Caribe de Costa Rica.

Campbell, J. B. (1987). Introduction to Remote Sensing. New York: The Guilford Press. Centro Europeo de Postgrado. (12 de Noviembre de 2019). <https://www.ceupe.com/blog/que-es-la-teledeteccion.html>. Obtenido de CEUPE: <https://www.ceupe.com/blog/que-es-la-teledeteccion.html>

Cherry, Y. (14 de Agosto de 2019). Ecología de los sistemas de humedales: agua, sustrato y vida. Obtenido de Natural education knowledge: Disponible en

Chuvieco, E. (2019 de 1990). Fundamentos de la Teledetección Espacial. Madrid.

Chuvieco, E. (2006). Teledetección ambiental: la observación de la Tierra desde el espacio. Google académico .

Convención de Ramsar, & Grupo de Contacto EHAA. (2008). Estrategia Regional para la Conservación y Uso Sostenible de Humedales Altoandinos. CONDESAN.

Cowardin, L. (1979). Classification of Wetlands and Deepwater Habitats of the United States.

DeConceptos.com. (10 de Diciembre de 2019). Obtenido de <https://deconceptos.com/ciencias-naturales/cienaga>

Di Leo, N. (2015). Drones: nueva dimensión de la teledetección agroambiental y nuevo paradigma para la agricultura de precisión. Argentina: Facultad de Ciencias Agrarias – UNR.

Díaz García , J. J. (2015). Estudio de Índices de vegetación a partir de imágenes aéreas tomadas desde UAS/RPAS y aplicaciones de estos a la agricultura de precisión. Madrid. Obtenido de https://eprints.ucm.es/id/eprint/31423/1/TFM_Juan_Diaz_Cervignon.pdf

Díaz, M., Larrain, J., Zegers, G., & Tapia, C. (2005). Antecedentes sobre la importancia de las turberas y el Pompoñ en la isla de Chiloé. Recuperado el 15 de 08 de 2019, de Disponible en www.infoandina.org/sites/default/files/publication/files/Turberas.pdf

Domac , A., & Süzen , M. (2006). Integración de variables ambientales con imágenes de satélite en la clasificación de vegetación a escala regional, International (Vol. 7). Washington: Diario de Teledetección.

EOS. (12 de Diciembre de 2019). Obtenido de <https://eos.com/es/blog/resolucion-espacial/>.

EPA, U. (Marzo de 2002). Methods for Evaluating Wetlands Condition: Introduction to Wetland Biological Assessment. Recuperado el 15 de Agosto de 2019, de https://www.epa.gov/sites/production/files/documents/wetlands_1introduction.pdf

Esri. (10 de Diciembre de 2019). ArcGIS Resources. Obtenido de <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>

Esser, A., & Ortega, R. (2010). Uso de percepción remota o teledetección para el manejo sitio específico de viñedos. Chile.

Estrada Zúñiga , A. (2021). Detección y identificación de comunidades vegetales altoandinas , bofedales y tolar de puna seca , mediante ortofotografías RGB y NDVI en drones "Sistemas Aéreos no tripulados". Scientia Agropecuaria.

FAO. (1984). Metodología provisional para la evaluación y la. Italia.

Fernandez, H. (2004). Estimacion de la disponibilidad de pasto. 5-6.

Florez, A., Malpartida, E., & San Martin, F. (1992). Manual de forraje para zonas áridas y semiáridas andina. Lima: RERUMEN.

Forratec.(11 de Diciembre de 2019). Obtenido de <https://www.forratec.com.ar/uploads/47-20141219154145-pdfEs.pdf>

Frost, B., & Ruyle, G. (1993). Range Management Terms and Definitions. Arizona Rancher's. Arizona Cooperative Extension., 15-25.

Fujisada, H. (1994). ASTER instrument characterization and operation scenario.

Gaona, V. (12 de 07 de 2009). Validación del índice de área foliar (LAI) de sensores remotos con mediciones directas en la reserva San Francisco (RSF). Obtenido de <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/5054>

García , A., & Cervijon, J. (2015). Estudio de Índices de vegetación a partir de imagenes aéreas tomadas desde UAS/RPAS y aplicación de estos en la agricultura de precisión. Madrid - España.

García, L. M. (11 de Diciembre de 2019). CienciAcierta. Obtenido de <http://www.cienciacierta.uadec.mx/2016/09/26/eutrofizacion-una-vision-general/>

Gis&Beers. (08 de 12 de 2016). GIS&Beers. Obtenido de <http://www.gisandbeers.com/calculo-del-indice-ndvi/>

Gitelson, A. (1996). Use de of Green channel in remote sensing of global vegetation from EOS - MODIS.

Green, K., Kempka , D., & Lackely, L. (1994). Uso de la teledetección para detectar y monitorear la cubierta terrestre y el cambio en el uso de la tierra.

HANNA Instruments. (10 de Diciembre de 2019). Obtenido de <https://hannainst.com.mx/boletines/espectro-electromagnetico/>

Holchek, J. L., Pieper, R. D., & Herbal, C. H. (2004). Manejo de pastizales: principios y prácticas. Prentice Hall.

IPCC, (. (2000). Cambio climático 2001: la base científica. Contribución del Grupo de Trabajo I al Tercer Informe de Evaluación del IPCC. Obtenido de www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg1/099.htm

Irisarri, J., Gundel, P., Clavijo, M., Durante, M., & Sosa, P. (2013). Estimación de la PPNA y la capacidad de carga por ambientes mediante información satelital en un establecimiento ganadero en la Pampa Deprimida. 12.

JAVIER, P. V. (1987). eografía del Perú: las ocho regiones naturales. LIMA: PEISA.

Jensen, J. (2000). Teledetección del medio ambiente. Una perspectiva de recursos de la tierra. Upper Saddle River N.J.

Karcher, D. E., & Richardson, M. D. (2003). Quantifying turfgrass color using digital image analysis. Crop Science.

Knight. (8 de Noviembre de 2019). Climate impacts of the Atlantic Multidecadal Oscillation. Obtenido de AGU100: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2006GL026242>

Lang , H., & Welch , R. (1999). Algorithm theoretical Basic document for Aster Digital Elevation Models, Standard product AST14. 1-69.

Lebourgeois, V., Bégue, A., Labbé, S., Mallavan, B., Prévot, L., & Roux, B. (2008). ¿Se pueden usar cámaras digitales comerciales como sensores multiespectrales? Un monitoreo de cultivos. 11.

LEXICO. (11 de Diciembre de 2019). Obtenido de <https://www.lexico.com/es/definicion/microclima>

Madugundu, R. (11 de 04 de 2007). Revista Internacional de Geoinformación y Observación Aplicada de la Tierra. Obtenido de <http://doi.org/10.1016/j.jag>

Maldonado Fonkén, M. (5 de Febrero de 2019). Bofedales: extracción de turba y su implicancia frente al cambio climático. Lima, Perú.

Mannetje, L. T. (2000). Measuring biomass of grassland vegetation. CABI, 151-177.

McLeod, & MacLeod, S. (1997). Is the concept of carrying useful in variable environments.

Mesurex. (10 de Diciembre de 2019). Obtenido de <https://mesurex.com/product-category/productos/camaras-hiperespectrales/>

Mostacedo, B. (2000). Manual de Metodo Básicos de Muestreo y Analisis en Ecologia Vegetal. Santa Cruz de la Sierra.

Paola, A. R. (2017). Delimitación, caracterización y determinación de la cota. BOGOTA.

Piñeiro, G. (2006). Efectos del pastoreo en las existencias subterráneas de C y N a lo largo de una red de exclusiones de ganado en pastizales templados y subtropicales de América del Sur. Ciclos bioquímicos globales 23.

PNUMA. (2010). Manejo integrado de agua y areas costeras. Recuperado el 14 de Agosto de 2019, de www.pnuma.org/aguamiaac/pdf.

Poveda, I., Gonzáles, I., Díaz , A., & Balbontín, C. (2010). Procesado de Imágenes de Satélite: Obtención de Magnitudes Biofísicas de la Vegetación. Curso de Especialista en SIG y Teledetección.

PRONATURALEZ. (2010). Humedales de la costa peruana. LIMA.

Pulgar, V. (1987). eografía del Perú: las ocho regiones naturales. LIMA: PEISA.

RAMSAR. (2007). Documento informativo N°1. Obtenido de <<http://www.ramsar.org/pdf/about/info2007sp-01.pdf>>

Raymond, E., & Hunr, J. (2015). Remote Sensing of Rangeland Biodiversity, USDA ARS BELTSVILLE AGRICULTURAL RESEARCH CENTER.

Richters, E. (1995). Manejo del uso de la tierra en América. Costa Rica.

Salgado, L. (2015). Comportamiento espacio-temporal (1986-2003) de plantaciones, frutales en laderas de la provincia de Quillota mediante imagenería satelital y SIG. Obtenido de q: <http://ucv.altavoz.net/prontus>

Scarnecchia, D., & Kothmann, M. (1982). Un enfoque dinámico para el pastoreo.

Schlegel. (2000). Manual de procedimiento muestreos de biomasa forestal.

SNE. (10 de Diciembre de 2019). Obtenido de <https://www.sne.es/diccionario-nuclear/banda-espectral/>

Soria , R., & Ortiz, S. (1998). Sensores remotos, principios y aplicaciones en la evaluación.

Soria, M., & Matar, M. (2016). Nociones sobre teledeteccion , Instituto de Investigacion Mineras, Universidad Nacional San Juan Argentina. Argentina.

Tapia, M., & Flores, J. (1984). Pastoreo y Pastizales de los Andes del Sur del Perú. Lima - Perú.

Toutin , T. (2008). ASTER DEMs for geomatic and geoscientific applications: a review International Journal of Remote Sensing.

Treacy, J. (1994). Las chacras de Coporaque, andenería y riego en el Valle del Colca. 298.

Tucker, J. C., Townshend, J. R., & Gof, T. E. (1985). African land cover classification and temperature in the central Great plains. *International Journal Remote Sensing*.

Van Lynden, G., & Oldeman, L. (1997). La evaluación de la degradación del suelo inducida por el hombre en el sur y sudeste de Asia. Centro Internacional de Información y Referencia de Suelos.

Vergara, J., & Ortiz, I. (2010). ¿Cómo medir la Carga Animal y el Índice de Agostadero? México.

Xie, Y., Sha, Z., & Yu, M. (2008). Imágenes de teledetección en mapeo de vegetación.

Yarrow, G. (2009). Ecología de humedales. Recuperado el 14 de Agosto de 2019, de Valor y conservación.

Zerda, R., & Tiedemann, R. (2010). The temporal dynamic of NDVI, of forest and grassland in the Chaco Seco of Santiago Del Estero province, Argentine (PR). ISSN, 13.

Zheng, Y., Xie, Z., Robert, C., Jiang, L., & Shimizu, H. (2006). ¿El clima impulsó el cambio del ecosistema e indujo la desertificación en la tierra arenosa de Otindag, China durante los últimos 40 años? Porcelana.

GLOSARIO

- ✓ **ArcGIS:** Es un conjunto de productos de software completo que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica (Esri, 2019).
- ✓ **Banda espectral:** Región de un espectro que corresponde a transiciones en las que interviene una banda de energía (SNE, 2019).
- ✓ **Biomasa:** Es un indicador de la capacidad que tiene un ecosistema para producir materia orgánica a lo largo de un determinado tiempo (Brown & Eamus, 1997).
- ✓ **Cámara hiperespectral:** Son cámaras que están equipadas con sensores capaces de percibir centenares de longitudes de onda dentro y fuera del espectro visible, haciendo posible la generación de imágenes mucho más precisas (Mesurex, 2019). Miden más de 10 bandas espectrales.
- ✓ **Cámara multiepectral:** Cámara que permite la monitorización de los pequeños cambios de radiación visible e infrarroja que refleja la planta (ACRE, 2019). Miden máximo hasta 10 bandas espectrales.
- ✓ **Cámara termografía:** Es un dispositivo que mide la temperatura y ofrece una imagen térmica de los objetos, sin necesidad de contacto, a partir de las emisiones de radiación infrarroja de estos (Mesurex, 2019).
- ✓ **Carga animal:** Es el total de animales ubicados por hectárea de un área de pastizal y un periodo de tiempo (Florez, Malpartida, & San Martin, 1992).
- ✓ **Ciénagas:** O pantano es un lugar que presenta una depresión poco profunda en el terreno que está rellena con una mezcla de tierra y agua, que se forma de modo natural al abandonar un río su cauce en algún valle, o puede tratarse de

una cuenca endorreica, donde las aguas de un río no encuentran salida hacia el océano (DeConceptos.com, 2019).

- ✓ **Dron:** Vehículos Aéreos No Tripulados (VANTs), UAVs (Unmanned Aerial Vehicle) o RPAs (Remotely Piloted Aircraft), popularmente conocidos como “drones” son aviones controlados por pilotos en tierra o de forma autónoma siguiendo una misión pre programada (Di Leo, 2015).
- ✓ **Espectro electromagnético:** Es el conjunto de todos los tipos de luz, o radiaciones electromagnéticas que existen, las cuales se puede dividir en grandes grupos: radio, microondas, infrarrojo, visible, ultravioleta, rayos X y rayos gamma (HANNA Instruments, 2019).
- ✓ **Eutrofización:** Es el proceso por el cual un cuerpo de agua es enriquecido con nutrientes limitantes para el fitoplancton, principalmente fósforo y nitrógeno, y en algunas ocasiones silicio, potasio, hierro o manganeso (García L. M., 2019).
- ✓ **Marismas:** Son ecosistemas con suelo pantanoso y bajo, caracterizado por la presencia de pastos marinos.
- ✓ **Microclima:** Conjunto de las condiciones climáticas particulares de un lugar determinado, resultado de una modificación más o menos acusada y puntual del clima de la zona en que se encuentra influido por diferentes factores ecológicos y medioambientales (LEXICO, 2019).
- ✓ **Monitorización:** Es la acción de supervisión y control del estado de algo.
- ✓ **NDVI:** Índice Normalizado Diferencial de Vegetación, relacionado con la actividad fotosintética y la estructura foliar de las plantas, permitiendo determinar la vigorosidad de la planta. Los valores del NDVI están en función de la energía

absorbida o reflejada por las plantas en diversas partes del espectro electromagnético (Di Leo, 2015).

- ✓ **Pasturómetro:** Basa la determinación del volumen de producción mediante atributos de la pastura tales como: su altura y densidad. De esta manera, operativamente, un disco metálico calibrado ejerce presión sobre el forraje y dado el desplazamiento que dependerá de la compresibilidad de la pastura se registra el dato numérico en una escala graduada (Forratec, 2019).
- ✓ **Pixel:** Es la unidad más pequeña que compone una determinada imagen.
- ✓ **Puntos de control:** Son localizaciones que sirven como referencias visuales en los mapeos y que posteriormente podrán ser utilizadas como puntos estratégicos a emplear durante la georreferenciación de las imágenes para posicionar correctamente los resultados (Gis&Beers, 2016).
- ✓ **Radiación electromagnética:** Es una forma de energía emitida por partículas cargadas en movimiento.
- ✓ **Resolución espacial:** Está estrechamente ligada con la calidad de la imagen, ya que las imágenes con resolución espacial mayor permitirán diferenciar de forma nítida objetos más pequeños que imágenes con peor calidad, ayudando así a realizar mejores análisis (EOS, 2019).
- ✓ **Resolución temporal:** Indica el tiempo del paso del satélite sobre la vertical de un punto. Con ello se determina la periodicidad de adquisición de imágenes de una misma zona (EOS, 2019).

- ✓ **Tecnología LIDAR:** Es un método popular de teledetección utilizado para medir la distancia exacta de un objeto en la superficie de la tierra, básicamente esta tecnología está compuesta por un escáner, laser y receptor (ArcGeek, 2019).
- ✓ **Turbera:** Son un tipo de humedal que representa el 50% del total en el mundo, su superficie es una capa de turba, que está compuesta por material vegetal que se ha acumulado durante miles de años sin descomponerse del todo porque el ambiente está saturado de agua (RAMSAR, 2007).

ANEXOS

Anexo 1: Ficha de encuesta.

FICHA DE ENCUESTA

Fecha de la encuesta: Lugar de la encuesta:

Nombre del encuestador: Código:

I. DATOS GENERALES.

Comunidad/sector: Encuestado(a):

Distrito: Edad:

Provincia: Sexo: F ☐ M ☐

Departamento:

Dirección del domicilio:

II. GANADERÍA

2.1. Tenencia de animales

Especie	Raza	Cantidad	Categoría					
			Tenera	Tenero	Vaquilla	Vaquillona	Vaca	Toro
Vacuno								
			Cordero	Borreguilla	Borreguillo	Borrega	Carnero	
Ovino								
Total								

2.2 Productos que se obtienen del ganado.

- ☐ Carne
- ☐ Leche
- ☐ Carne y leche

2.3 Tipo de crianza.

- ☐ Intensivo
- ☐ Extensivo
- ☐ Mixto

III. DATOS SOBRE SITUACIÓN SANITARIA DEL GANADO.

Enfermedades parasitarias observadas por el propietario: Marca SI, NO						¿Trata a sus animales?		Producto utilizado en el tratamiento
Enfermedades	Vacunos	Ovinos	Porcinos	Cuyes	Gallinas			
Fasciolosis						SI	NO	
Parasitosis gastrointestinal						SI	NO	
Parasitosis broncopulmonar						SI	NO	
Hidatidosis						SI	NO	
No presenta ninguna enfermedad						SI	NO	
Otras enfermedades observadas en el ganado:								

IV. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE HUMEDALES.

4.1. ¿Realizan rotación de pastos?.

Sí ☐ No ☐ : con qué frecuencia.....

4.2. ¿Realizan fainas en el humedal?. SI ☐ NO ☐ , ¿Cuáles son?.....

4.3. ¿Qué especie de pasto hay en el humedal?.

....., ..., ..., ...

4.4. ¿Qué especie de pasto abunda en el humedal?.

➤

4.5. Ud. realiza corte de pasto en el humedal. SI ☐ NO ☐

¿Porqué?.....

4.6. ¿Cómo pasta sus animales en el humedal?.

- ☐ Amarrado a una estaca
- ☐ Con cerco eléctrico
- ☐ Suelto
- ☐ En grupo
- ☐ Otros.....

4.7. ¿Cada cuánto tiempo realiza el corte de pasto en su parcela?.

- ☐ Dos veces por día
- ☐ Una vez por día
- ☐ Dos veces por semana

- ☐ Una vez por semana
- ☐ Una vez al mes
- ☐ Otros.....

4.8. El pasto que corta lo designa como alimento a que especies de sus animales:

- ☐ Vacas
- ☐ Ovejas
- ☐ Cuyes
- ☐ Otros.....

4.9. ¿Realizan faenas en el humedal? SI ☐ NO ☐

4.10. ¿Qué tipo de faenas realizan en el humedal?

VI. GESTIÓN DEL AGUA Y RIEGO EN HUMEDAL.

6.1. ¿Existe comité de riego? SI ☐ NO ☐

6.2. ¿Cómo está organizado el comité de riego?

General ☐ Sectores ☐

6.3. Tipo de fuente de agua.

- ☐ Manante
- ☐ Rio
- ☐ Deshielo
- ☐ Laguna

6.4. Sistema de riego.

☐ Por gravedad

☐ Por aspersión

6.5. ¿Con que frecuencia riega su terreno en humedal?.

Vez (ces) por mes

Vez (ces) por año

Otros (especifique).....

Fuente: Elaboración propia (2019).

Anexo 2: Producción de biomasa en término de materia seca y fresca del distrito de San Pablo.

