

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE CIENCIAS GEOLÓGICAS
CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA



PROYECTO DE GRADO

**“ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO PARA LA CARACTERIZACIÓN DE UNIDADES
FISICOAMBIENTALES: CASO DE ESTUDIO MICROCUENCA DEL RÍO
ACHOCALLA”**

**Proyecto de Grado presentado para optar al
Título de Ingeniero Geógrafo**

POSTULANTE: Maldonado Valencia Sarahi Cristel

ASESOR: Ing. M.Sc. Aban Botello Genaro Nelson

**LA PAZ – BOLIVIA
2022**

Dedicado con todo el corazón
y amor del mundo a mi madre
y a mi hermana. ¡Gracias
por todo!

Agradecimientos

Un agradecimiento especial al M.Sc. Ing. Aban Botello Genaro Nelson, tutor de proyecto, por brindarme su conocimiento, apoyo, enseñanza, acompañamiento y tiempo.

A mis docentes de la carrera de Ing. Geográfica, que compartieron su sabiduría y paciencia.

A la Universidad Mayor de San Andrés, institución en que a diario me fueron brindados no solamente conocimientos y competencias relacionadas con la profesión, sino una ética personal y social que fortalece mi integridad profesional y como persona.

¡Muchas gracias!

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1.....	2
GENERALIDADES	2
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo General.....	3
1.3.2 Objetivos Específicos	3
1.4 Delimitación del Área de Estudio.....	3
1.5 Descripción del Medio Biofísico.....	5
1.5.1 Fisiografía.....	5
1.5.2 Topografía.....	5
1.5.3 Clima	7
1.5.4 Precipitación	7
1.5.5 Temperatura	9
1.5.6 Geología	10
1.5.7 Geomorfología.....	14
1.5.8 Hidrografía	15
1.5.9 Suelos.....	17
1.5.10 Fauna	18
1.5.11 Flora	18
1.6 Descripción de los Aspectos Socioeconómicos	18
1.6.1 Población	18
1.6.2 Vivienda	20
1.6.3 Idioma	21
1.6.4 Educación.....	21
1.6.5 Salud	21
1.6.6 Servicios Básicos	22

1.6.7	Transporte	23
1.6.8	Turismo	23
1.6.9	Aspectos Económicos - Productivos	24
CAPÍTULO 2.....		28
MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL		28
2.1.	Geomorfología	28
2.2.	Geomorfología Ambiental	29
2.3.	Sistemas de Información Geográfica	30
2.4.	Gestión del territorio	30
2.5.	Cuenca hidrográfica	30
2.5.1.	Elementos Básicos de una Cuenca.....	31
2.6.	Cuenca Hidrológica	32
2.7.	Unidades Ambientales.....	32
2.8.	Morfometría	32
2.9.	Procesos Morfodinámicos	32
2.10.	Morfogénesis	33
2.11.	Imagen Satelital Sentinel 2	33
CAPÍTULO 3.....		35
METODOLOGÍA		35
3.1.	Pre campo	35
3.1.1.	Recopilación de Información	36
3.1.2.	Actualización de la base cartográfica	36
3.1.3.	Definición de la Escala de Trabajo	37
3.1.4.	Delimitación del área de estudio.....	38
3.1.5.	Parámetros Morfométricos	39
3.1.6.	Mapa de Altitudes.....	44
3.1.7.	Mapa de Pendientes	46
3.1.8.	Relieve relativo	49
3.2.	Campo.....	52
3.2.1.	Recopilación de Información primaria.....	52

3.2.2.	Método de muestreo.....	52
3.3.	Post-campo	56
3.3.1.	Descarga y procesamiento del Modelo Digital de Elevación.....	56
3.3.2.	Obtención y Pre procesamiento de Imagen Satelital	58
3.3.3.	Post Procesamiento de la Imagen Satelital	61
3.3.3.1.	Clasificación No Supervisada	61
3.3.4.	Cobertura y Uso Actual del Suelo	62
3.3.5.	Delimitación de Unidades de Vegetación.....	66
3.3.6.	Textura de Suelos.....	71
3.3.7.	Almacenamiento y Calidad de la Información.....	74
3.3.8.	Delimitación final de las unidades morfogénicas.....	75
3.3.9.	Identificación de las unidades ambientales.....	75
CAPÍTULO 4.....		76
RESULTADOS.....		76
4.1.	Delimitación de Unidades Geomorfológicas Morfogénicas	76
4.1.1.	Descripción del proceso de delimitación de las Unidades Geomorfológicas	77
4.1.2.	Unidades Geomorfológicas Morfogénicas	78
4.1.3.	Morfodinámica	91
4.2.	Problemas ambientales en el área de estudio	98
4.3.	Identificación de Unidades Ambientales	99
CAPÍTULO 5.....		108
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		108
5.1.	Conclusiones	108
5.2.	Recomendaciones.....	109
BIBLIOGRAFÍA		110
ANEXOS		115

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Características litoestratigráficas del área de estudio</i>	11
Tabla 2	<i>Clases texturales del terreno en la microcuenca Achocalla (Valle húmedo y seco)</i>	17
Tabla 3	<i>Distribución de la población del Municipio de Achocalla de acuerdo a la comunidad</i>	19
Tabla 4	<i>Distribución de la población del Municipio de Achocalla por sexo según grupos de edad</i> ...	19
Tabla 5	<i>Población de 4 años o más según el idioma que aprendió a hablar</i>	21
Tabla 6	<i>Lugar donde acude la población cuando tiene problemas de salud</i>	22
Tabla 7	<i>Población Empadronada de 10 años o más edad, según actividad económica</i>	24
Tabla 8	<i>Principales cultivos</i>	25
Tabla 9	<i>Bandas de la imagen satelital SENTINEL 2</i>	33
Tabla 10	<i>Información base</i>	36
Tabla 11	<i>Características físicas de la microcuenca Achocalla</i>	40
Tabla 12	<i>Características relacionadas con la forma de la microcuenca</i>	40
Tabla 13	<i>Características del relieve</i>	41
Tabla 14	<i>Parámetros relativos al perfil de la microcuenca</i>	42
Tabla