CÁLCULO DE BIOMASA (CHARA)							
MUESTRA	PESO(g)		HUMEDAD(g)	PORCENTAJE (%)		BIOMASA Kg/Há	
	FRESCO	SECO		MATERIA SECA (MS)	HUMEDAD(H)	FRESCO	SECO
1	44.04	38.64	5.40	87.74	12.26	1761.60	1545.60
2	42.61	36.55	6.06	85.78	14.22	1704.40	1462.00
3	24.29	19.64	4.65	80.86	19.14	971.60	785.60
4	55.09	48.16	6.93	87.42	12.58	2203.60	1926.40
5	13.92	8.75	5.17	62.86	37.14	556.80	350.00
6	74.83	71.98	2.85	96.19	3.81	2993.20	2879.20
7	52.65	23.67	28.98	44.96	55.04	2106.00	946.80
8	215.41	177.74	37.67	82.51	17.49	8616.40	7109.60
9	7.10	6.66	0.44	93.80	6.20	284.00	266.40
10	85.77	78.35	7.42	91.35	8.65	3430.80	3134.00
11	25.11	20.90	4.21	83.23	16.77	1004.40	836.00
12	15.19	10.42	4.77	68.60	31.40	607.60	416.80
13	72.15	56.00	16.15	77.62	22.38	2886.00	2240.00
14	44.78	37.67	7.11	84.12	15.88	1791.20	1506.80
15	256.71	223.26	33.45	86.97	13.03	10268.40	8930.40
16	73.83	71.21	2.62	96.45	3.55	2953.20	2848.40

17	78.42	58.49	19.93	74.59	25.41	3136.80	2339.60
18	22.16	19.39	2.77	87.50	12.50	886.40	775.60
19	23.70	18.63	5.07	78.61	21.39	948.00	745.20
20	39.63	34.34	5.29	86.65	13.35	1585.20	1373.60
21	46.29	37.31	8.98	80.60	19.40	1851.60	1492.40
22	40.49	34.00	6.49	83.97	16.03	1619.60	1360.00
23	43.89	31.05	12.84	70.75	29.25	1755.60	1242.00
24	109.57	92.97	16.60	84.85	15.15	4382.80	3718.80
25	28.65	21.64	7.01	75.53	24.47	1146.00	865.60
26	124.32	112.30	12.02	90.33	9.67	4972.80	4492.00
27	55.76	42.27	13.49	75.81	24.19	2230.40	1690.80
28	39.57	31.37	8.20	79.28	20.72	1582.80	1254.80
29	66.94	58.48	8.46	87.36	12.64	2677.60	2339.20
30	42.55	35.70	6.85	83.90	16.10	1702.00	1428.00
31	24.42	33.06	-8.64	135.38	-35.38	976.80	1322.40
32	12.65	7.20	5.45	56.92	43.08	506.00	288.00
33	94.72	88.27	6.45	93.19	6.81	3788.80	3530.80
34	159.47	143.12	16.35	89.75	10.25	6378.80	5724.80
35	91.62	79.41	12.21	86.67	13.33	3664.80	3176.40
36	89.34	75.33	14.01	84.32	15.68	3573.60	3013.20
37	71.33	67.78	3.55	95.02	4.98	2853.20	2711.20
38	21.65	16.72	4.93	77.23	22.77	866.00	668.80
39	123.22	114.34	8.88	92.79	7.21	4928.80	4573.60
40	20.42	18.80	1.62	92.07	7.93	816.80	752.00
41	86.68	74.78	11.90	86.27	13.73	3467.20	2991.20
42	74.86	69.40	5.46	92.71	7.29	2994.40	2776.00
43	59.14	49.86	9.28	84.31	15.69	2365.60	1994.40
44	62.02	56.88	5.14	91.71	8.29	2480.80	2275.20
45	69.41	61.97	7.44	89.28	10.72	2776.40	2478.80
46	55.27	42.28	12.99	76.50	23.50	2210.80	1691.20
47	111.27	103.06	8.21	92.62	7.38	4450.80	4122.40
48	27.64	17.04	10.60	61.65	38.35	1105.60	681.60
49	57.36	46.40	10.96	80.89	19.11	2294.40	1856.00
50	45.18	41.58	3.60	92.03	7.97	1807.20	1663.20
51	53.59	47.69	5.90	88.99	11.01	2143.60	1907.60
52	65.54	62.89	2.65	95.96	4.04	2621.60	2515.60
53	82.44	79.51	2.93	96.45	3.55	3297.60	3180.40
54	42.47	31.64	10.83	74.50	25.50	1698.80	1265.60
55	31.82	24.59	7.23	77.28	22.72	1272.80	983.60
56	29.52	27.40	2.12	92.82	7.18	1180.80	1096.00
57	49.98	38.17	11.81	76.37	23.63	1999.20	1526.80

58	34.42	21.28	13.14	61.82	38.18	1376.80	851.20
59	64.82	59.32	5.50	91.51	8.49	2592.80	2372.80
60	86.56	83.95	2.61	96.98	3.02	3462.40	3358.00
61	31.49	24.10	7.39	76.53	23.47	1259.60	964.00
62	46.43	31.73	14.70	68.34	31.66	1857.20	1269.20
63	47.34	42.27	5.07	89.29	10.71	1893.60	1690.80
64	41.86	38.48	3.38	91.93	8.07	1674.40	1539.20
65	39.82	30.43	9.39	76.42	23.58	1592.80	1217.20
66	94.34	81.32	13.02	86.20	13.80	3773.60	3252.80
67	82.53	73.71	8.82	89.31	10.69	3301.20	2948.40
68	67.43	51.52	15.91	76.41	23.59	2697.20	2060.80
69	62.58	60.64	1.94	96.90	3.10	2503.20	2425.60
70	23.28	21.25	2.03	91.28	8.72	931.20	850.00
71	39.18	35.40	3.78	90.35	9.65	1567.20	1416.00
72	145.63	117.64	27.99	80.78	19.22	5825.20	4705.60
73	96.89	88.03	8.86	90.86	9.14	3875.60	3521.20
74	100.24	89.35	10.89	89.14	10.86	4009.60	3574.00
75	67.48	65.26	2.22	96.71	3.29	2699.20	2610.40
76	35.26	31.44	3.82	89.17	10.83	1410.40	1257.60
77	89.66	80.06	9.60	89.29	10.71	3586.40	3202.40
78	99.67	83.95	15.72	84.23	15.77	3986.80	3358.00
79	55.63	51.28	4.35	92.18	7.82	2225.20	2051.20
80	123.76	101.65	22.11	82.13	17.87	4950.40	4066.00
81	66.78	61.23	5.55	91.69	8.31	2671.20	2449.20
82	42.75	30.70	12.05	71.81	28.19	1710.00	1228.00
83	52.44	46.09	6.35	87.89	12.11	2097.60	1843.60
84	98.81	90.24	8.57	91.33	8.67	3952.40	3609.60
85	39.94	35.58	4.36	89.08	10.92	1597.60	1423.20
86	14.85	13.39	1.46	90.17	9.83	594.00	535.60
87	61.95	55.94	6.01	90.30	9.70	2478.00	2237.60
88	61.40	53.47	7.93	87.08	12.92	2456.00	2138.80
89	116.17	93.21	22.96	80.24	19.76	4646.80	3728.40
90	134.37	107.21	27.16	79.79	20.21	5374.80	4288.40
91	39.87	35.91	3.96	90.07	9.93	1594.80	1436.40
92	75.87	67.92	7.95	89.52	10.48	3034.80	2716.80
93	36.71	32.70	4.01	89.08	10.92	1468.40	1308.00
94	75.87	64.23	11.64	84.66	15.34	3034.80	2569.20
95	52.32	46.96	5.36	89.76	10.24	2092.80	1878.40
96	71.21	55.74	15.47	78.28	21.72	2848.40	2229.60
PROMEDIO	64.54	55.53	9.01	85.02	14.98	2581.69	2221.37

CÁLCULO DE BIOMASA (INCAPARTE)							
MUESTRA	PESO(g)		HUMEDAD (g)	PORCENTAJE (%)		BIOMASA Kg/Há	
	FRESCO	SECO		MATERIA SECA (MS)	HUMEDAD (H)	FRESCO	SECO
1	20.40	18.14	2.26	88.92	11.08	816.00	725.60
2	28.13	24.86	3.27	88.38	11.62	1125.20	994.40
3	36.15	31.49	4.66	87.11	12.89	1446.00	1259.60
4	89.87	72.32	17.55	80.47	19.53	3594.80	2892.80
5	37.98	27.65	10.33	72.80	27.20	1519.20	1106.00
6	36.43	22.19	14.24	60.91	39.09	1457.20	887.60
7	50.83	45.78	5.05	90.06	9.94	2033.20	1831.20
8	37.05	32.17	4.88	86.83	13.17	1482.00	1286.80
9	61.57	53.43	8.14	86.78	13.22	2462.80	2137.20
10	134.53	111.09	23.44	82.58	17.42	5381.20	4443.60
11	49.54	39.64	9.90	80.02	19.98	1981.60	1585.60
12	52.43	44.78	7.65	85.41	14.59	2097.20	1791.20
13	53.43	47.54	5.89	88.98	11.02	2137.20	1901.60
14	93.57	72.32	21.25	77.29	22.71	3742.80	2892.80
15	79.43	66.69	12.74	83.96	16.04	3177.20	2667.60
16	70.21	50.19	20.02	71.49	28.51	2808.40	2007.60
17	127.22	92.12	35.10	72.41	27.59	5088.80	3684.80
18	147.54	119.68	27.86	81.12	18.88	5901.60	4787.20
19	41.64	33.85	7.79	81.29	18.71	1665.60	1354.00
20	69.22	50.06	19.16	72.32	27.68	2768.80	2002.40
21	132.23	98.21	34.02	74.27	25.73	5289.20	3928.40
22	76.73	61.23	15.50	79.80	20.20	3069.20	2449.20
23	82.96	73.48	9.48	88.57	11.43	3318.40	2939.20
24	125.95	112.77	13.18	89.54	10.46	5038.00	4510.80
25	93.23	77.97	15.26	83.63	16.37	3729.20	3118.80
26	58.96	52.30	6.66	88.70	11.30	2358.40	2092.00
27	37.32	25.43	11.89	68.14	31.86	1492.80	1017.20
28	38.43	21.12	17.31	54.96	45.04	1537.20	844.80
29	52.32	39.80	12.52	76.07	23.93	2092.80	1592.00
30	45.32	32.33	12.99	71.34	28.66	1812.80	1293.20
31	129.32	110.60	18.72	85.52	14.48	5172.80	4424.00
32	76.43	65.43	11.00	85.61	14.39	3057.20	2617.20
33	115.16	105.15	10.01	91.31	8.69	4606.40	4206.00
34	73.43	64.46	8.97	87.78	12.22	2937.20	2578.40
35	73.62	61.42	12.20	83.43	16.57	2944.80	2456.80
36	40.22	37.98	2.24	94.43	5.57	1608.80	1519.20
37	58.32	48.20	10.12	82.65	17.35	2332.80	1928.00
38	24.32	15.55	8.77	63.94	36.06	972.80	622.00
39	55.99	48.95	7.04	87.43	12.57	2239.60	1958.00
40	22.13	20.81	1.32	94.04	5.96	885.20	832.40
41	49.32	38.27	11.05	77.60	22.40	1972.80	1530.80
42	40.28	36.00	4.28	89.37	10.63	1611.20	1440.00
43	99.43	81.67	17.76	82.14	17.86	3977.20	3266.80
44	48.62	42.95	5.67	88.34	11.66	1944.80	1718.00

45	134.43	99.23	35.20	73.82	26.18	5377.20	3969.20
46	109.50	100.96	8.54	92.20	7.80	4380.00	4038.40
47	121.32	95.97	25.35	79.10	20.90	4852.80	3838.80
48	27.09	24.27	2.82	89.59	10.41	1083.60	970.80
49	49.73	44.67	5.06	89.83	10.17	1989.20	1786.80
50	21.21	16.46	4.75	77.60	22.40	848.40	658.40
51	98.98	81.36	17.62	82.20	17.80	3959.20	3254.40
52	88.00	79.15	8.85	89.94	10.06	3520.00	3166.00
53	65.65	52.85	12.80	80.50	19.50	2626.00	2114.00
54	87.14	74.23	12.91	85.18	14.82	3485.60	2969.20
55	40.57	37.10	3.47	91.45	8.55	1622.80	1484.00
56	60.35	56.58	3.77	93.75	6.25	2414.00	2263.20
57	83.43	72.21	11.22	86.55	13.45	3337.20	2888.40
58	45.78	34.26	11.52	74.84	25.16	1831.20	1370.40
59	57.98	39.87	18.11	68.77	31.23	2319.20	1594.80
60	99.97	84.44	15.53	84.47	15.53	3998.80	3377.60
61	53.96	48.33	5.63	89.57	10.43	2158.40	1933.20
62	85.54	74.36	11.18	86.93	13.07	3421.60	2974.40
63	70.30	44.15	26.15	62.80	37.20	2812.00	1766.00
64	75.54	64.38	11.16	85.23	14.77	3021.60	2575.20
65	59.54	52.89	6.65	88.83	11.17	2381.60	2115.60
66	43.21	33.92	9.29	78.50	21.50	1728.40	1356.80
67	58.45	48.86	9.59	83.59	16.41	2338.00	1954.40
68	33.71	28.70	5.01	85.14	14.86	1348.40	1148.00
69	88.97	78.24	10.73	87.94	12.06	3558.80	3129.60
70	47.08	38.06	9.02	80.84	19.16	1883.20	1522.40
71	71.45	46.22	25.23	64.69	35.31	2858.00	1848.80
72	65.54	51.72	13.82	78.91	21.09	2621.60	2068.80
73	57.69	47.93	9.76	83.08	16.92	2307.60	1917.20
74	93.54	87.77	5.77	93.83	6.17	3741.60	3510.80
75	22.57	19.74	2.83	87.46	12.54	902.80	789.60
76	113.35	100.61	12.74	88.76	11.24	4534.00	4024.40
77	63.75	57.43	6.32	90.09	9.91	2550.00	2297.20
78	85.53	66.74	18.79	78.03	21.97	3421.20	2669.60
79	121.32	96.75	24.57	79.75	20.25	4852.80	3870.00
80	143.32	126.52	16.80	88.28	11.72	5732.80	5060.80
81	79.65	60.75	18.90	76.27	23.73	3186.00	2430.00
82	126.32	112.93	13.39	89.40	10.60	5052.80	4517.20
83	136.28	97.79	38.49	71.76	28.24	5451.20	3911.60
84	38.54	27.72	10.82	71.93	28.07	1541.60	1108.80
85	146.45	126.69	19.76	86.51	13.49	5858.00	5067.60
86	37.43	24.75	12.68	66.12	33.88	1497.20	990.00
87	78.54	65.07	13.47	82.85	17.15	3141.60	2602.80
88	29.35	19.21	10.14	65.45	34.55	1174.00	768.40
89	43.43	32.32	11.11	74.42	25.58	1737.20	1292.80
90	25.87	18.34	7.53	70.89	29.11	1034.80	733.60
91	114.20	91.65	22.55	80.25	19.75	4568.00	3666.00
92	68.43	57.43	11.00	83.93	16.07	2737.20	2297.20

93	68.32	50.16	18.16	73.42	26.58	2732.80	2006.40
94	41.90	37.94	3.96	90.55	9.45	1676.00	1517.60
95	52.53	47.65	4.88	90.71	9.29	2101.20	1906.00
96	70.32	55.68	14.64	79.18	20.82	2812.80	2227.20
97	127.11	111.52	15.59	87.74	12.26	5084.40	4460.80
98	41.50	36.98	4.52	89.11	10.89	1660.00	1479.20
99	235.32	203.03	32.29	86.28	13.72	9412.80	8121.20
100	127.39	109.00	18.39	85.56	14.44	5095.60	4360.00
101	59.75	43.59	16.16	72.95	27.05	2390.00	1743.60
102	68.75	60.49	8.26	87.99	12.01	2750.00	2419.60
103	224.46	169.19	55.27	75.38	24.62	8978.40	6767.60
104	69.46	61.53	7.93	88.58	11.42	2778.40	2461.20
105	74.87	64.42	10.45	86.04	13.96	2994.80	2576.80
106	33.44	29.99	3.45	89.68	10.32	1337.60	1199.60
107	84.49	75.14	9.35	88.93	11.07	3379.60	3005.60
108	78.45	68.53	9.92	87.36	12.64	3138.00	2741.20
109	159.48	140.83	18.65	88.31	11.69	6379.20	5633.20
110	78.76	62.27	16.49	79.06	20.94	3150.40	2490.80
111	11.56	9.96	1.60	86.16	13.84	462.40	398.40
112	99.87	88.33	11.54	88.44	11.56	3994.80	3533.20
113	50.76	32.06	18.70	63.16	36.84	2030.40	1282.40
114	35.25	30.12	5.13	85.45	14.55	1410.00	1204.80
115	61.43	52.63	8.80	85.67	14.33	2457.20	2105.20
116	68.88	58.03	10.85	84.25	15.75	2755.20	2321.20
117	102.23	81.55	20.68	79.77	20.23	4089.20	3262.00
118	44.76	40.40	4.36	90.26	9.74	1790.40	1616.00
119	68.32	54.59	13.73	79.90	20.10	2732.80	2183.60
120	67.32	46.92	20.40	69.70	30.30	2692.80	1876.80
121	58.43	40.29	18.14	68.95	31.05	2337.20	1611.60
122	98.43	80.58	17.85	81.87	18.13	3937.20	3223.20
123	57.64	44.54	13.10	77.27	22.73	2305.60	1781.60
124	74.64	62.04	12.60	83.12	16.88	2985.60	2481.60
125	106.13	92.54	13.59	87.19	12.81	4245.20	3701.60
126	57.03	51.40	5.63	90.13	9.87	2281.20	2056.00
127	40.21	23.59	16.62	58.67	41.33	1608.40	943.60
128	41.67	39.10	2.57	93.83	6.17	1666.80	1564.00
129	27.43	16.02	11.41	58.40	41.60	1097.20	640.80
130	50.43	37.12	13.31	73.61	26.39	2017.20	1484.80
131	42.77	38.11	4.66	89.10	10.90	1710.80	1524.40
132	28.32	13.65	14.67	48.20	51.80	1132.80	546.00
133	78.32	60.17	18.15	76.83	23.17	3132.80	2406.80
134	48.32	35.13	13.19	72.70	27.30	1932.80	1405.20
135	43.53	34.32	9.21	78.84	21.16	1741.20	1372.80
136	24.32	11.85	12.47	48.73	51.27	972.80	474.00
137	121.32	93.72	27.60	77.25	22.75	4852.80	3748.80
138	49.32	39.95	9.37	81.00	19.00	1972.80	1598.00
139	72.91	63.59	9.32	87.22	12.78	2916.40	2543.60
140	102.42	91.03	11.39	88.88	11.12	4096.80	3641.20

141	54.53	41.38	13.15	75.88	24.12	2181.20	1655.20
142	36.24	31.57	4.67	87.11	12.89	1449.60	1262.80
143	68.43	57.83	10.60	84.51	15.49	2737.20	2313.20
144	51.42	39.97	11.45	77.73	22.27	2056.80	1598.80
145	143.94	123.18	20.76	85.58	14.42	5757.60	4927.20
146	56.46	49.64	6.82	87.92	12.08	2258.40	1985.60
147	145.89	118.80	27.09	81.43	18.57	5835.60	4752.00
148	42.42	35.29	7.13	83.19	16.81	1696.80	1411.60
149	79.33	67.86	11.47	85.54	14.46	3173.20	2714.40
150	58.43	44.99	13.44	77.00	23.00	2337.20	1799.60
151	76.43	69.74	6.69	91.25	8.75	3057.20	2789.60
152	49.75	44.49	5.26	89.43	10.57	1990.00	1779.60
153	53.22	48.35	4.87	90.85	9.15	2128.80	1934.00
154	84.11	74.96	9.15	89.12	10.88	3364.40	2998.40
155	52.13	44.11	8.02	84.62	15.38	2085.20	1764.40
156	19.55	17.14	2.41	87.67	12.33	782.00	685.60
157	37.91	33.51	4.40	88.39	11.61	1516.40	1340.40
158	41.56	36.44	5.12	87.68	12.32	1662.40	1457.60
159	37.04	21.74	15.30	58.69	41.31	1481.60	869.60
160	27.49	20.63	6.86	75.05	24.95	1099.60	825.20
PROMEDIO	70.52	58.02	12.51	81.50	18.50	2820.94	2320.64

CÁLCULO DE BIOMASA (SONGOÑA)							
MUESTRA	PESO(g)		HUMEDAD (g)	PORCENTAJE(%)		BIOMASA Kg/Há	
	FRESCO	SECO		MATERIA SECA (MS)	HUMEDAD (H)	FRESCO	SECO
1	58.36	39.65	18.71	67.94	32.06	2334.40	1586.00
2	42.97	37.24	5.73	86.67	13.33	1718.80	1489.60
3	27.94	24.39	3.55	87.29	12.71	1117.60	975.60
4	29.46	25.93	3.53	88.02	11.98	1178.40	1037.20
5	17.76	9.97	7.79	56.14	43.86	710.40	398.80
6	18.95	12.07	6.88	63.69	36.31	758.00	482.80
7	130.62	110.08	20.54	84.27	15.73	5224.80	4403.20
8	36.53	23.04	13.49	63.07	36.93	1461.20	921.60
9	58.34	52.05	6.29	89.22	10.78	2333.60	2082.00
10	5.62	4.96	0.66	88.26	11.74	224.80	198.40
11	51.11	44.88	6.23	87.81	12.19	2044.40	1795.20
12	28.53	25.56	2.97	89.59	10.41	1141.20	1022.40
13	230.14	174.86	55.28	75.98	24.02	9205.60	6994.40
14	46.46	38.72	7.74	83.34	16.66	1858.40	1548.80
15	107.03	99.89	7.14	93.33	6.67	4281.20	3995.60
16	132.25	94.89	37.36	71.75	28.25	5290.00	3795.60
17	123.95	106.72	17.23	86.10	13.90	4958.00	4268.80
18	37.23	26.08	11.15	70.05	29.95	1489.20	1043.20
19	67.41	59.59	7.82	88.40	11.60	2696.40	2383.60
20	123.42	106.87	16.55	86.59	13.41	4936.80	4274.80
21	35.49	31.35	4.14	88.33	11.67	1419.60	1254.00

22	47.24	33.64	13.60	71.21	28.79	1889.60	1345.60
23	51.87	43.43	8.44	83.73	16.27	2074.80	1737.20
24	11.54	10.52	1.02	91.16	8.84	461.60	420.80
25	116.05	107.14	8.91	92.32	7.68	4642.00	4285.60
26	58.86	49.42	9.44	83.96	16.04	2354.40	1976.80
27	141.55	124.87	16.68	88.22	11.78	5662.00	4994.80
28	112.54	100.37	12.17	89.19	10.81	4501.60	4014.80
29	189.22	157.01	32.21	82.98	17.02	7568.80	6280.40
30	127.43	108.49	18.94	85.14	14.86	5097.20	4339.60
31	55.55	50.88	4.67	91.59	8.41	2222.00	2035.20
32	29.56	26.26	3.30	88.84	11.16	1182.40	1050.40
33	56.88	45.05	11.83	79.20	20.80	2275.20	1802.00
34	73.79	61.08	12.71	82.78	17.22	2951.60	2443.20
35	64.17	54.96	9.21	85.65	14.35	2566.80	2198.40
36	118.54	94.18	24.36	79.45	20.55	4741.60	3767.20
37	136.44	113.81	22.63	83.41	16.59	5457.60	4552.40
38	25.45	18.75	6.70	73.67	26.33	1018.00	750.00
39	100.00	93.74	6.26	93.74	6.26	4000.00	3749.60
40	112.32	98.87	13.45	88.03	11.97	4492.80	3954.80
41	81.05	70.10	10.95	86.49	13.51	3242.00	2804.00
42	29.28	26.19	3.09	89.45	10.55	1171.20	1047.60
43	22.36	20.30	2.06	90.79	9.21	894.40	812.00
44	71.64	63.71	7.93	88.93	11.07	2865.60	2548.40
45	78.07	52.75	25.32	67.57	32.43	3122.80	2110.00
46	45.64	39.13	6.51	85.74	14.26	1825.60	1565.20
47	70.50	55.55	14.95	78.79	21.21	2820.00	2222.00
48	76.07	62.76	13.31	82.50	17.50	3042.80	2510.40
49	73.26	60.75	12.51	82.92	17.08	2930.40	2430.00
50	110.72	93.88	16.84	84.79	15.21	4428.80	3755.20
51	80.92	69.05	11.87	85.33	14.67	3236.80	2762.00
52	46.24	34.82	11.42	75.30	24.70	1849.60	1392.80
53	48.75	43.57	5.18	89.37	10.63	1950.00	1742.80
54	112.96	102.05	10.91	90.34	9.66	4518.40	4082.00
55	61.77	53.01	8.76	85.82	14.18	2470.80	2120.40
56	39.65	25.65	14.00	64.69	35.31	1586.00	1026.00
57	103.15	87.54	15.61	84.87	15.13	4126.00	3501.60
58	26.74	22.30	4.44	83.40	16.60	1069.60	892.00
59	79.81	77.63	2.18	97.27	2.73	3192.40	3105.20
60	72.76	65.75	7.01	90.37	9.63	2910.40	2630.00
61	113.13	93.76	19.37	82.88	17.12	4525.20	3750.40
62	115.32	97.39	17.93	84.45	15.55	4612.80	3895.60
63	118.09	97.19	20.90	82.30	17.70	4723.60	3887.60
64	115.25	96.42	18.83	83.66	16.34	4610.00	3856.80
65	80.11	64.65	15.46	80.70	19.30	3204.40	2586.00
66	67.70	61.16	6.54	90.34	9.66	2708.00	2446.40
67	105.28	84.90	20.38	80.64	19.36	4211.20	3396.00
68	50.55	43.68	6.87	86.41	13.59	2022.00	1747.20
69	159.89	138.64	21.25	86.71	13.29	6395.60	5545.60

70	89.05	70.75	18.30	79.45	20.55	3562.00	2830.00
71	103.76	71.34	32.42	68.75	31.25	4150.40	2853.60
72	88.20	75.78	12.42	85.92	14.08	3528.00	3031.20
73	82.77	68.82	13.95	83.15	16.85	3310.80	2752.80
74	88.39	75.53	12.86	85.45	14.55	3535.60	3021.20
75	65.44	51.79	13.65	79.14	20.86	2617.60	2071.60
76	80.46	66.89	13.57	83.13	16.87	3218.40	2675.60
77	90.42	85.45	4.97	94.50	5.50	3616.80	3418.00
78	57.77	43.38	14.39	75.09	24.91	2310.80	1735.20
79	82.35	71.93	10.42	87.35	12.65	3294.00	2877.20
80	88.24	78.42	9.82	88.87	11.13	3529.60	3136.80
PROMEDIO	77.65	65.07	12.58	83.30	16.70	3106.04	2602.81

Fuente: Elaboración propia (2019).

Anexo 3: Producción de biomasa en término de materia seca y fresca del distrito de San Pedro.

CÁLCULO DE BIOMASA(SAN PEDRO)							
MUESTRA	PESO(g)		HUMEDAD (g)	PORCENTAJE (%)		BIOMASA Kg/Há	
	FRESCO	SECO		MATERIA SECA (MS)	HUMEDAD (H)	FRESCO	SECO
1	7.89	7.38	0.51	93.54	6.46	315.60	295.20
2	154.43	143.87	10.56	93.16	6.84	6177.20	5754.80
3	32.23	26.56	5.67	82.41	17.59	1289.20	1062.40
4	56.96	52.22	4.74	91.68	8.32	2278.40	2088.80
5	40.38	35.20	5.18	87.17	12.83	1615.20	1408.00
6	73.21	67.24	5.97	91.85	8.15	2928.40	2689.60
7	68.36	60.81	7.55	88.96	11.04	2734.40	2432.40
8	78.70	74.44	4.26	94.59	5.41	3148.00	2977.60
9	22.76	20.46	2.30	89.89	10.11	910.40	818.40
10	99.53	96.05	3.48	96.50	3.50	3981.20	3842.00
11	30.07	26.65	3.42	88.63	11.37	1202.80	1066.00
12	135.42	124.99	10.43	92.30	7.70	5416.80	4999.60
13	107.18	92.90	14.28	86.68	13.32	4287.20	3716.00
14	28.65	23.70	4.95	82.72	17.28	1146.00	948.00
15	97.07	90.82	6.25	93.56	6.44	3882.80	3632.80
16	81.19	60.85	20.34	74.95	25.05	3247.60	2434.00
17	150.94	138.50	12.44	91.76	8.24	6037.60	5540.00
18	59.12	54.66	4.46	92.46	7.54	2364.80	2186.40
19	182.43	161.08	21.35	88.30	11.70	7297.20	6443.20
20	123.94	115.86	8.08	93.48	6.52	4957.60	4634.40
21	101.71	86.45	15.26	85.00	15.00	4068.40	3458.00

22	36.08	31.78	4.30	88.08	11.92	1443.20	1271.20
23	121.31	109.63	11.68	90.37	9.63	4852.40	4385.20
24	51.98	47.06	4.92	90.53	9.47	2079.20	1882.40
25	39.02	31.46	7.56	80.63	19.37	1560.80	1258.40
26	39.09	35.55	3.54	90.94	9.06	1563.60	1422.00
27	226.65	212.20	14.45	93.62	6.38	9066.00	8488.00
28	102.32	85.27	17.05	83.34	16.66	4092.80	3410.80
29	51.52	40.76	10.76	79.11	20.89	2060.80	1630.40
30	101.24	91.76	9.48	90.64	9.36	4049.60	3670.40
31	38.29	33.70	4.59	88.01	11.99	1531.60	1348.00
32	89.63	74.67	14.96	83.31	16.69	3585.20	2986.80
33	95.35	90.81	4.54	95.24	4.76	3814.00	3632.40
34	50.29	43.15	7.14	85.80	14.20	2011.60	1726.00
35	35.64	22.72	12.92	63.75	36.25	1425.60	908.80
36	43.85	40.48	3.37	92.31	7.69	1754.00	1619.20
37	92.05	79.93	12.12	86.83	13.17	3682.00	3197.20
38	138.49	114.23	24.26	82.48	17.52	5539.60	4569.20
39	76.75	66.98	9.77	87.27	12.73	3070.00	2679.20
40	54.12	39.51	14.61	73.00	27.00	2164.80	1580.40
41	131.50	105.34	26.16	80.11	19.89	5260.00	4213.60
42	147.59	120.45	27.14	81.61	18.39	5903.60	4818.00
43	101.94	89.11	12.83	87.41	12.59	4077.60	3564.40
44	76.75	73.20	3.55	95.37	4.63	3070.00	2928.00
45	62.74	51.58	11.16	82.21	17.79	2509.60	2063.20
46	25.93	23.92	2.01	92.25	7.75	1037.20	956.80
47	57.26	53.26	4.00	93.01	6.99	2290.40	2130.40
48	88.61	80.21	8.40	90.52	9.48	3544.40	3208.40
49	57.66	42.44	15.22	73.60	26.40	2306.40	1697.60
50	98.02	88.57	9.45	90.36	9.64	3920.80	3542.80
51	124.44	120.42	4.02	96.77	3.23	4977.60	4816.80
52	81.64	79.95	1.69	97.93	2.07	3265.60	3198.00
53	44.03	38.40	5.63	87.21	12.79	1761.20	1536.00
54	25.88	23.41	2.47	90.46	9.54	1035.20	936.40
55	191.08	164.05	27.03	85.85	14.15	7643.20	6562.00
56	112.39	93.97	18.42	83.61	16.39	4495.60	3758.80
57	65.07	62.40	2.67	95.90	4.10	2602.80	2496.00
58	51.10	48.79	2.31	95.48	4.52	2044.00	1951.60
59	171.44	150.42	21.02	87.74	12.26	6857.60	6016.80
60	117.73	107.92	9.81	91.67	8.33	4709.20	4316.80
61	109.97	104.56	5.41	95.08	4.92	4398.80	4182.40
62	108.12	105.87	2.25	97.92	2.08	4324.80	4234.80
63	160.71	142.73	17.98	88.81	11.19	6428.40	5709.20
64	120.52	103.95	16.57	86.25	13.75	4820.80	4158.00
65	46.82	39.45	7.37	84.26	15.74	1872.80	1578.00
66	38.64	34.32	4.32	88.82	11.18	1545.60	1372.80
67	75.43	66.43	9.00	88.07	11.93	3017.20	2657.20
68	35.54	27.54	8.00	77.49	22.51	1421.60	1101.60
69	78.51	71.61	6.90	91.21	8.79	3140.40	2864.40

70	156.45	134.06	22.39	85.69	14.31	6258.00	5362.40
71	152.23	142.40	9.83	93.54	6.46	6089.20	5696.00
72	56.46	47.54	8.92	84.20	15.80	2258.40	1901.60
73	21.35	17.52	3.83	82.06	17.94	854.00	700.80
74	9.59	7.54	2.05	78.62	21.38	383.60	301.60
75	64.54	53.42	11.12	82.77	17.23	2581.60	2136.80
76	56.54	50.53	6.01	89.37	10.63	2261.60	2021.20
77	72.29	53.00	19.29	73.32	26.68	2891.60	2120.00
78	32.77	26.54	6.23	80.99	19.01	1310.80	1061.60
79	76.92	64.54	12.38	83.91	16.09	3076.80	2581.60
80	65.43	58.54	6.89	89.47	10.53	2617.20	2341.60
81	113.80	96.00	17.80	84.36	15.64	4552.00	3840.00
82	58.01	48.20	9.81	83.09	16.91	2320.40	1928.00
83	90.38	79.08	11.30	87.50	12.50	3615.20	3163.20
84	45.17	33.00	12.17	73.06	26.94	1806.80	1320.00
85	64.43	53.43	11.00	82.93	17.07	2577.20	2137.20
86	12.81	9.85	2.96	76.89	23.11	512.40	394.00
87	21.57	17.34	4.23	80.39	19.61	862.80	693.60
88	14.73	11.84	2.89	80.38	19.62	589.20	473.60
89	11.20	10.03	1.17	89.55	10.45	448.00	401.20
90	31.04	25.32	5.72	81.57	18.43	1241.60	1012.80
91	57.98	49.74	8.24	85.79	14.21	2319.20	1989.60
92	93.32	83.43	9.89	89.40	10.60	3732.80	3337.20
93	64.50	55.23	9.27	85.63	14.37	2580.00	2209.20
94	32.13	26.65	5.48	82.94	17.06	1285.20	1066.00
95	26.44	19.32	7.12	73.07	26.93	1057.60	772.80
96	17.13	15.82	1.31	92.35	7.65	685.20	632.80
97	67.32	59.10	8.22	87.79	12.21	2692.80	2364.00
98	39.01	34.84	4.17	89.31	10.69	1560.40	1393.60
99	25.62	20.76	4.86	81.03	18.97	1024.80	830.40
100	194.66	157.57	37.09	80.95	19.05	7786.40	6302.80
101	86.27	70.91	15.36	82.20	17.80	3450.80	2836.40
102	157.78	147.22	10.56	93.31	6.69	6311.20	5888.80
103	34.29	20.85	13.44	60.80	39.20	1371.60	834.00
104	36.20	31.98	4.22	88.34	11.66	1448.00	1279.20
105	100.90	98.69	2.21	97.81	2.19	4036.00	3947.60
106	14.37	11.10	3.27	77.24	22.76	574.80	444.00
107	17.52	12.65	4.87	72.20	27.80	700.80	506.00
108	88.13	75.03	13.10	85.14	14.86	3525.20	3001.20
109	63.66	59.80	3.86	93.94	6.06	2546.40	2392.00
110	31.60	28.59	3.01	90.47	9.53	1264.00	1143.60
111	42.42	37.23	5.19	87.77	12.23	1696.80	1489.20
112	87.49	82.27	5.22	94.03	5.97	3499.60	3290.80
113	31.79	26.94	4.85	84.74	15.26	1271.60	1077.60
114	38.52	24.15	14.37	62.69	37.31	1540.80	966.00
115	88.05	70.67	17.38	80.26	19.74	3522.00	2826.80
116	17.30	13.32	3.98	76.99	23.01	692.00	532.80
PROMEDIO	74.18	65.00	9.18	86.22	13.78	2967.24	2600.07

CÁLCULO DE BIOMASA(QQEA)							
MUESTRA	PESO(g)		HUMEDAD (g)	PORCENTAJE (%)		BIOMASA Kg/Há	
	FRESCO	SECO		MATERIA SECA (MS)	HUMEDAD (H)	FRESCO	SECO
M	69.67	60.87	8.80	87.37	12.63	2786.80	2434.80
V	10.20	8.97	1.23	87.94	12.06	408.00	358.80
M	86.30	72.32	13.98	83.80	16.20	3452.00	2892.80
V	55.68	48.69	6.99	87.45	12.55	2227.20	1947.60
M	136.97	120.48	16.49	87.96	12.04	5478.80	4819.20
V	137.23	128.44	8.79	93.59	6.41	5489.20	5137.60
M	241.70	209.61	32.09	86.72	13.28	9668.00	8384.40
V	176.67	162.10	14.57	91.75	8.25	7066.80	6484.00
M	85.53	74.38	11.15	86.96	13.04	3421.20	2975.20
V	89.63	76.20	13.43	85.02	14.98	3585.20	3048.00
M	156.12	136.33	19.79	87.32	12.68	6244.80	5453.20
V	142.32	128.10	14.22	90.01	9.99	5692.80	5124.00
M	96.82	85.24	11.58	88.04	11.96	3872.80	3409.60
V	48.32	34.05	14.27	70.47	29.53	1932.80	1362.00
M	65.76	59.52	6.24	90.51	9.49	2630.40	2380.80
V	90.21	75.44	14.77	83.63	16.37	3608.40	3017.60
M	102.21	90.95	11.26	88.98	11.02	4088.40	3638.00
V	45.32	30.21	15.11	66.66	33.34	1812.80	1208.40
M	76.69	66.84	9.85	87.16	12.84	3067.60	2673.60
V	57.86	47.23	10.63	81.63	18.37	2314.40	1889.20
M	155.31	133.80	21.51	86.15	13.85	6212.40	5352.00
V	84.75	76.94	7.81	90.78	9.22	3390.00	3077.60
M	76.31	71.87	4.44	94.18	5.82	3052.40	2874.80
V	102.32	91.73	10.59	89.65	10.35	4092.80	3669.20
M	75.47	67.44	8.03	89.36	10.64	3018.80	2697.60
V	83.43	78.81	4.62	94.46	5.54	3337.20	3152.40
M	133.05	117.09	15.96	88.00	12.00	5322.00	4683.60
V	66.95	60.92	6.03	90.99	9.01	2678.00	2436.80
M	195.22	157.50	37.72	80.68	19.32	7808.80	6300.00
V	89.67	70.19	19.48	78.28	21.72	3586.80	2807.60
M	141.64	122.82	18.82	86.71	13.29	5665.60	4912.80
V	152.81	147.74	5.07	96.68	3.32	6112.40	5909.60
M	60.86	54.32	6.54	89.25	10.75	2434.40	2172.80
V	141.32	128.33	12.99	90.81	9.19	5652.80	5133.20
M	28.80	25.87	2.93	89.83	10.17	1152.00	1034.80
V	32.42	20.62	11.80	63.60	36.40	1296.80	824.80
M	73.03	68.27	4.76	93.48	6.52	2921.20	2730.80
V	120.99	107.34	13.65	88.72	11.28	4839.60	4293.60
M	134.72	120.23	14.49	89.24	10.76	5388.80	4809.20
V	68.76	53.19	15.57	77.36	22.64	2750.40	2127.60
M	102.55	91.01	11.54	88.75	11.25	4102.00	3640.40
V	96.66	86.24	10.42	89.22	10.78	3866.40	3449.60
M	226.46	205.54	20.92	90.76	9.24	9058.40	8221.60
V	129.18	111.32	17.86	86.17	13.83	5167.20	4452.80

M	83.33	77.31	6.02	92.78	7.22	3333.20	3092.40
V	56.16	41.79	14.37	74.41	25.59	2246.40	1671.60
M	52.61	42.61	10.00	80.99	19.01	2104.40	1704.40
V	61.95	36.55	25.40	59.00	41.00	2478.00	1462.00
M	213.77	184.70	29.07	86.40	13.60	8550.80	7388.00
V	122.18	105.22	16.96	86.12	13.88	4887.20	4208.80
M	109.97	95.87	14.10	87.18	12.82	4398.80	3834.80
V	139.65	124.59	15.06	89.22	10.78	5586.00	4983.60
M	93.43	79.88	13.55	85.50	14.50	3737.20	3195.20
V	109.81	99.34	10.47	90.47	9.53	4392.40	3973.60
M	109.83	92.60	17.23	84.31	15.69	4393.20	3704.00
V	112.75	96.30	16.45	85.41	14.59	4510.00	3852.00
PROMEDIO	103.74	90.39	13.35	86.03	13.97	4149.52	3615.61

CÁLCULO DE BIOMASA (PICHURA)							
MUESTRA	PESO(g)		HUMEDAD (g)	PORCENTAJE (%)		BIOMASA Kg/Há	
	FRESCO	SECO		MATERIA SECA (MS)	HUMEDAD (H)	FRESCO	SECO
1	35.65	22.81	12.84	63.98	36.02	1426.00	912.40
2	154.34	120.32	34.02	77.96	22.04	6173.60	4812.80
3	67.34	60.57	6.77	89.95	10.05	2693.60	2422.80
4	46.69	42.15	4.54	90.28	9.72	1867.60	1686.00
5	31.22	29.35	1.87	94.01	5.99	1248.80	1174.00
6	33.77	30.70	3.07	90.91	9.09	1350.80	1228.00
7	70.88	63.00	7.88	88.88	11.12	2835.20	2520.00
8	41.94	38.27	3.67	91.25	8.75	1677.60	1530.80
9	76.83	61.48	15.35	80.02	19.98	3073.20	2459.20
10	58.79	43.74	15.05	74.40	25.60	2351.60	1749.60
11	64.18	54.37	9.81	84.71	15.29	2567.20	2174.80
12	40.02	36.84	3.18	92.05	7.95	1600.80	1473.60
13	126.47	102.21	24.26	80.82	19.18	5058.80	4088.40
14	114.22	94.98	19.24	83.16	16.84	4568.80	3799.20
15	33.53	23.99	9.54	71.55	28.45	1341.20	959.60
16	30.47	25.83	4.64	84.77	15.23	1218.80	1033.20
17	50.26	42.43	7.83	84.42	15.58	2010.40	1697.20
18	163.08	140.21	22.87	85.98	14.02	6523.20	5608.40
19	67.74	59.43	8.31	87.73	12.27	2709.60	2377.20
20	94.95	84.53	10.42	89.03	10.97	3798.00	3381.20
21	100.38	85.83	14.55	85.51	14.49	4015.20	3433.20
22	74.44	62.87	11.57	84.46	15.54	2977.60	2514.80
23	64.10	52.43	11.67	81.79	18.21	2564.00	2097.20
24	82.07	76.61	5.46	93.35	6.65	3282.80	3064.40

25	83.60	75.87	7.73	90.75	9.25	3344.00	3034.80
26	207.06	178.33	28.73	86.12	13.88	8282.40	7133.20
27	80.55	69.76	10.79	86.60	13.40	3222.00	2790.40
28	92.57	83.08	9.49	89.75	10.25	3702.80	3323.20
29	108.78	91.98	16.80	84.56	15.44	4351.20	3679.20
30	39.10	25.93	13.17	66.32	33.68	1564.00	1037.20
31	77.54	68.87	8.67	88.82	11.18	3101.60	2754.80
32	112.23	92.21	20.02	82.16	17.84	4489.20	3688.40
33	61.78	49.86	11.92	80.71	19.29	2471.20	1994.40
34	89.87	68.87	21.00	76.63	23.37	3594.80	2754.80
PROMEDIO	78.72	66.46	12.26	84.22	15.78	3148.75	2658.48

Fuente: Elaboración propia (2019).

Anexo 4: Producción de biomasa por pixel del distrito de San Pablo.

MUESTRA	PESO(g)		gr/Pixel		M.F	M.S
	FRESCO	SECO	FRESCO	SECO	Kg/Ha	Kg/Ha
1	44.04	38.64	0.65	0.57	1761.60	1545.60
2	42.61	36.55	0.63	0.54	1704.40	1462.00
3	24.29	19.64	0.36	0.29	971.60	785.60
4	55.09	48.16	0.81	0.71	2203.60	1926.40
5	13.92	8.75	0.21	0.13	556.80	350.00
6	74.83	71.98	1.10	1.06	2993.20	2879.20
7	52.65	23.67	0.78	0.35	2106.00	946.80
8	215.41	177.74	3.17	2.62	8616.40	7109.60
9	7.10	6.66	0.10	0.10	284.00	266.40
10	85.77	78.35	1.26	1.15	3430.80	3134.00
11	25.11	20.90	0.37	0.31	1004.40	836.00
12	15.19	10.42	0.22	0.15	607.60	416.80
13	72.15	56.00	1.06	0.83	2886.00	2240.00
14	44.78	37.67	0.66	0.56	1791.20	1506.80
15	256.71	223.26	3.78	3.29	10268.40	8930.40
16	73.83	71.21	1.09	1.05	2953.20	2848.40
17	78.42	58.49	1.16	0.86	3136.80	2339.60
18	22.16	19.39	0.33	0.29	886.40	775.60
19	23.70	18.63	0.35	0.27	948.00	745.20
20	39.63	34.34	0.58	0.51	1585.20	1373.60
21	46.29	37.31	0.68	0.55	1851.60	1492.40
22	40.49	34.00	0.60	0.50	1619.60	1360.00

23	43.89	31.05	0.65	0.46	1755.60	1242.00
24	109.57	92.97	1.61	1.37	4382.80	3718.80
25	28.65	21.64	0.42	0.32	1146.00	865.60
26	124.32	112.30	1.83	1.66	4972.80	4492.00
27	55.76	42.27	0.82	0.62	2230.40	1690.80
28	39.57	31.37	0.58	0.46	1582.80	1254.80
29	66.94	58.48	0.99	0.86	2677.60	2339.20
30	42.55	35.70	0.63	0.53	1702.00	1428.00
31	24.42	33.06	0.36	0.49	976.80	1322.40
32	12.65	7.20	0.19	0.11	506.00	288.00
33	94.72	88.27	1.40	1.30	3788.80	3530.80
34	159.47	143.12	2.35	2.11	6378.80	5724.80
35	91.62	79.41	1.35	1.17	3664.80	3176.40
36	89.34	75.33	1.32	1.11	3573.60	3013.20
37	71.33	67.78	1.05	1.00	2853.20	2711.20
38	21.65	16.72	0.32	0.25	866.00	668.80
39	123.22	114.34	1.82	1.69	4928.80	4573.60
40	20.42	18.80	0.30	0.28	816.80	752.00
41	86.68	74.78	1.28	1.10	3467.20	2991.20
42	74.86	69.40	1.10	1.02	2994.40	2776.00
43	59.14	49.86	0.87	0.73	2365.60	1994.40
44	62.02	56.88	0.91	0.84	2480.80	2275.20
45	69.41	61.97	1.02	0.91	2776.40	2478.80
46	55.27	42.28	0.81	0.62	2210.80	1691.20
47	111.27	103.06	1.64	1.52	4450.80	4122.40
48	27.64	17.04	0.41	0.25	1105.60	681.60
49	57.36	46.40	0.85	0.68	2294.40	1856.00
50	45.18	41.58	0.67	0.61	1807.20	1663.20
51	53.59	47.69	0.79	0.70	2143.60	1907.60
52	65.54	62.89	0.97	0.93	2621.60	2515.60
53	82.44	79.51	1.21	1.17	3297.60	3180.40
54	42.47	31.64	0.63	0.47	1698.80	1265.60
55	31.82	24.59	0.47	0.36	1272.80	983.60
56	29.52	27.40	0.44	0.40	1180.80	1096.00
57	49.98	38.17	0.74	0.56	1999.20	1526.80
58	34.42	21.28	0.51	0.31	1376.80	851.20
59	64.82	59.32	0.96	0.87	2592.80	2372.80
60	86.56	83.95	1.28	1.24	3462.40	3358.00
61	31.49	24.10	0.46	0.36	1259.60	964.00
62	46.43	31.73	0.68	0.47	1857.20	1269.20
63	47.34	42.27	0.70	0.62	1893.60	1690.80

64	41.86	38.48	0.62	0.57	1674.40	1539.20
65	39.82	30.43	0.59	0.45	1592.80	1217.20
66	94.34	81.32	1.39	1.20	3773.60	3252.80
67	82.53	73.71	1.22	1.09	3301.20	2948.40
68	67.43	51.52	0.99	0.76	2697.20	2060.80
69	62.58	60.64	0.92	0.89	2503.20	2425.60
70	23.28	21.25	0.34	0.31	931.20	850.00
71	39.18	35.40	0.58	0.52	1567.20	1416.00
72	145.63	117.64	2.15	1.73	5825.20	4705.60
73	96.89	88.03	1.43	1.30	3875.60	3521.20
74	100.24	89.35	1.48	1.32	4009.60	3574.00
75	67.48	65.26	0.99	0.96	2699.20	2610.40
76	35.26	31.44	0.52	0.46	1410.40	1257.60
77	89.66	80.06	1.32	1.18	3586.40	3202.40
78	99.67	83.95	1.47	1.24	3986.80	3358.00
79	55.63	51.28	0.82	0.76	2225.20	2051.20
80	123.76	101.65	1.82	1.50	4950.40	4066.00
81	66.78	61.23	0.98	0.90	2671.20	2449.20
82	42.75	30.70	0.63	0.45	1710.00	1228.00
83	52.44	46.09	0.77	0.68	2097.60	1843.60
84	98.81	90.24	1.46	1.33	3952.40	3609.60
85	39.94	35.58	0.59	0.52	1597.60	1423.20
86	14.85	13.39	0.22	0.20	594.00	535.60
87	61.95	55.94	0.91	0.82	2478.00	2237.60
88	61.40	53.47	0.90	0.79	2456.00	2138.80
89	116.17	93.21	1.71	1.37	4646.80	3728.40
90	134.37	107.21	1.98	1.58	5374.80	4288.40
91	39.87	35.91	0.59	0.53	1594.80	1436.40
92	75.87	67.92	1.12	1.00	3034.80	2716.80
93	36.71	32.70	0.54	0.48	1468.40	1308.00
94	75.87	64.23	1.12	0.95	3034.80	2569.20
95	52.32	46.96	0.77	0.69	2092.80	1878.40
96	71.21	55.74	1.05	0.82	2848.40	2229.60
97	58.36	39.65	0.86	0.58	2334.40	1586.00
98	42.97	37.24	0.63	0.55	1718.80	1489.60
99	27.94	24.39	0.41	0.36	1117.60	975.60
100	29.46	25.93	0.43	0.38	1178.40	1037.20
101	17.76	9.97	0.26	0.15	710.40	398.80
102	18.95	12.07	0.28	0.18	758.00	482.80
103	130.62	110.08	1.93	1.62	5224.80	4403.20
104	36.53	23.04	0.54	0.34	1461.20	921.60

105	58.34	52.05	0.86	0.77	2333.60	2082.00
106	5.62	4.96	0.08	0.07	224.80	198.40
107	51.11	44.88	0.75	0.66	2044.40	1795.20
108	28.53	25.56	0.42	0.38	1141.20	1022.40
109	230.14	174.86	3.39	2.58	9205.60	6994.40
110	46.46	38.72	0.68	0.57	1858.40	1548.80
111	107.03	99.89	1.58	1.47	4281.20	3995.60
112	132.25	94.89	1.95	1.40	5290.00	3795.60
113	123.95	106.72	1.83	1.57	4958.00	4268.80
114	37.23	26.08	0.55	0.38	1489.20	1043.20
115	67.41	59.59	0.99	0.88	2696.40	2383.60
116	123.42	106.87	1.82	1.58	4936.80	4274.80
117	35.49	31.35	0.52	0.46	1419.60	1254.00
118	47.24	33.64	0.70	0.50	1889.60	1345.60
119	51.87	43.43	0.76	0.64	2074.80	1737.20
120	11.54	10.52	0.17	0.16	461.60	420.80
121	116.05	107.14	1.71	1.58	4642.00	4285.60
122	58.86	49.42	0.87	0.73	2354.40	1976.80
123	141.55	124.87	2.09	1.84	5662.00	4994.80
124	112.54	100.37	1.66	1.48	4501.60	4014.80
125	189.22	157.01	2.79	2.31	7568.80	6280.40
126	127.43	108.49	1.88	1.60	5097.20	4339.60
127	55.55	50.88	0.82	0.75	2222.00	2035.20
128	29.56	26.26	0.44	0.39	1182.40	1050.40
129	56.88	45.05	0.84	0.66	2275.20	1802.00
130	73.79	61.08	1.09	0.90	2951.60	2443.20
131	64.17	54.96	0.95	0.81	2566.80	2198.40
132	118.54	94.18	1.75	1.39	4741.60	3767.20
133	136.44	113.81	2.01	1.68	5457.60	4552.40
134	25.45	18.75	0.38	0.28	1018.00	750.00
135	100.00	93.74	1.47	1.38	4000.00	3749.60
136	112.32	98.87	1.66	1.46	4492.80	3954.80
137	81.05	70.10	1.19	1.03	3242.00	2804.00
138	29.28	26.19	0.43	0.39	1171.20	1047.60
139	22.36	20.30	0.33	0.30	894.40	812.00
140	71.64	63.71	1.06	0.94	2865.60	2548.40
141	78.07	52.75	1.15	0.78	3122.80	2110.00
142	45.64	39.13	0.67	0.58	1825.60	1565.20
143	70.50	55.55	1.04	0.82	2820.00	2222.00
144	76.07	62.76	1.12	0.92	3042.80	2510.40
145	73.26	60.75	1.08	0.90	2930.40	2430.00

146	110.72	93.88	1.63	1.38	4428.80	3755.20
147	80.92	69.05	1.19	1.02	3236.80	2762.00
148	46.24	34.82	0.68	0.51	1849.60	1392.80
149	48.75	43.57	0.72	0.64	1950.00	1742.80
150	112.96	102.05	1.66	1.50	4518.40	4082.00
151	61.77	53.01	0.91	0.78	2470.80	2120.40
152	39.65	25.65	0.58	0.38	1586.00	1026.00
153	103.15	87.54	1.52	1.29	4126.00	3501.60
154	26.74	22.30	0.39	0.33	1069.60	892.00
155	79.81	77.63	1.18	1.14	3192.40	3105.20
156	72.76	65.75	1.07	0.97	2910.40	2630.00
157	113.13	93.76	1.67	1.38	4525.20	3750.40
158	115.32	97.39	1.70	1.44	4612.80	3895.60
159	118.09	97.19	1.74	1.43	4723.60	3887.60
160	115.25	96.42	1.70	1.42	4610.00	3856.80
161	80.11	64.65	1.18	0.95	3204.40	2586.00
162	67.70	61.16	1.00	0.90	2708.00	2446.40
163	105.28	84.90	1.55	1.25	4211.20	3396.00
164	50.55	43.68	0.75	0.64	2022.00	1747.20
165	159.89	138.64	2.36	2.04	6395.60	5545.60
166	89.05	70.75	1.31	1.04	3562.00	2830.00
167	103.76	71.34	1.53	1.05	4150.40	2853.60
168	88.20	75.78	1.30	1.12	3528.00	3031.20
169	82.77	68.82	1.22	1.01	3310.80	2752.80
170	88.39	75.53	1.30	1.11	3535.60	3021.20
171	65.44	51.79	0.96	0.76	2617.60	2071.60
172	80.46	66.89	1.19	0.99	3218.40	2675.60
173	90.42	85.45	1.33	1.26	3616.80	3418.00
174	57.77	43.38	0.85	0.64	2310.80	1735.20
175	82.35	71.93	1.21	1.06	3294.00	2877.20
176	88.24	78.42	1.30	1.16	3529.60	3136.80
177	20.40	18.14	0.30	0.27	816.00	725.60
178	28.13	24.86	0.41	0.37	1125.20	994.40
179	36.15	31.49	0.53	0.46	1446.00	1259.60
180	89.87	72.32	1.32	1.07	3594.80	2892.80
181	37.98	27.65	0.56	0.41	1519.20	1106.00
182	36.43	22.19	0.54	0.33	1457.20	887.60
183	50.83	45.78	0.75	0.67	2033.20	1831.20
184	37.05	32.17	0.55	0.47	1482.00	1286.80
185	61.57	53.43	0.91	0.79	2462.80	2137.20
186	134.53	111.09	1.98	1.64	5381.20	4443.60

187	49.54	39.64	0.73	0.58	1981.60	1585.60
188	52.43	44.78	0.77	0.66	2097.20	1791.20
189	53.43	47.54	0.79	0.70	2137.20	1901.60
190	93.57	72.32	1.38	1.07	3742.80	2892.80
191	79.43	66.69	1.17	0.98	3177.20	2667.60
192	70.21	50.19	1.03	0.74	2808.40	2007.60
193	127.22	92.12	1.87	1.36	5088.80	3684.80
194	147.54	119.68	2.17	1.76	5901.60	4787.20
195	41.64	33.85	0.61	0.50	1665.60	1354.00
196	69.22	50.06	1.02	0.74	2768.80	2002.40
197	132.23	98.21	1.95	1.45	5289.20	3928.40
198	76.73	61.23	1.13	0.90	3069.20	2449.20
199	82.96	73.48	1.22	1.08	3318.40	2939.20
200	125.95	112.77	1.86	1.66	5038.00	4510.80
201	93.23	77.97	1.37	1.15	3729.20	3118.80
202	58.96	52.30	0.87	0.77	2358.40	2092.00
203	37.32	25.43	0.55	0.37	1492.80	1017.20
204	38.43	21.12	0.57	0.31	1537.20	844.80
205	52.32	39.80	0.77	0.59	2092.80	1592.00
206	45.32	32.33	0.67	0.48	1812.80	1293.20
207	129.32	110.60	1.91	1.63	5172.80	4424.00
208	76.43	65.43	1.13	0.96	3057.20	2617.20
209	115.16	105.15	1.70	1.55	4606.40	4206.00
210	73.43	64.46	1.08	0.95	2937.20	2578.40
211	73.62	61.42	1.09	0.91	2944.80	2456.80
212	40.22	37.98	0.59	0.56	1608.80	1519.20
213	58.32	48.20	0.86	0.71	2332.80	1928.00
214	24.32	15.55	0.36	0.23	972.80	622.00
215	55.99	48.95	0.83	0.72	2239.60	1958.00
216	22.13	20.81	0.33	0.31	885.20	832.40
217	49.32	38.27	0.73	0.56	1972.80	1530.80
218	40.28	36.00	0.59	0.53	1611.20	1440.00
219	99.43	81.67	1.47	1.20	3977.20	3266.80
220	48.62	42.95	0.72	0.63	1944.80	1718.00
221	134.43	99.23	1.98	1.46	5377.20	3969.20
222	109.50	100.96	1.61	1.49	4380.00	4038.40
223	121.32	95.97	1.79	1.41	4852.80	3838.80
224	27.09	24.27	0.40	0.36	1083.60	970.80
225	49.73	44.67	0.73	0.66	1989.20	1786.80
226	21.21	16.46	0.31	0.24	848.40	658.40
227	98.98	81.36	1.46	1.20	3959.20	3254.40

228	88.00	79.15	1.30	1.17	3520.00	3166.00
229	65.65	52.85	0.97	0.78	2626.00	2114.00
230	87.14	74.23	1.28	1.09	3485.60	2969.20
231	40.57	37.10	0.60	0.55	1622.80	1484.00
232	60.35	56.58	0.89	0.83	2414.00	2263.20
233	83.43	72.21	1.23	1.06	3337.20	2888.40
234	45.78	34.26	0.67	0.50	1831.20	1370.40
235	57.98	39.87	0.85	0.59	2319.20	1594.80
236	99.97	84.44	1.47	1.24	3998.80	3377.60
237	53.96	48.33	0.80	0.71	2158.40	1933.20
238	85.54	74.36	1.26	1.10	3421.60	2974.40
239	70.30	44.15	1.04	0.65	2812.00	1766.00
240	75.54	64.38	1.11	0.95	3021.60	2575.20
241	59.54	52.89	0.88	0.78	2381.60	2115.60
242	43.21	33.92	0.64	0.50	1728.40	1356.80
243	58.45	48.86	0.86	0.72	2338.00	1954.40
244	33.71	28.70	0.50	0.42	1348.40	1148.00
245	88.97	78.24	1.31	1.15	3558.80	3129.60
246	47.08	38.06	0.69	0.56	1883.20	1522.40
247	71.45	46.22	1.05	0.68	2858.00	1848.80
248	65.54	51.72	0.97	0.76	2621.60	2068.80
249	57.69	47.93	0.85	0.71	2307.60	1917.20
250	93.54	87.77	1.38	1.29	3741.60	3510.80
251	22.57	19.74	0.33	0.29	902.80	789.60
252	113.35	100.61	1.67	1.48	4534.00	4024.40
253	63.75	57.43	0.94	0.85	2550.00	2297.20
254	85.53	66.74	1.26	0.98	3421.20	2669.60
255	121.32	96.75	1.79	1.43	4852.80	3870.00
256	143.32	126.52	2.11	1.86	5732.80	5060.80
257	79.65	60.75	1.17	0.90	3186.00	2430.00
258	126.32	112.93	1.86	1.66	5052.80	4517.20
259	136.28	97.79	2.01	1.44	5451.20	3911.60
260	38.54	27.72	0.57	0.41	1541.60	1108.80
261	146.45	126.69	2.16	1.87	5858.00	5067.60
262	37.43	24.75	0.55	0.36	1497.20	990.00
263	78.54	65.07	1.16	0.96	3141.60	2602.80
264	29.35	19.21	0.43	0.28	1174.00	768.40
265	43.43	32.32	0.64	0.48	1737.20	1292.80
266	25.87	18.34	0.38	0.27	1034.80	733.60
267	114.20	91.65	1.68	1.35	4568.00	3666.00
268	68.43	57.43	1.01	0.85	2737.20	2297.20

269	68.32	50.16	1.01	0.74	2732.80	2006.40
270	41.90	37.94	0.62	0.56	1676.00	1517.60
271	52.53	47.65	0.77	0.70	2101.20	1906.00
272	70.32	55.68	1.04	0.82	2812.80	2227.20
273	127.11	111.52	1.87	1.64	5084.40	4460.80
274	41.50	36.98	0.61	0.55	1660.00	1479.20
275	235.32	203.03	3.47	2.99	9412.80	8121.20
276	127.39	109.00	1.88	1.61	5095.60	4360.00
277	59.75	43.59	0.88	0.64	2390.00	1743.60
278	68.75	60.49	1.01	0.89	2750.00	2419.60
279	224.46	169.19	3.31	2.49	8978.40	6767.60
280	69.46	61.53	1.02	0.91	2778.40	2461.20
281	74.87	64.42	1.10	0.95	2994.80	2576.80
282	33.44	29.99	0.49	0.44	1337.60	1199.60
283	84.49	75.14	1.25	1.11	3379.60	3005.60
284	78.45	68.53	1.16	1.01	3138.00	2741.20
285	159.48	140.83	2.35	2.08	6379.20	5633.20
286	78.76	62.27	1.16	0.92	3150.40	2490.80
287	11.56	9.96	0.17	0.15	462.40	398.40
288	99.87	88.33	1.47	1.30	3994.80	3533.20
289	50.76	32.06	0.75	0.47	2030.40	1282.40
290	35.25	30.12	0.52	0.44	1410.00	1204.80
291	61.43	52.63	0.91	0.78	2457.20	2105.20
292	68.88	58.03	1.02	0.86	2755.20	2321.20
293	102.23	81.55	1.51	1.20	4089.20	3262.00
294	44.76	40.40	0.66	0.60	1790.40	1616.00
295	68.32	54.59	1.01	0.80	2732.80	2183.60
296	67.32	46.92	0.99	0.69	2692.80	1876.80
297	58.43	40.29	0.86	0.59	2337.20	1611.60
298	98.43	80.58	1.45	1.19	3937.20	3223.20
299	57.64	44.54	0.85	0.66	2305.60	1781.60
300	74.64	62.04	1.10	0.91	2985.60	2481.60
301	106.13	92.54	1.56	1.36	4245.20	3701.60
302	57.03	51.40	0.84	0.76	2281.20	2056.00
303	40.21	23.59	0.59	0.35	1608.40	943.60
304	41.67	39.10	0.61	0.58	1666.80	1564.00
305	27.43	16.02	0.40	0.24	1097.20	640.80
306	50.43	37.12	0.74	0.55	2017.20	1484.80
307	42.77	38.11	0.63	0.56	1710.80	1524.40
308	28.32	13.65	0.42	0.20	1132.80	546.00
309	78.32	60.17	1.15	0.89	3132.80	2406.80

310	48.32	35.13	0.71	0.52	1932.80	1405.20
311	43.53	34.32	0.64	0.51	1741.20	1372.80
312	24.32	11.85	0.36	0.17	972.80	474.00
313	121.32	93.72	1.79	1.38	4852.80	3748.80
314	49.32	39.95	0.73	0.59	1972.80	1598.00
315	72.91	63.59	1.07	0.94	2916.40	2543.60
316	102.42	91.03	1.51	1.34	4096.80	3641.20
317	54.53	41.38	0.80	0.61	2181.20	1655.20
318	36.24	31.57	0.53	0.47	1449.60	1262.80
319	68.43	57.83	1.01	0.85	2737.20	2313.20
320	51.42	39.97	0.76	0.59	2056.80	1598.80
321	143.94	123.18	2.12	1.82	5757.60	4927.20
322	56.46	49.64	0.83	0.73	2258.40	1985.60
323	145.89	118.80	2.15	1.75	5835.60	4752.00
324	42.42	35.29	0.63	0.52	1696.80	1411.60
325	79.33	67.86	1.17	1.00	3173.20	2714.40
326	58.43	44.99	0.86	0.66	2337.20	1799.60
327	76.43	69.74	1.13	1.03	3057.20	2789.60
328	49.75	44.49	0.73	0.66	1990.00	1779.60
329	53.22	48.35	0.78	0.71	2128.80	1934.00
330	84.11	74.96	1.24	1.10	3364.40	2998.40
331	52.13	44.11	0.77	0.65	2085.20	1764.40
332	19.55	17.14	0.29	0.25	782.00	685.60
333	37.91	33.51	0.56	0.49	1516.40	1340.40
334	41.56	36.44	0.61	0.54	1662.40	1457.60
335	37.04	21.74	0.55	0.32	1481.60	869.60
336	27.49	20.63	0.41	0.30	1099.60	825.20
PROMEDIO	70.51	58.99	1.04	0.87	2820.46	2359.46

Fuente: Elaboración propia (2019).

Anexo 5: Producción de biomasa por píxel del distrito de San Pedro.

MUESTRA	PESO(g)		g/PIXEL		M.F	M.S
	FRESCO	SECO	FRESCO	SECO	Kg/Ha	Kg/Ha
1	7.89	7.38	0.12	0.11	315.60	295.20
2	154.43	143.87	2.28	2.12	6177.20	5754.80
3	32.23	26.56	0.48	0.39	1289.20	1062.40
4	56.96	52.22	0.84	0.77	2278.40	2088.80
5	40.38	35.20	0.60	0.52	1615.20	1408.00
6	73.21	67.24	1.08	0.99	2928.40	2689.60
7	68.36	60.81	1.01	0.90	2734.40	2432.40
8	78.70	74.44	1.16	1.10	3148.00	2977.60
9	22.76	20.46	0.34	0.30	910.40	818.40
10	99.53	96.05	1.47	1.42	3981.20	3842.00
11	30.07	26.65	0.44	0.39	1202.80	1066.00
12	135.42	124.99	2.00	1.84	5416.80	4999.60
13	107.18	92.90	1.58	1.37	4287.20	3716.00
14	28.65	23.70	0.42	0.35	1146.00	948.00
15	97.07	90.82	1.43	1.34	3882.80	3632.80
16	81.19	60.85	1.20	0.90	3247.60	2434.00
17	150.94	138.50	2.22	2.04	6037.60	5540.00
18	59.12	54.66	0.87	0.81	2364.80	2186.40
19	182.43	161.08	2.69	2.37	7297.20	6443.20
20	123.94	115.86	1.83	1.71	4957.60	4634.40
21	101.71	86.45	1.50	1.27	4068.40	3458.00
22	36.08	31.78	0.53	0.47	1443.20	1271.20
23	121.31	109.63	1.79	1.62	4852.40	4385.20
24	51.98	47.06	0.77	0.69	2079.20	1882.40
25	39.02	31.46	0.58	0.46	1560.80	1258.40
26	39.09	35.55	0.58	0.52	1563.60	1422.00
27	226.65	212.20	3.34	3.13	9066.00	8488.00
28	102.32	85.27	1.51	1.26	4092.80	3410.80
29	51.52	40.76	0.76	0.60	2060.80	1630.40
30	101.24	91.76	1.49	1.35	4049.60	3670.40
31	38.29	33.70	0.56	0.50	1531.60	1348.00
32	89.63	74.67	1.32	1.10	3585.20	2986.80
33	95.35	90.81	1.41	1.34	3814.00	3632.40
34	50.29	43.15	0.74	0.64	2011.60	1726.00
35	35.64	22.72	0.53	0.33	1425.60	908.80
36	43.85	40.48	0.65	0.60	1754.00	1619.20
37	92.05	79.93	1.36	1.18	3682.00	3197.20

38	138.49	114.23	2.04	1.68	5539.60	4569.20
39	76.75	66.98	1.13	0.99	3070.00	2679.20
40	54.12	39.51	0.80	0.58	2164.80	1580.40
41	131.50	105.34	1.94	1.55	5260.00	4213.60
42	147.59	120.45	2.18	1.78	5903.60	4818.00
43	101.94	89.11	1.50	1.31	4077.60	3564.40
44	76.75	73.20	1.13	1.08	3070.00	2928.00
45	62.74	51.58	0.92	0.76	2509.60	2063.20
46	25.93	23.92	0.38	0.35	1037.20	956.80
47	57.26	53.26	0.84	0.78	2290.40	2130.40
48	88.61	80.21	1.31	1.18	3544.40	3208.40
49	57.66	42.44	0.85	0.63	2306.40	1697.60
50	98.02	88.57	1.44	1.31	3920.80	3542.80
51	124.44	120.42	1.83	1.77	4977.60	4816.80
52	81.64	79.95	1.20	1.18	3265.60	3198.00
53	44.03	38.40	0.65	0.57	1761.20	1536.00
54	25.88	23.41	0.38	0.35	1035.20	936.40
55	191.08	164.05	2.82	2.42	7643.20	6562.00
56	112.39	93.97	1.66	1.38	4495.60	3758.80
57	65.07	62.40	0.96	0.92	2602.80	2496.00
58	51.10	48.79	0.75	0.72	2044.00	1951.60
59	171.44	150.42	2.53	2.22	6857.60	6016.80
60	117.73	107.92	1.74	1.59	4709.20	4316.80
61	109.97	104.56	1.62	1.54	4398.80	4182.40
62	108.12	105.87	1.59	1.56	4324.80	4234.80
63	160.71	142.73	2.37	2.10	6428.40	5709.20
64	120.52	103.95	1.78	1.53	4820.80	4158.00
65	46.82	39.45	0.69	0.58	1872.80	1578.00
66	38.64	34.32	0.57	0.51	1545.60	1372.80
67	75.43	66.43	1.11	0.98	3017.20	2657.20
68	35.54	27.54	0.52	0.41	1421.60	1101.60
69	78.51	71.61	1.16	1.06	3140.40	2864.40
70	156.45	134.06	2.31	1.98	6258.00	5362.40
71	152.23	142.40	2.24	2.10	6089.20	5696.00
72	56.46	47.54	0.83	0.70	2258.40	1901.60
73	21.35	17.52	0.31	0.26	854.00	700.80
74	9.59	7.54	0.14	0.11	383.60	301.60
75	64.54	53.42	0.95	0.79	2581.60	2136.80
76	56.54	50.53	0.83	0.74	2261.60	2021.20
77	72.29	53.00	1.07	0.78	2891.60	2120.00
78	32.77	26.54	0.48	0.39	1310.80	1061.60

79	76.92	64.54	1.13	0.95	3076.80	2581.60
80	65.43	58.54	0.96	0.86	2617.20	2341.60
81	113.80	96.00	1.68	1.41	4552.00	3840.00
82	58.01	48.20	0.85	0.71	2320.40	1928.00
83	90.38	79.08	1.33	1.17	3615.20	3163.20
84	45.17	33.00	0.67	0.49	1806.80	1320.00
85	64.43	53.43	0.95	0.79	2577.20	2137.20
86	12.81	9.85	0.19	0.15	512.40	394.00
87	21.57	17.34	0.32	0.26	862.80	693.60
88	14.73	11.84	0.22	0.17	589.20	473.60
89	11.20	10.03	0.17	0.15	448.00	401.20
90	31.04	25.32	0.46	0.37	1241.60	1012.80
91	57.98	49.74	0.85	0.73	2319.20	1989.60
92	93.32	83.43	1.38	1.23	3732.80	3337.20
93	64.50	55.23	0.95	0.81	2580.00	2209.20
94	32.13	26.65	0.47	0.39	1285.20	1066.00
95	26.44	19.32	0.39	0.28	1057.60	772.80
96	17.13	15.82	0.25	0.23	685.20	632.80
97	67.32	59.10	0.99	0.87	2692.80	2364.00
98	39.01	34.84	0.57	0.51	1560.40	1393.60
99	25.62	20.76	0.38	0.31	1024.80	830.40
100	194.66	157.57	2.87	2.32	7786.40	6302.80
101	86.27	70.91	1.27	1.05	3450.80	2836.40
102	157.78	147.22	2.33	2.17	6311.20	5888.80
103	34.29	20.85	0.51	0.31	1371.60	834.00
104	36.20	31.98	0.53	0.47	1448.00	1279.20
105	100.90	98.69	1.49	1.45	4036.00	3947.60
106	14.37	11.10	0.21	0.16	574.80	444.00
107	17.52	12.65	0.26	0.19	700.80	506.00
108	88.13	75.03	1.30	1.11	3525.20	3001.20
109	63.66	59.80	0.94	0.88	2546.40	2392.00
110	31.60	28.59	0.47	0.42	1264.00	1143.60
111	42.42	37.23	0.63	0.55	1696.80	1489.20
112	87.49	82.27	1.29	1.21	3499.60	3290.80
113	31.79	26.94	0.47	0.40	1271.60	1077.60
114	38.52	24.15	0.57	0.36	1540.80	966.00
115	88.05	70.67	1.30	1.04	3522.00	2826.80
116	17.30	13.32	0.25	0.20	692.00	532.80
117	69.67	60.87	1.03	0.90	2786.80	2434.80
118	10.20	8.97	0.15	0.13	408.00	358.80
119	86.30	72.32	1.27	1.07	3452.00	2892.80

120	55.68	48.69	0.82	0.72	2227.20	1947.60
121	136.97	120.48	2.02	1.78	5478.80	4819.20
122	137.23	128.44	2.02	1.89	5489.20	5137.60
123	241.70	209.61	3.56	3.09	9668.00	8384.40
124	176.67	162.10	2.60	2.39	7066.80	6484.00
125	85.53	74.38	1.26	1.10	3421.20	2975.20
126	89.63	76.20	1.32	1.12	3585.20	3048.00
127	156.12	136.33	2.30	2.01	6244.80	5453.20
128	142.32	128.10	2.10	1.89	5692.80	5124.00
129	96.82	85.24	1.43	1.26	3872.80	3409.60
130	48.32	34.05	0.71	0.50	1932.80	1362.00
131	65.76	59.52	0.97	0.88	2630.40	2380.80
132	90.21	75.44	1.33	1.11	3608.40	3017.60
133	102.21	90.95	1.51	1.34	4088.40	3638.00
134	45.32	30.21	0.67	0.45	1812.80	1208.40
135	76.69	66.84	1.13	0.99	3067.60	2673.60
136	57.86	47.23	0.85	0.70	2314.40	1889.20
137	155.31	133.80	2.29	1.97	6212.40	5352.00
138	84.75	76.94	1.25	1.13	3390.00	3077.60
139	76.31	71.87	1.12	1.06	3052.40	2874.80
140	102.32	91.73	1.51	1.35	4092.80	3669.20
141	75.47	67.44	1.11	0.99	3018.80	2697.60
142	83.43	78.81	1.23	1.16	3337.20	3152.40
143	133.05	117.09	1.96	1.73	5322.00	4683.60
144	66.95	60.92	0.99	0.90	2678.00	2436.80
145	195.22	157.50	2.88	2.32	7808.80	6300.00
146	89.67	70.19	1.32	1.03	3586.80	2807.60
147	141.64	122.82	2.09	1.81	5665.60	4912.80
148	152.81	147.74	2.25	2.18	6112.40	5909.60
149	60.86	54.32	0.90	0.80	2434.40	2172.80
150	141.32	128.33	2.08	1.89	5652.80	5133.20
151	28.80	25.87	0.42	0.38	1152.00	1034.80
152	32.42	20.62	0.48	0.30	1296.80	824.80
153	73.03	68.27	1.08	1.01	2921.20	2730.80
154	120.99	107.34	1.78	1.58	4839.60	4293.60
155	134.72	120.23	1.99	1.77	5388.80	4809.20
156	68.76	53.19	1.01	0.78	2750.40	2127.60
157	102.55	91.01	1.51	1.34	4102.00	3640.40
158	96.66	86.24	1.42	1.27	3866.40	3449.60
159	226.46	205.54	3.34	3.03	9058.40	8221.60
160	129.18	111.32	1.90	1.64	5167.20	4452.80

161	83.33	77.31	1.23	1.14	3333.20	3092.40
162	56.16	41.79	0.83	0.62	2246.40	1671.60
163	52.61	42.61	0.78	0.63	2104.40	1704.40
164	61.95	36.55	0.91	0.54	2478.00	1462.00
165	213.77	184.70	3.15	2.72	8550.80	7388.00
166	122.18	105.22	1.80	1.55	4887.20	4208.80
167	109.97	95.87	1.62	1.41	4398.80	3834.80
168	139.65	124.59	2.06	1.84	5586.00	4983.60
169	93.43	79.88	1.38	1.18	3737.20	3195.20
170	109.81	99.34	1.62	1.46	4392.40	3973.60
171	109.83	92.60	1.62	1.36	4393.20	3704.00
172	112.75	96.30	1.66	1.42	4510.00	3852.00
173	35.65	22.81	0.53	0.34	1426.00	912.40
174	154.34	120.32	2.27	1.77	6173.60	4812.80
175	67.34	60.57	0.99	0.89	2693.60	2422.80
176	46.69	42.15	0.69	0.62	1867.60	1686.00
177	31.22	29.35	0.46	0.43	1248.80	1174.00
178	33.77	30.70	0.50	0.45	1350.80	1228.00
179	70.88	63.00	1.04	0.93	2835.20	2520.00
180	41.94	38.27	0.62	0.56	1677.60	1530.80
181	76.83	61.48	1.13	0.91	3073.20	2459.20
182	58.79	43.74	0.87	0.64	2351.60	1749.60
183	64.18	54.37	0.95	0.80	2567.20	2174.80
184	40.02	36.84	0.59	0.54	1600.80	1473.60
185	126.47	102.21	1.86	1.51	5058.80	4088.40
186	114.22	94.98	1.68	1.40	4568.80	3799.20
187	33.53	23.99	0.49	0.35	1341.20	959.60
188	30.47	25.83	0.45	0.38	1218.80	1033.20
189	50.26	42.43	0.74	0.63	2010.40	1697.20
190	163.08	140.21	2.40	2.07	6523.20	5608.40
191	67.74	59.43	1.00	0.88	2709.60	2377.20
192	94.95	84.53	1.40	1.25	3798.00	3381.20
193	100.38	85.83	1.48	1.26	4015.20	3433.20
194	74.44	62.87	1.10	0.93	2977.60	2514.80
195	64.10	52.43	0.94	0.77	2564.00	2097.20
196	82.07	76.61	1.21	1.13	3282.80	3064.40
197	83.60	75.87	1.23	1.12	3344.00	3034.80
198	207.06	178.33	3.05	2.63	8282.40	7133.20
199	80.55	69.76	1.19	1.03	3222.00	2790.40
200	92.57	83.08	1.36	1.22	3702.80	3323.20
201	108.78	91.98	1.60	1.36	4351.20	3679.20

202	39.10	25.93	0.58	0.38	1564.00	1037.20
203	77.54	68.87	1.14	1.02	3101.60	2754.80
204	112.23	92.21	1.65	1.36	4489.20	3688.40
205	61.78	49.86	0.91	0.73	2471.20	1994.40
206	89.87	68.87	1.32	1.02	3594.80	2754.80
PROMEDIO	82.96	72.14	1.22	1.06	3318.60	2885.78

Fuente: Elaboración propia (2019).

Anexo 6: Valores NDVI del humedal del distrito de San Pablo.

MUESTRA	COORDENADAS		NDVI
	X	Y	
0	251614	8426439	0.2755
1	251607	8426434	0.2679
2	251527	8426269	0.2601
3	251521	8426258	0.2614
4	251410	8426094	0.2509
5	251404	8426095	0.2542
6	251277	8425940	0.2266
7	251270	8425937	0.2444
8	251150	8425783	0.2496
9	251142	8425780	0.2815
10	250997	8425653	0.1464
11	250879	8425818	0.2496
12	251037	8425948	0.2820
13	251029	8425949	0.2309
14	251165	8426104	0.2324
15	251157	8426102	0.2232
16	251270	8426274	0.2258
17	251263	8426275	0.2281
18	251388	8426435	0.2891
19	251382	8426436	0.2757
20	251243	8426575	0.2350
21	251238	8426578	0.2632
22	251129	8426406	0.2562
23	251120	8426405	0.2647
24	251000	8426244	0.2420
25	250991	8426242	0.2007

26	250859	8426094	0.2394
27	250852	8426093	0.2344
28	250711	8425952	0.2720
29	250533	8426081	0.2776
30	250539	8426082	0.2969
31	250652	8426245	0.2539
32	250657	8426244	0.2464
33	250784	8426396	0.2448
35	250928	8426543	0.2541
36	250922	8426543	0.2469
37	251051	8426705	0.3139
38	251044	8426705	0.2990
39	250864	8426779	0.2989
40	250859	8426778	0.3066
41	250716	8426634	0.3160
42	250709	8426635	0.2916
43	250581	8426484	0.2613
44	250575	8426482	0.2512
45	250432	8426347	0.2150
46	250424	8426347	0.2079
47	250286	8426207	0.2315
48	250280	8426205	0.2344
51	250297	8426499	0.2485
52	250290	8426502	0.2270
53	250448	8426642	0.3088
54	250444	8426642	0.2918
55	250581	8426788	0.2429
56	250574	8426786	0.2750
57	250549	8426991	0.2435
58	250542	8426991	0.2735
59	250410	8426829	0.2894
60	250404	8426827	0.2482
61	250283	8426675	0.2395
62	250277	8426673	0.2413
63	250123	8426551	0.2164
64	250117	8426550	0.1964
65	249957	8426417	0.2392
66	249953	8426414	0.2140
67	249801	8426298	0.1709
68	249794	8426298	0.1814
69	249714	8426479	0.1709

76	250236	8427046	0.2576
77	250231	8427044	0.2518
78	250067	8427161	0.2476
79	250061	8427160	0.2626
80	249918	8426986	0.2037
81	249906	8426980	0.2076
82	249767	8426853	0.2421
83	249615	8426982	0.2096
84	249756	8427126	0.2694
85	249747	8427126	0.2842
86	249896	8427271	0.2338
87	249890	8427272	0.2341
88	249796	8427444	0.2163
89	249794	8427439	0.2590
90	250286	8428277	0.2279
91	250281	8428274	0.2245
92	250356	8428348	0.2509
93	250351	8428349	0.2548
94	250425	8428426	0.2104
95	250418	8428425	0.2235
96	250507	8428364	0.2640
97	250498	8428362	0.2622
98	250445	8428279	0.2432
99	250438	8428279	0.2221
100	250388	8428196	0.2211
172	251539	8426921	0.2554
173	251530	8426921	0.2348
174	251426	8426937	0.2553
175	251417	8426939	0.2635
176	251477	8427024	0.2609
177	251468	8427024	0.2611
186	251421	8427084	0.2537
187	251411	8427082	0.2365
188	251356	8426999	0.2359
189	251364	8427000	0.2483
190	251288	8427073	0.2706
191	251278	8427074	0.2583
192	251339	8427159	0.1227
193	251327	8427158	0.1333
202	251239	8427213	0.2285
203	251233	8427219	0.2035

204	251184	8427134	0.2858
205	251176	8427130	0.2453
208	251154	8427278	0.1617
209	251146	8427277	0.1653
210	251103	8427367	0.2434
218	251090	8427323	0.1492
219	251082	8427322	0.1512
220	251031	8427238	0.2944
221	251025	8427236	0.3213
222	250954	8427302	0.2324
223	250945	8427301	0.2331
224	251005	8427387	0.2206
225	250998	8427387	0.2724
234	250902	8427453	0.2718
235	250893	8427451	0.2604
236	250857	8427359	0.2927
237	250849	8427358	0.2724
240	250822	8427499	0.2135
241	250814	8427496	0.2171
252	250703	8427468	0.2720
253	250693	8427464	0.2486
254	250613	8427512	0.2295
255	250602	8427511	0.2363
268	250537	8427584	0.2589
269	250529	8427585	0.2496
270	250447	8427629	0.2371
271	250440	8427627	0.2107
285	250386	8427679	0.2273
286	250304	8427725	0.2251
287	250296	8427724	0.2418
305	250186	8428058	0.2044
306	250180	8428057	0.1796
307	250244	8428138	0.2517
308	250236	8428139	0.2460
309	250150	8428173	0.2484
310	250141	8428170	0.2363
311	250085	8428098	0.2364
312	250079	8428097	0.2351
313	250030	8428012	0.2443
314	250024	8428011	0.2317

315	249967	8427933	0.2161
316	249923	8428024	0.2287
317	249917	8428026	0.2262
318	249983	8428106	0.2347
319	249978	8428104	0.2234
320	250043	8428186	0.2156
321	250037	8428185	0.2371
322	250096	8428272	0.2505
323	250090	8428271	0.2296
		PROMEDIO	0.2417

Fuente: Elaboración propia (2019).

Anexo 7: Valores NDVI del humedal del distrito de San Pedro.

MUESTRA	COORDENADAS		NDVI
	X	Y	
1	248469	8429755	0.1871
3	248527	8429857	0.1978
5	248383	8429823	0.2208
7	248438	8429924	0.2121
9	248573	8429915	0.2208
11	248493	8430003	0.2012
13	248634	8429975	0.2580
17	248664	8430036	0.2580
19	248582	8430154	0.2621
21	248718	8430078	0.2547
23	248633	8430222	0.2576
25	248769	8430131	0.2409
27	248692	8430279	0.2435
29	248799	8430179	0.2353
31	248742	8430340	0.2613
33	248850	8430235	0.2644
35	248801	8430397	0.2705
37	248906	8430294	0.2628
39	248846	8430444	0.3215
41	248947	8430345	0.2656
43	248790	8430494	0.3011
45	2487739	8430537	0.2936
47	248732	8430437	0.2912
49	248694	8430483	0.2557

51	248683	8430380	0.2884
53	248647	8430419	0.2789
55	248644	8430320	0.2839
57	248599	8430354	0.2562
59	248597	8430262	0.2708
61	248549	8430304	0.2480
63	248552	8430208	0.2523
65	248506	8430261	0.2591
69	248462	8430221	0.2440
71	248372	8430044	0.2736
72	248367	8430041	0.1949
73	248265	8429858	0.2060
74	248256	8429856	0.2029
75	248097	8429967	0.2232
76	248092	8429966	0.2412
77	248188	8430144	0.2434
79	248286	8430309	0.2447
80	248278	8430309	0.3077
81	248364	8430486	0.3094
83	248482	8430651	0.2959
84	248475	8430650	0.3064
85	248605	8430807	0.3106
86	248597	8430806	0.3380
88	248433	8430918	0.3064
89	248323	8430751	0.3084
90	248319	8430751	0.2642
91	248218	8430580	0.2759
92	248213	8430579	0.2019
93	248101	8430403	0.2231
94	248095	8430400	0.2269
95	248000	8430229	0.2196
96	247994	8430228	0.2030
97	247821	8430309	0.2030
98	247815	8430308	0.2296
99	247946	8430478	0.2124
100	247941	8430479	0.2566
101	248082	8430624	0.2536
102	248075	8430621	0.3188
103	248193	8430789	0.2822
104	248187	8430789	0.3594
105	248327	8430939	0.3522

106	248319	8430941	0.2968
107	248190	8431089	0.2982
108	248183	8431087	0.2830
109	248023	8430912	0.2687
110	248015	8430912	0.1950
111	247899	8430762	0.2063
112	247894	8430761	0.2158
113	247785	8430598	0.2114
114	247775	8430598	0.2590
115	247684	8430407	0.2635
116	247678	8430407	0.2162
117	245380	8430235	0.2558
118	245371	8430230	0.2175
119	245319	8430028	0.2010
120	245312	8430026	0.2602
121	245411	8429826	0.2491
122	245405	8429824	0.2292
124	245501	8430008	0.1949
125	245589	8430200	0.2125
126	245581	8430200	0.2070
127	245777	8430123	0.2351
128	245771	8430123	0.2187
129	245692	8429941	0.2301
130	245688	8429939	0.2701
131	245820	8429766	0.2358
132	245811	8429760	0.3143
133	245888	8429954	0.3215
134	245881	8429948	0.2776
135	245963	8430135	0.2648
136	245955	8430133	0.2835
137	246155	8430043	0.2902
138	246149	8430041	0.2453
139	246082	8429854	0.2262
140	246071	8429852	0.2560
141	246014	8429663	0.2506
142	246006	8429658	0.2708
143	246189	8429560	0.2606
144	246179	8429560	0.2291
145	246273	8429747	0.2329
146	246263	8429745	0.2842
147	246322	8429943	0.2874

148	246317	8429941	0.2540
149	246522	8429958	0.2397
150	246514	8429955	0.1821
151	245127	8430628	0.1988
152	245120	8430625	0.2373
153	245098	8430519	0.2523
154	245092	8430514	0.2066
155	245161	8430442	0.2178
156	245155	8430445	0.1880
157	245198	8430535	0.2287
158	245193	8430533	0.1906
159	245211	8430627	0.2400
160	245206	8430622	0.2407
161	245311	8430621	0.2427
162	245305	8430615	0.2258
163	245282	8430520	0.2206
164	245272	8430516	0.2141
165	245228	8430433	0.2349
166	245223	8430428	0.2294
167	245328	8430413	0.2485
168	245321	8430410	0.2274
169	245358	8430510	0.2668
170	245352	8430506	0.2430
171	245383	8430602	0.2535
172	245376	8430599	0.3500
173	245484	8430594	0.3424
174	245479	8430589	0.2777
175	245465	8430491	0.2507
176	245460	8430487	0.2558
177	245421	8430389	0.2482
179	245525	8430360	0.2491
180	245518	8430356	0.2641
181	245568	8430453	0.2687
182	245560	8430450	0.2660
183	245598	8430551	0.2621
184	245593	8430548	0.2834
185	245696	8430567	0.2140
187	245679	8430469	0.2320
188	245674	8430466	0.2194
189	245654	8430373	0.2188
190	245647	8430369	0.2315

191	245741	8430323	0.2515
192	245735	8430319	0.2134
193	245757	8430423	0.2262
194	245752	8430421	0.2301
195	245784	8430519	0.2199
196	245777	8430518	0.2144
197	245893	8430503	0.2025
198	245889	8430501	0.2332
199	245848	8430410	0.2477
200	245843	8430408	0.2696
201	245825	8430312	0.2388
202	245821	8430312	0.2600
203	245929	8430322	0.2616
204	245924	8430315	0.2434
205	245977	8430409	0.2422
		PROMEDIO	0.2501

Fuente: Elaboración propia (2019).

Anexo 8: Clases de cobertura de suelo.

a) Clase humedal.



Fuente: Elaboración propia (2019).

b) Clase Agricultura.



Fuente: Elaboración propia (2019).

c) Clase urbanización.



Fuente: Elaboración propia (2019).

d) Clase salinera.



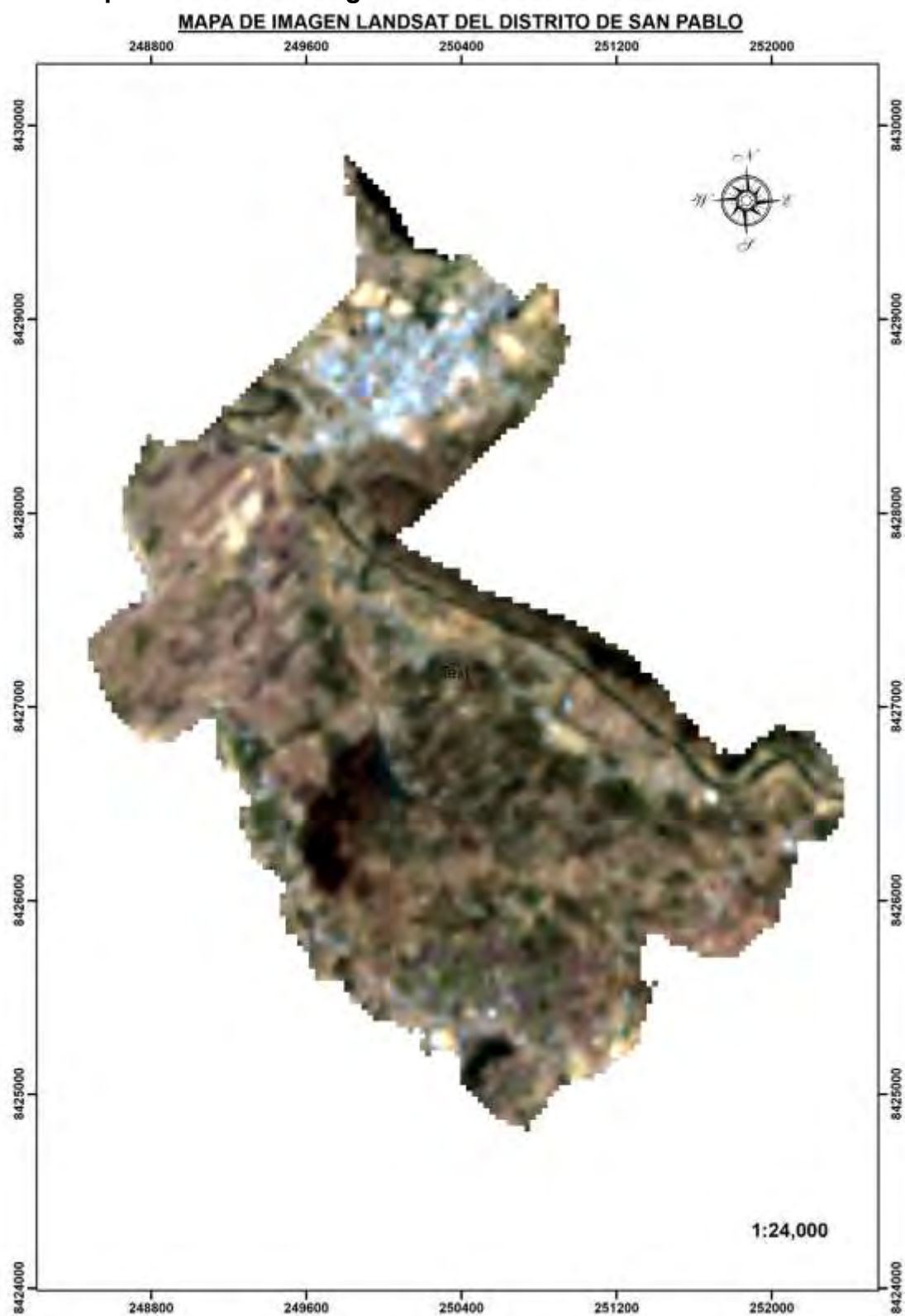
Fuente: Elaboración propia (2019).

e) Clase agua.



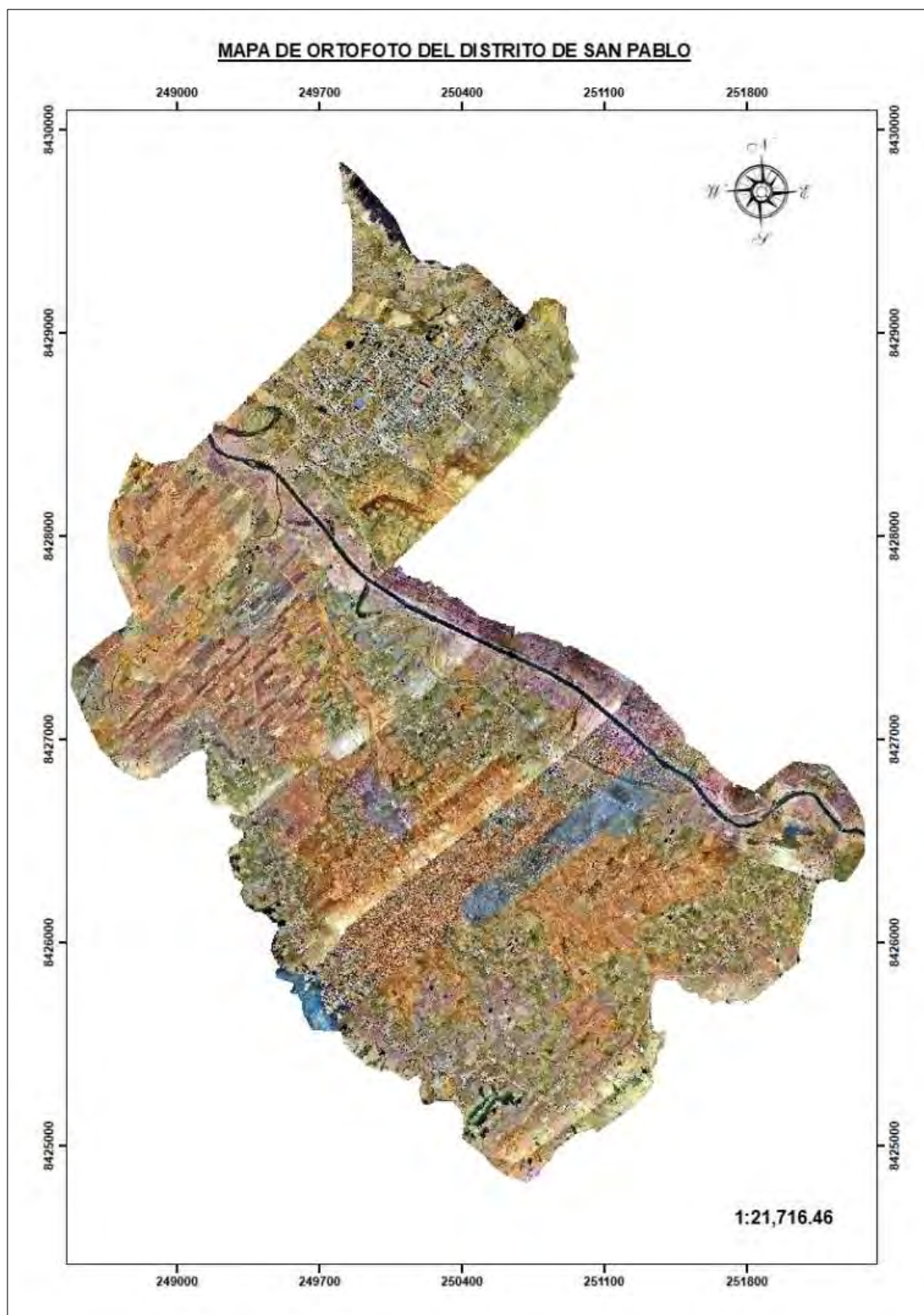
Fuente: Elaboración propia (2019).

Anexo 9: Mapa de raster de imagen satelital Landsat del distrito de San Pablo.



Fuente: Elaboración propia (2019).

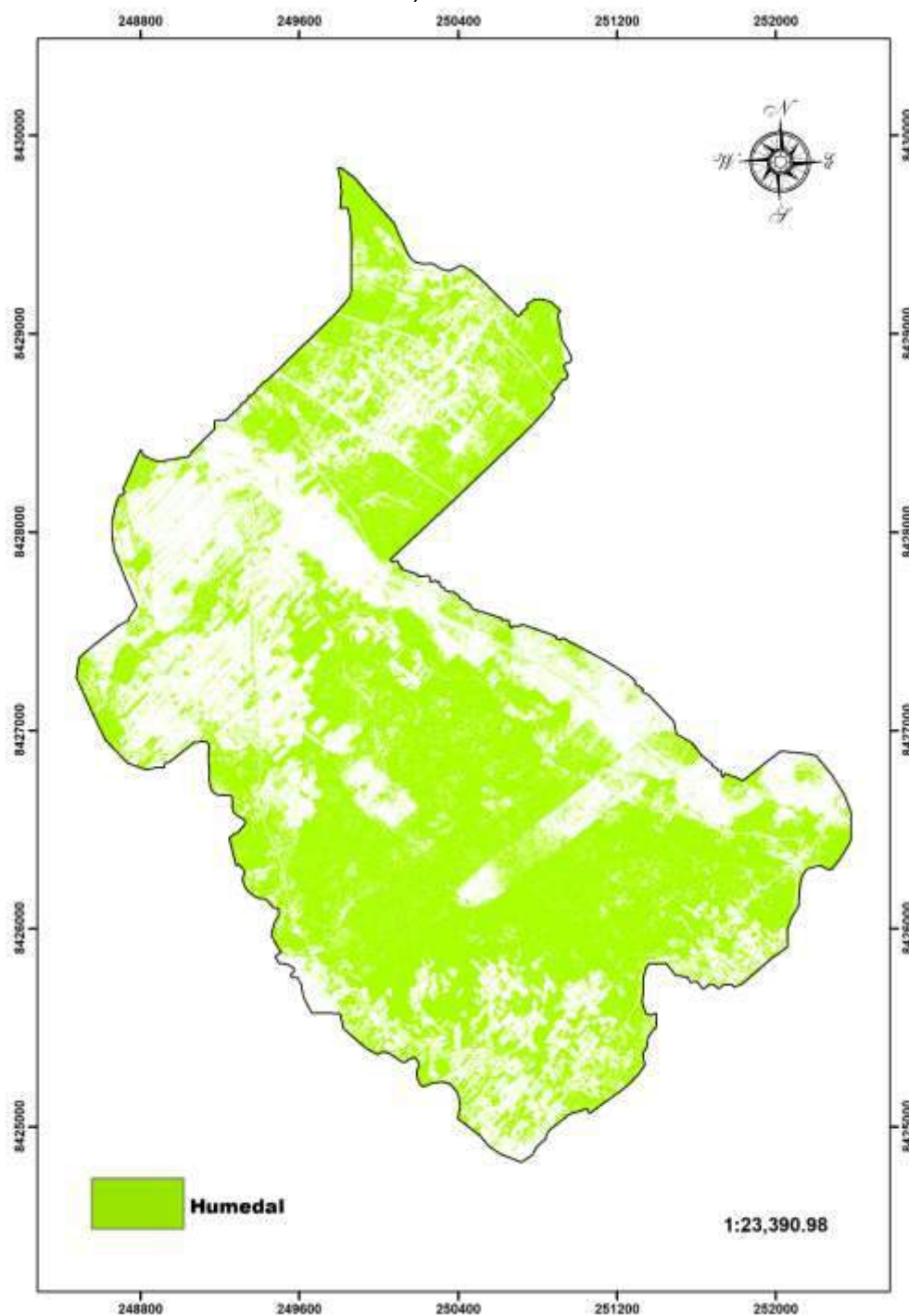
Anexo 10: Mapa de raster con dron del distrito de San Pablo.



Fuente: Elaboración propia (2019).

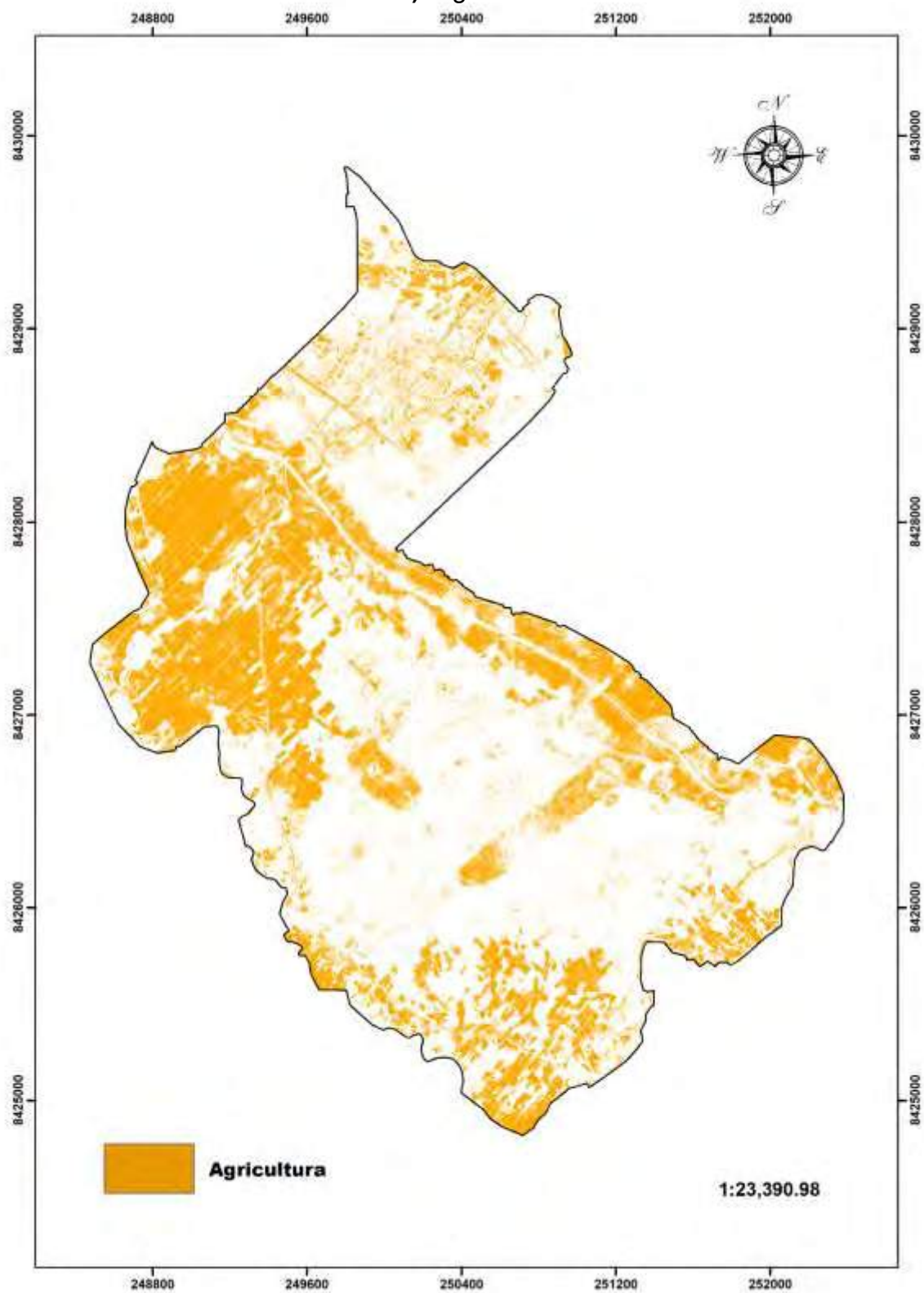
**Anexo 11: Clases de coberturas de la clasificacion supervizada de imágenes
capturas con dron del distrito de San Pablo.**

a) Humedal.



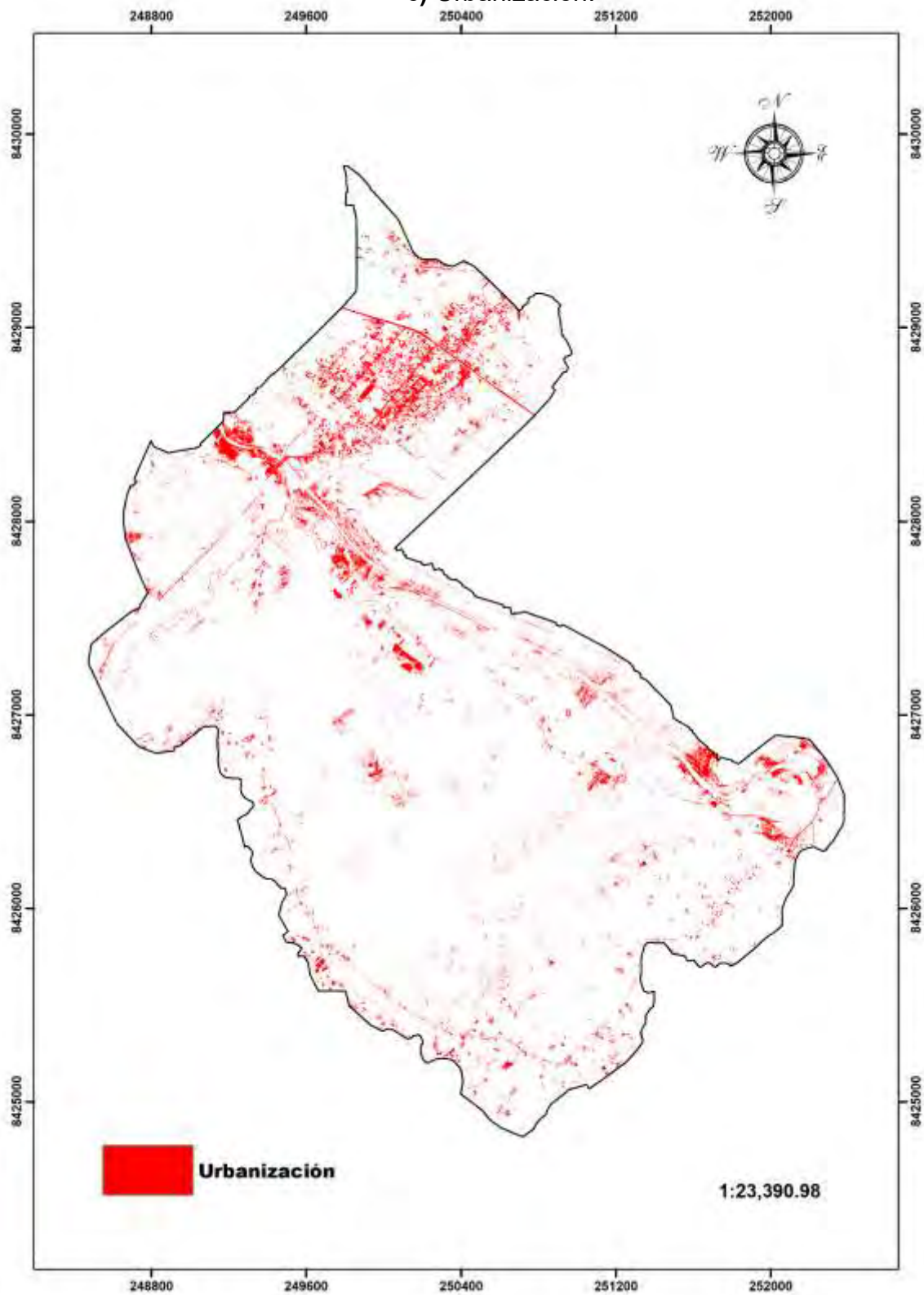
Fuente: Elaboración propia (2019).

b) Agricultura.



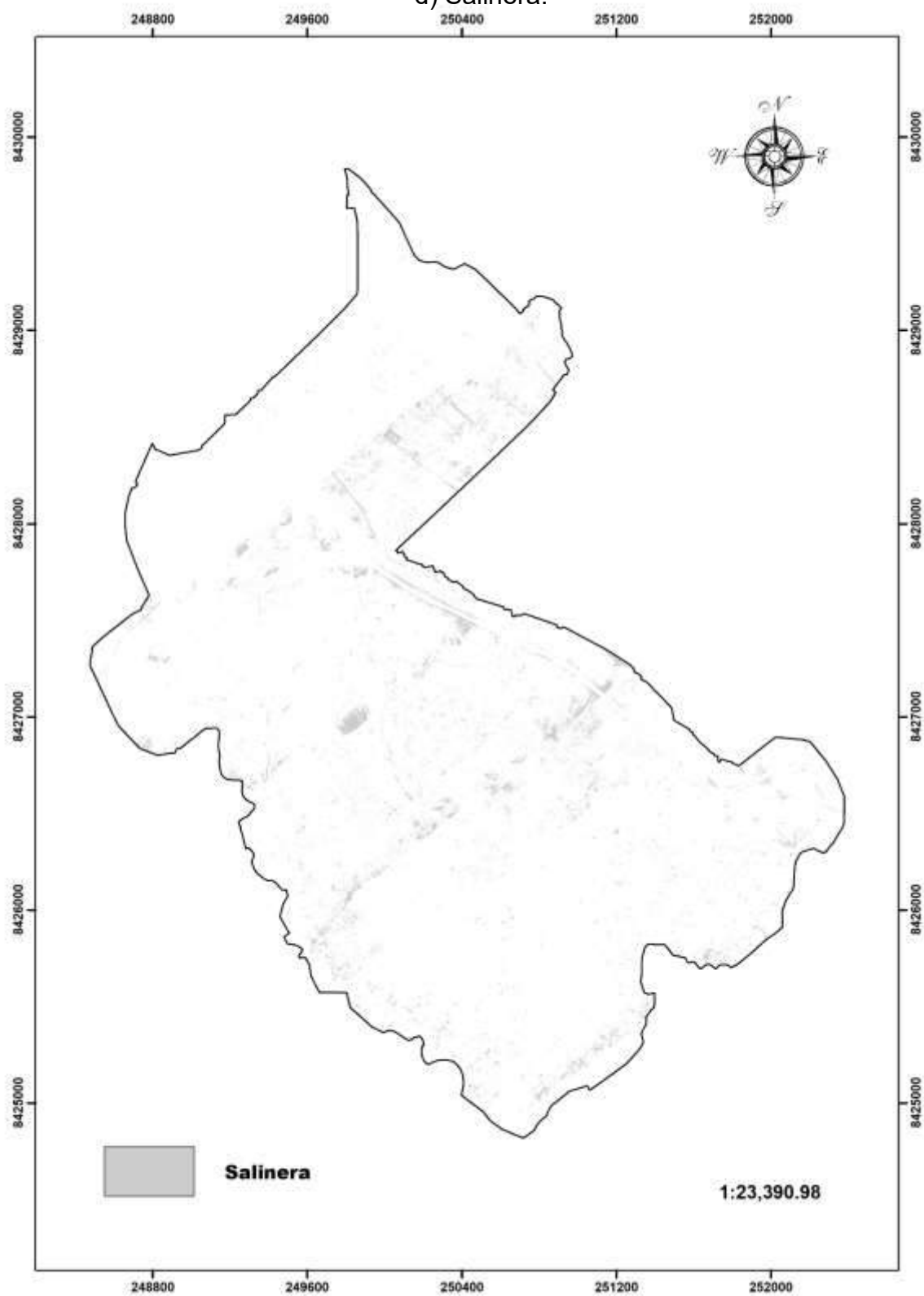
Fuente: Elaboración propia (2019).

c) Urbanización.



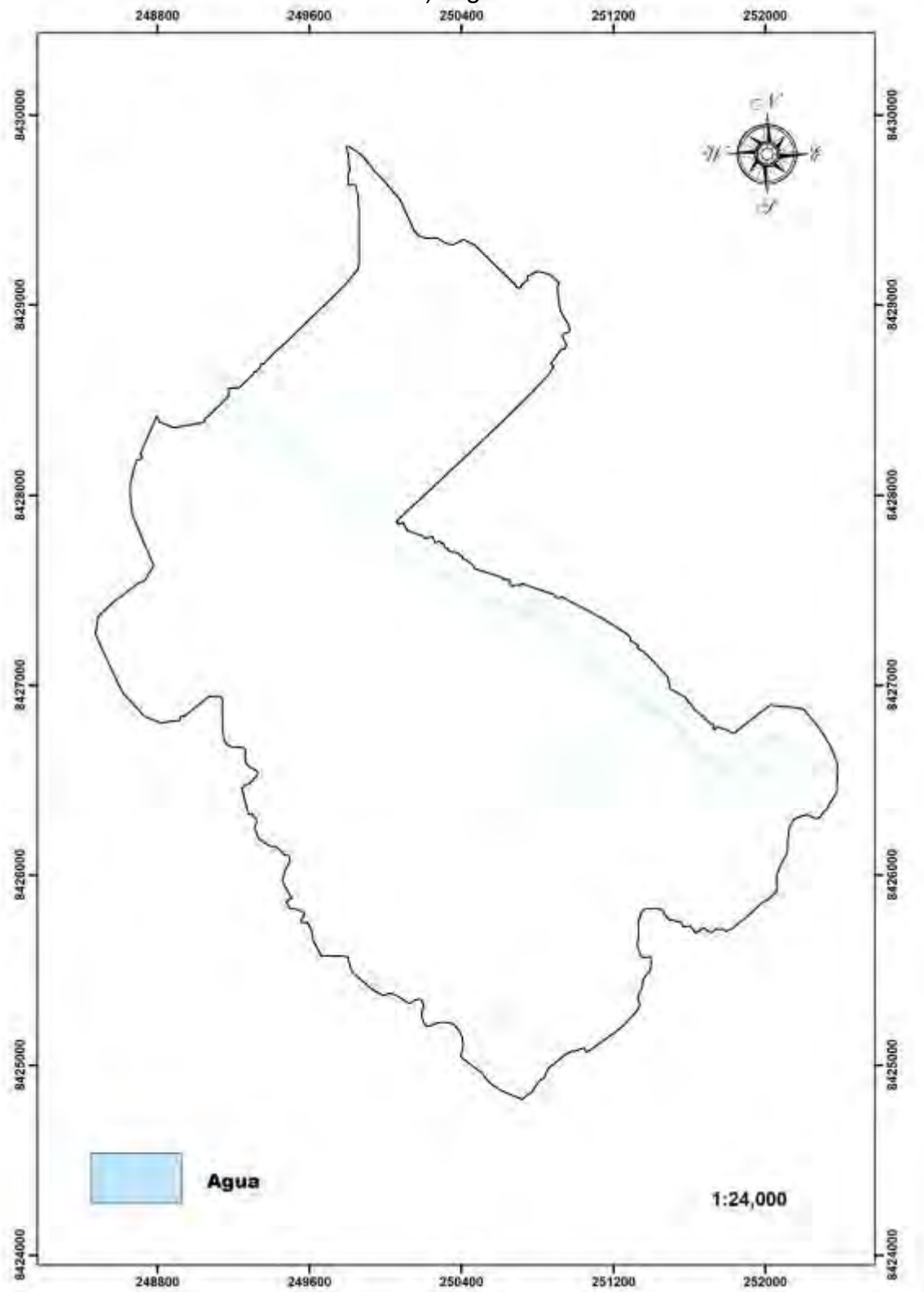
Fuente: Elaboración propia (2019).

d) Salinera.



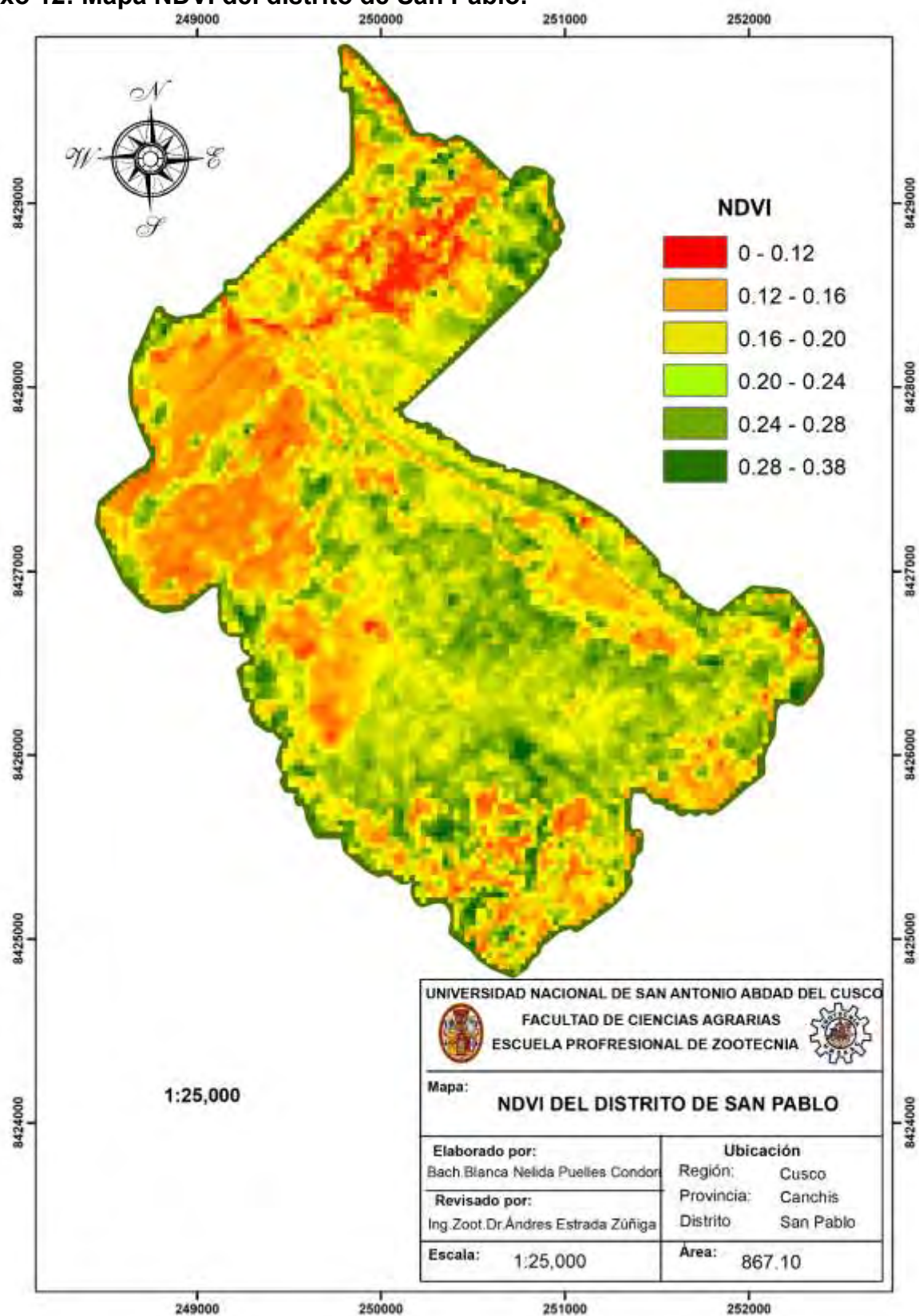
Fuente: Elaboración propia (2019).

e) Agua.



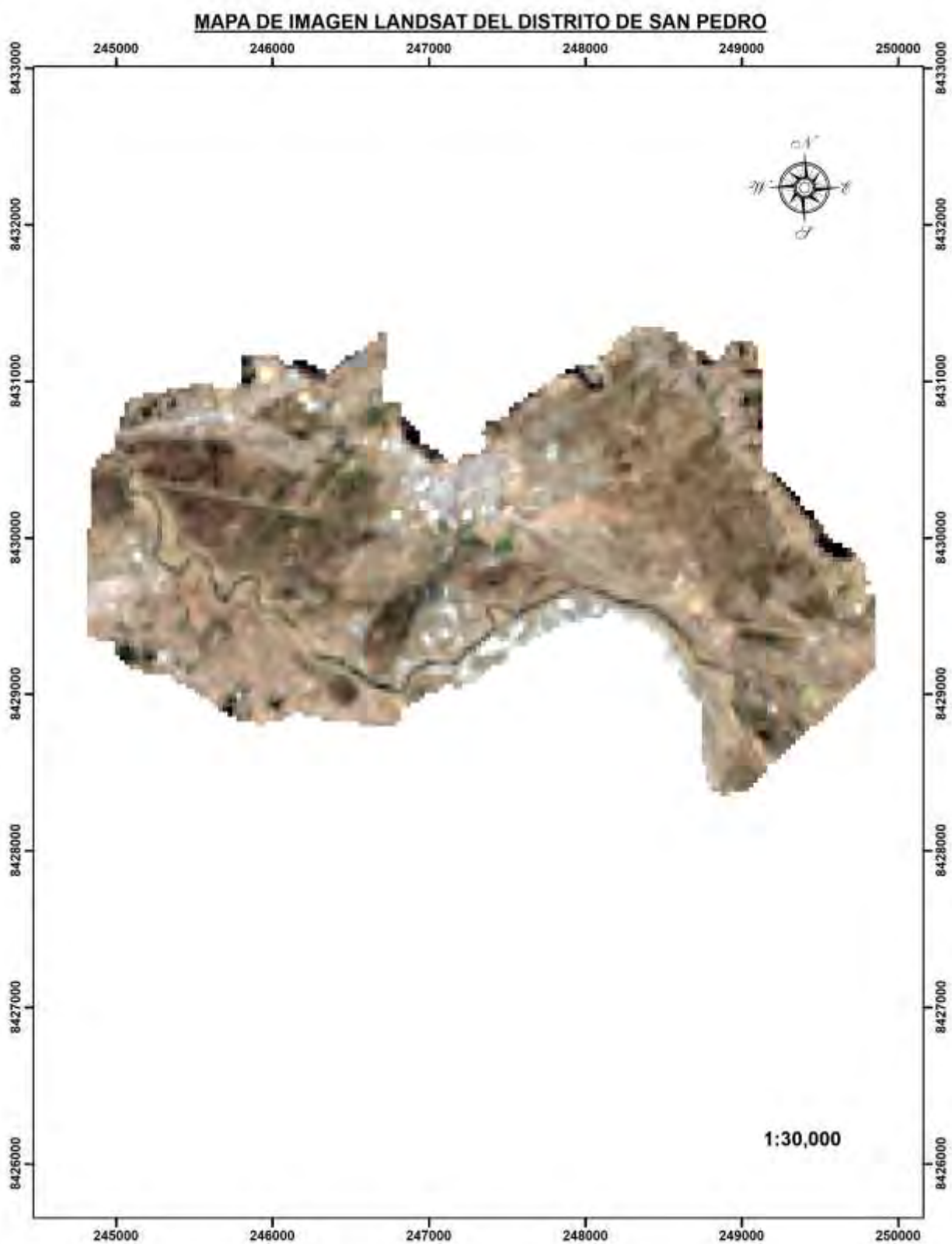
Fuente: Elaboración propia (2019).

Anexo 12: Mapa NDVI del distrito de San Pablo.



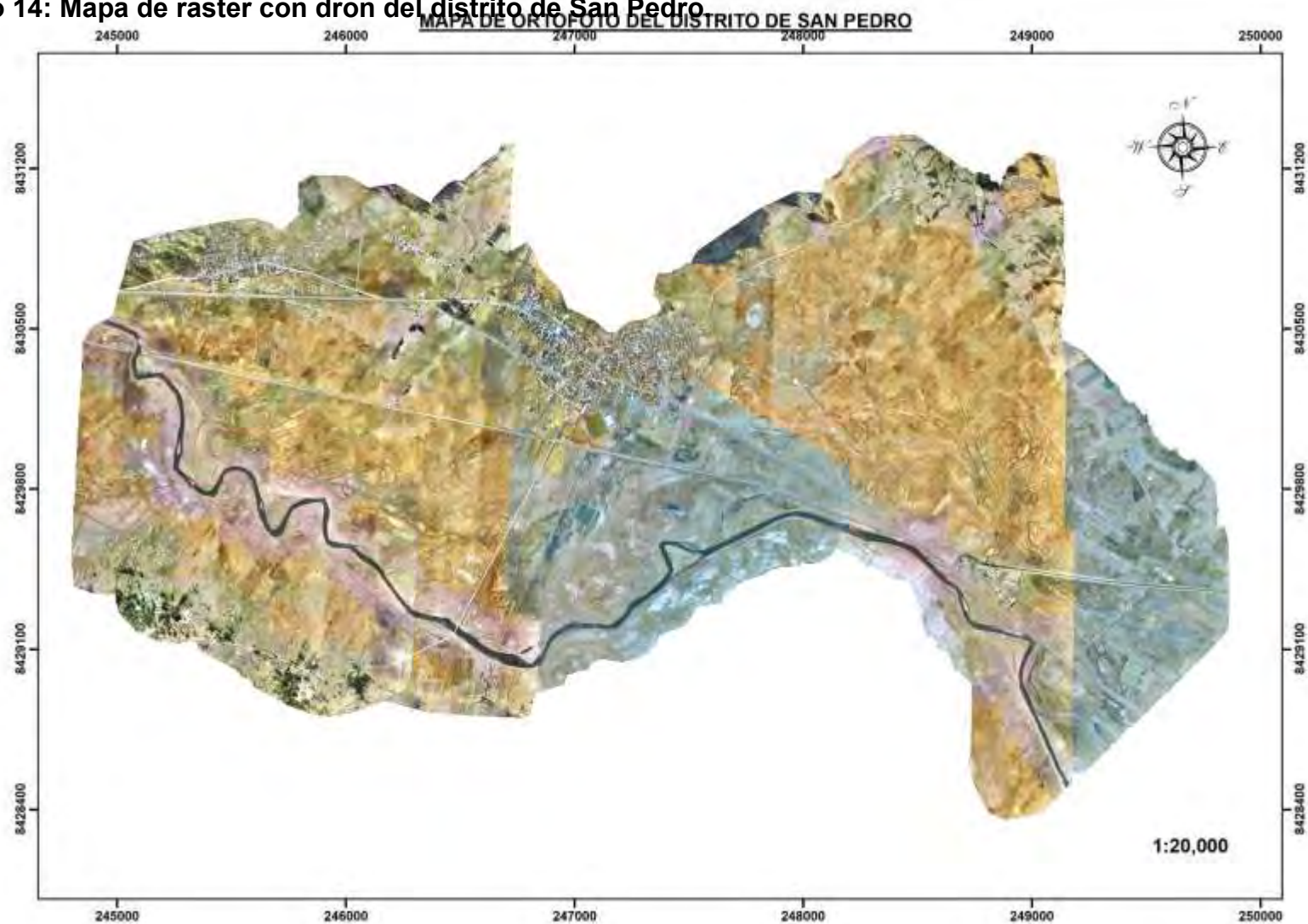
Fuente: Elaboración propia (2019).

Anexo 13: Mapa de raster de imagen satelital Landsat del distrito de San Pedro.



Fuente: Elaboración propia (2019).

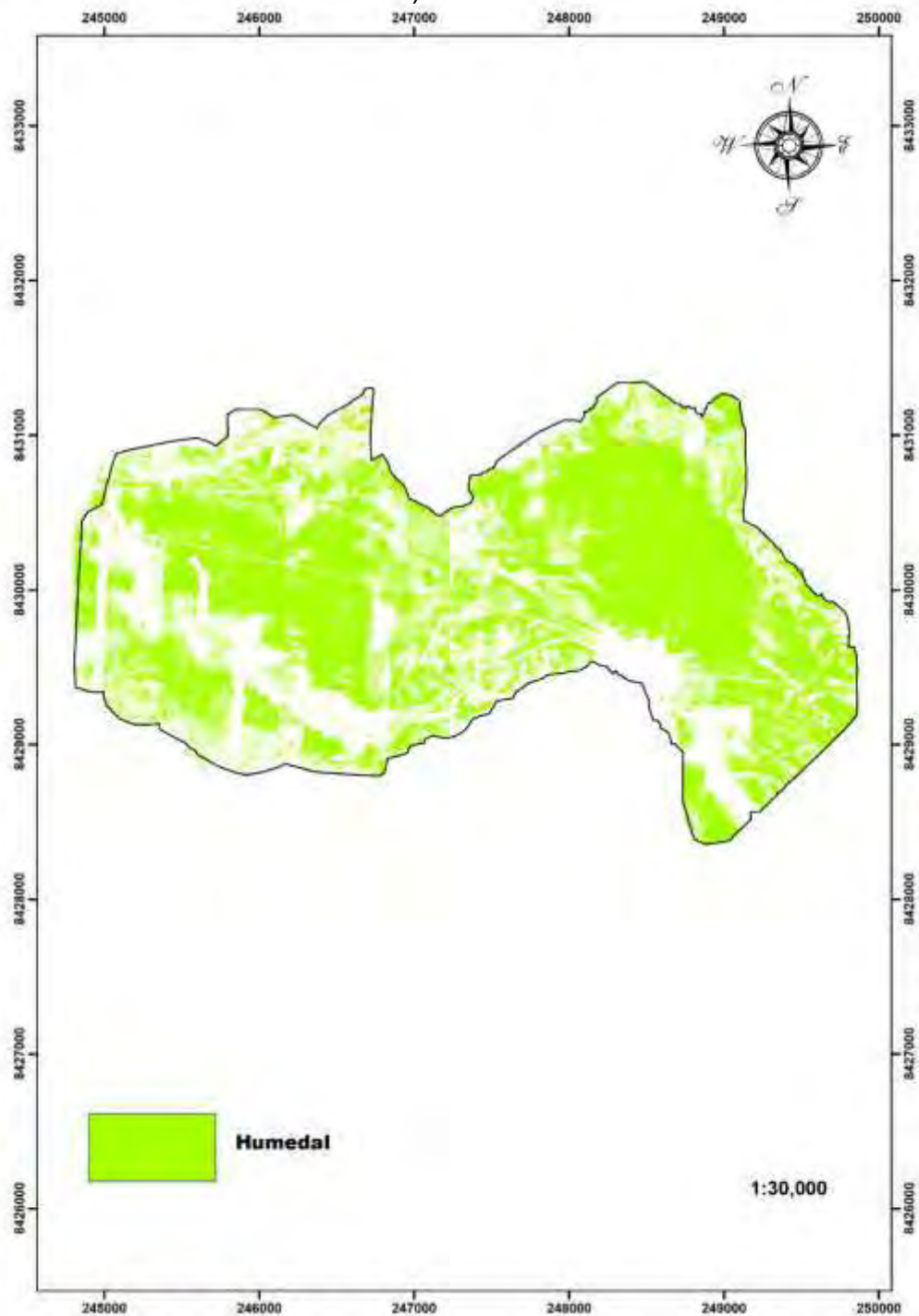
Anexo 14: Mapa de raster con dron del distrito de San Pedro



Fuente: Elaboración propia (2019).

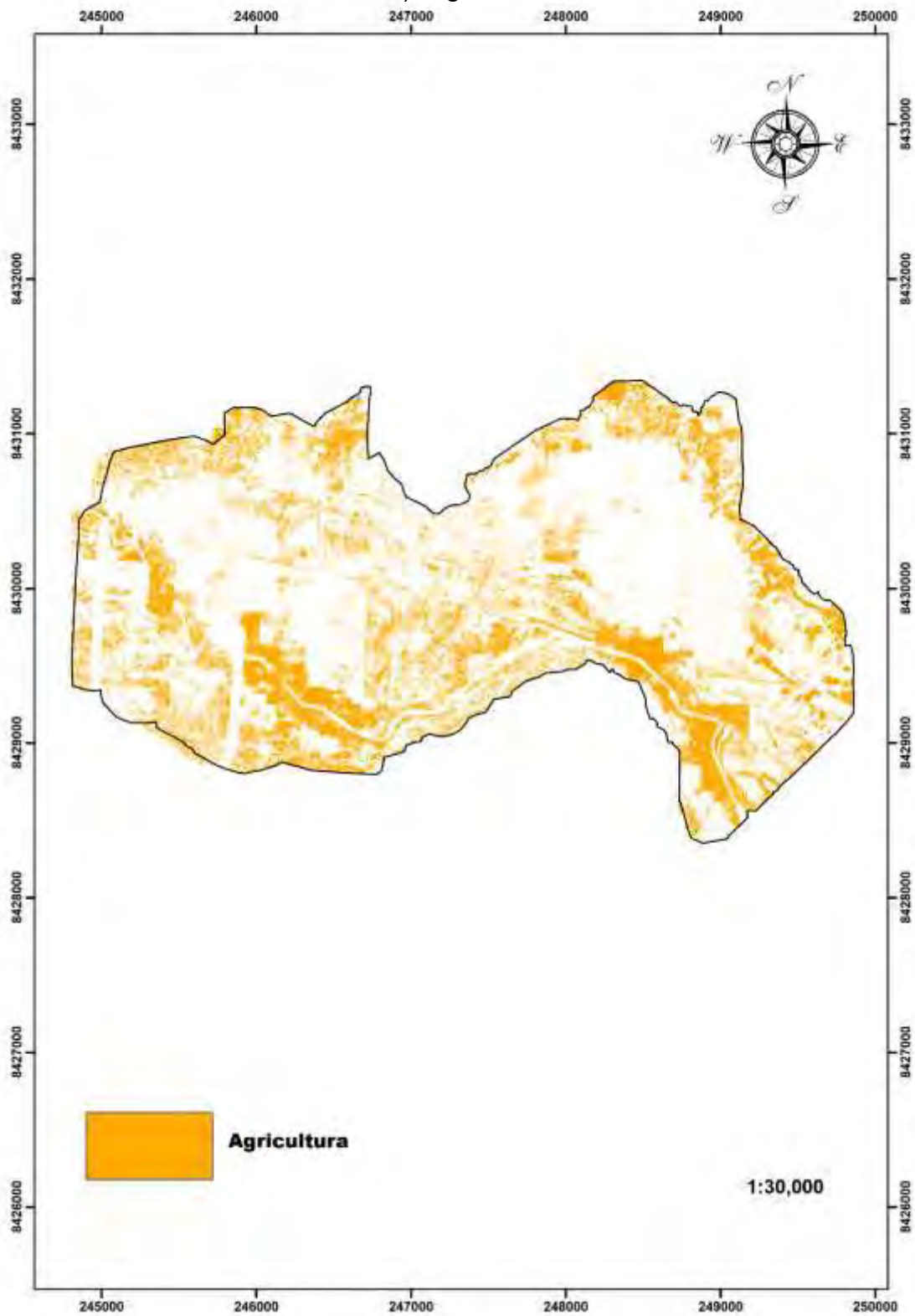
Anexo 15: Clases de coberturas de la clasificación supervisada de imágenes capturas con dron del distrito de San Pedro.

a) Humedal.



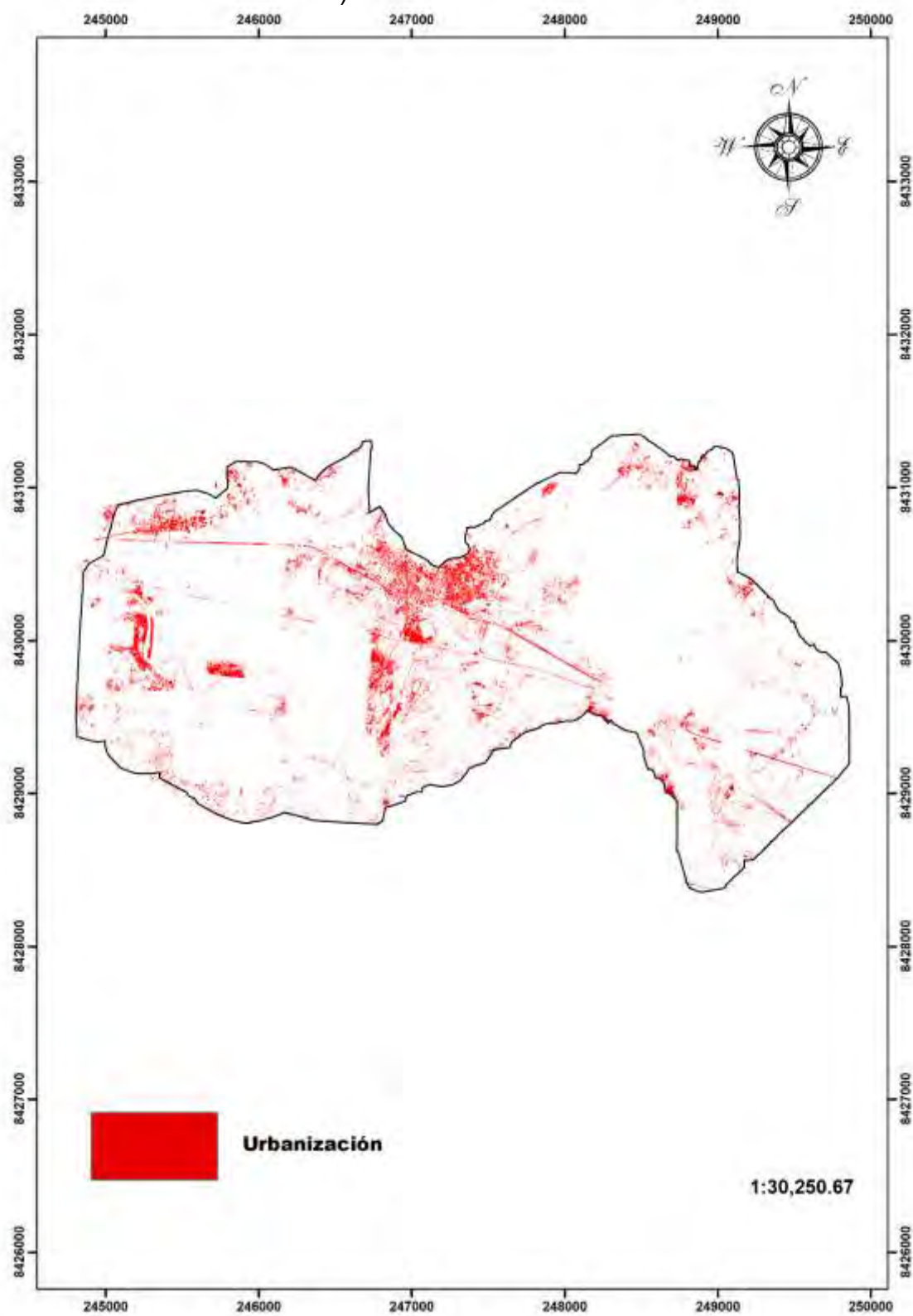
Fuente: Elaboración propia (2019)

b) Agricultura.



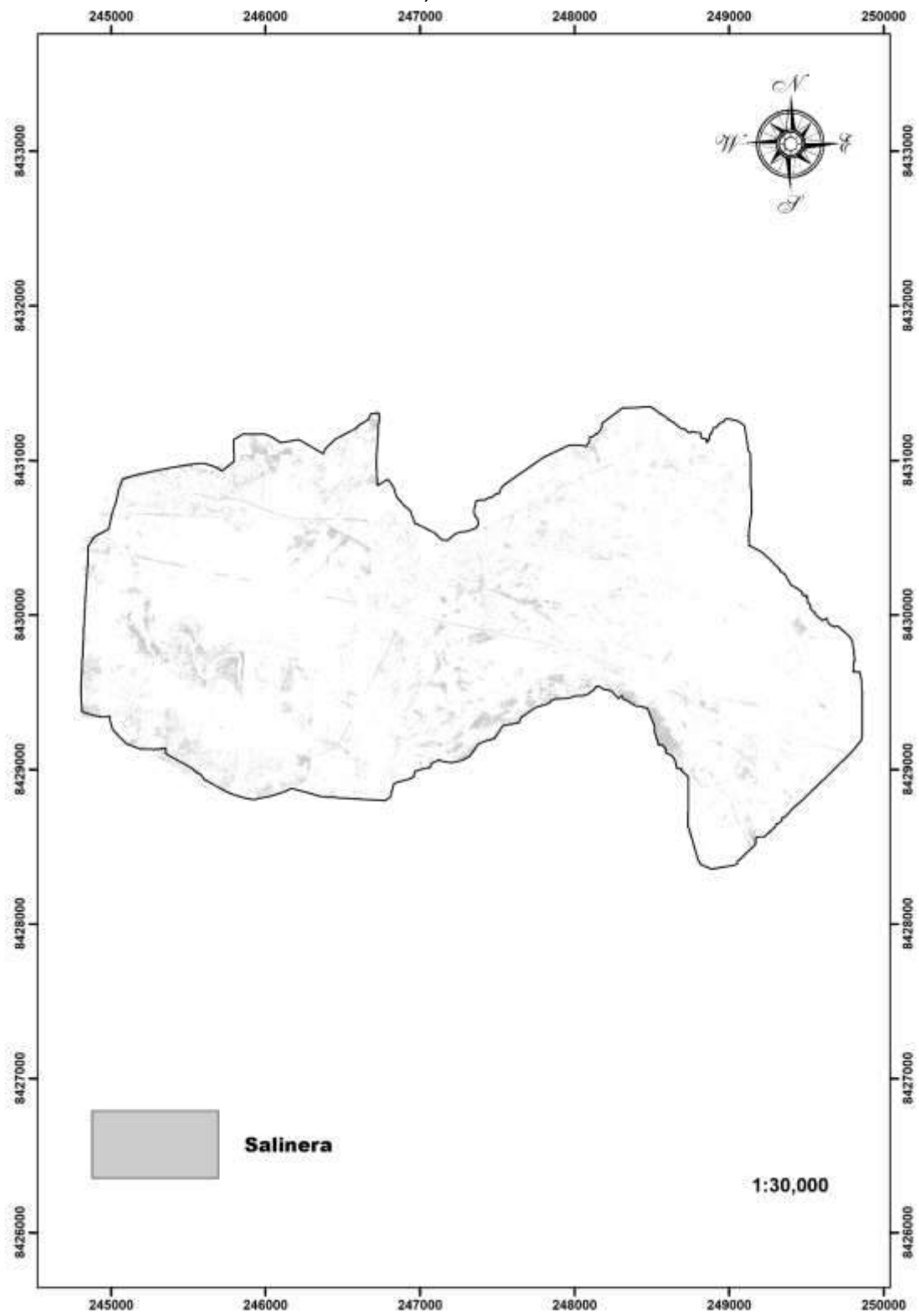
Fuente: Elaboración propia (2019).

c) Urbanización.



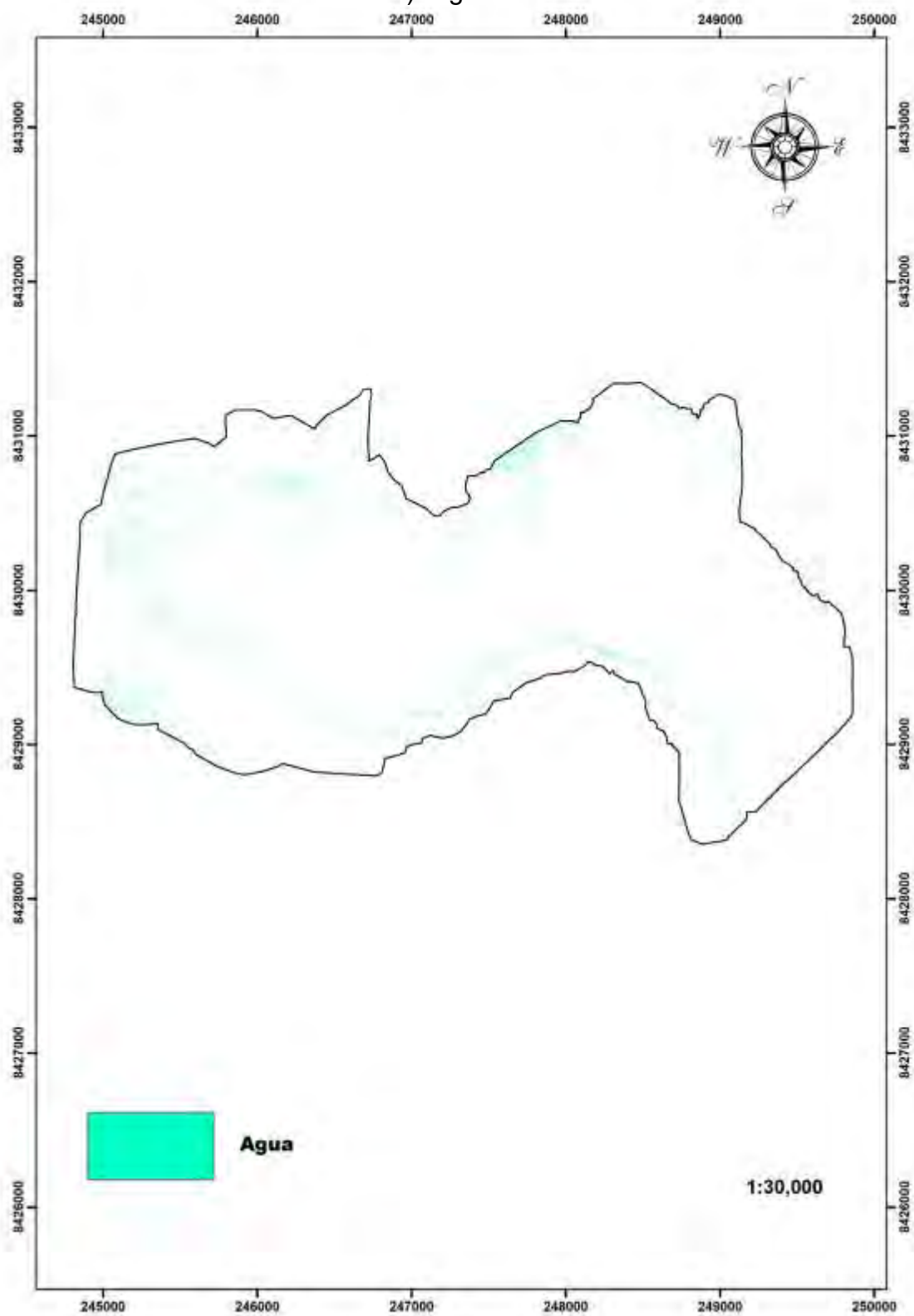
Fuente: Elaboración propia (2019).

d) Salinera.



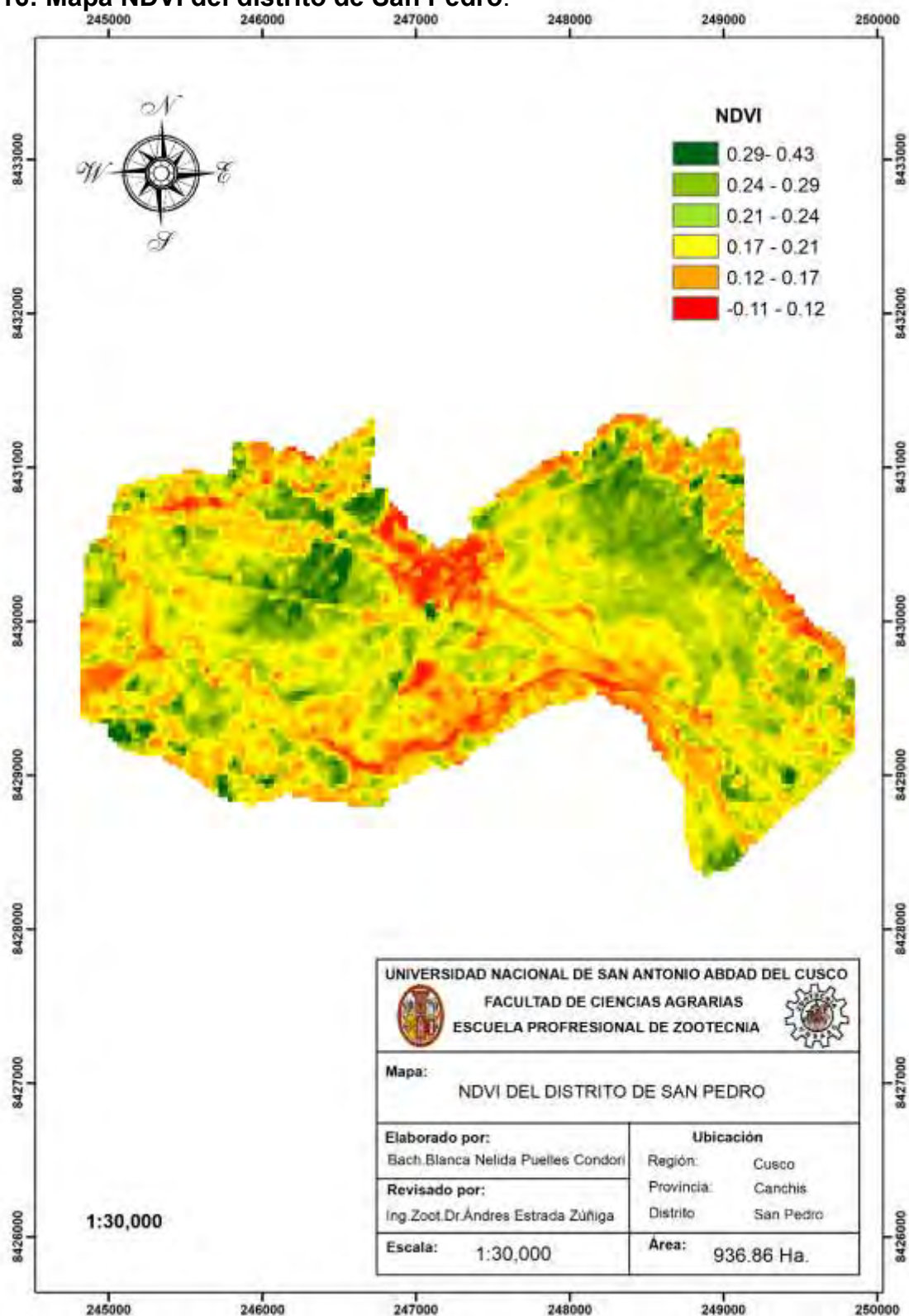
Fuente: Elaboración propia (2019).

e) Agua



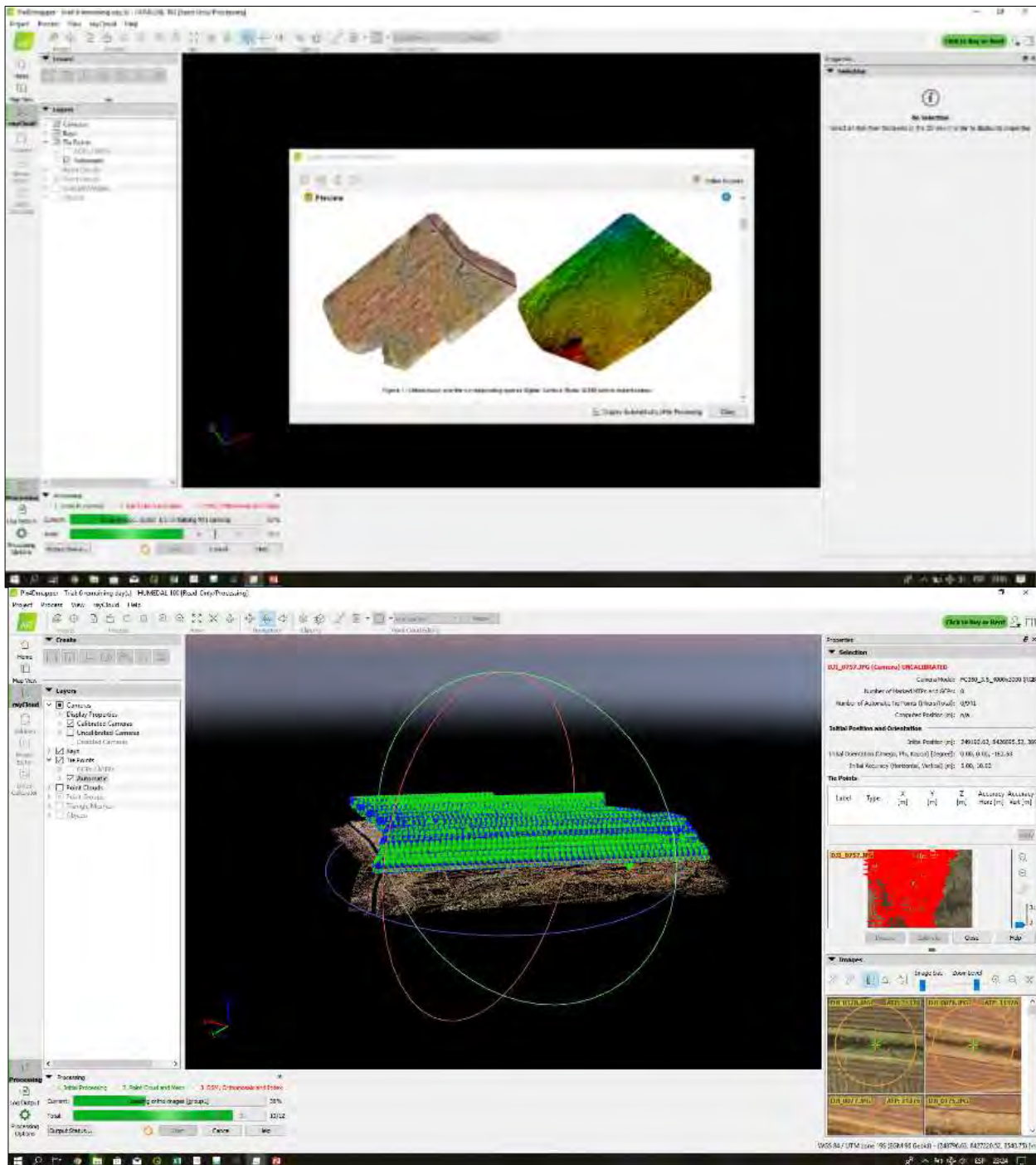
Fuente: Elaboración propia (2019).

Anexo 16: Mapa NDVI del distrito de San Pedro.



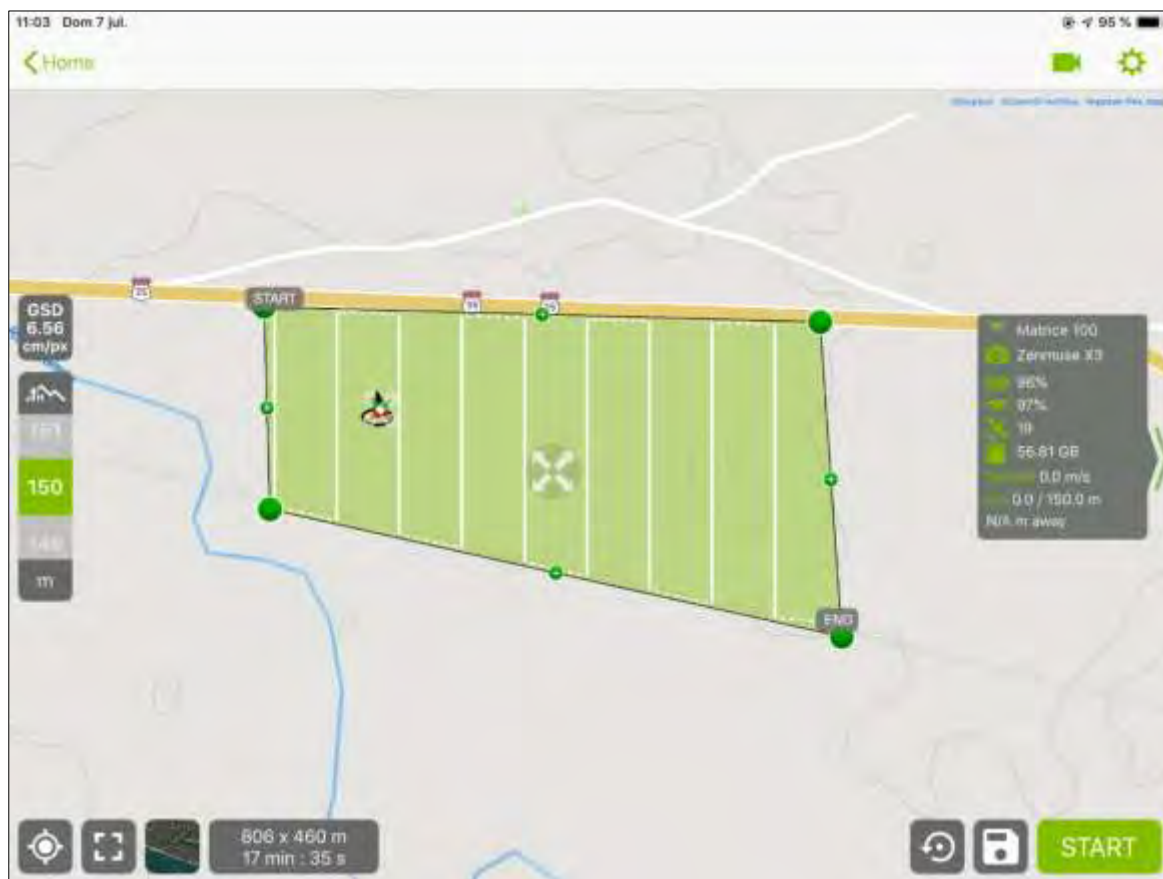
Fuente: Elaboración propia (2019).

Anexo 17: Procesamiento de Imágenes capturadas con dron en programa Pix4D.



Fuente: Programa Pix4D (2019).

Anexo 18: Programación de plan de vuelo en el programa DroneDeploy.



Fuente: Programa DroneDeploy (2019).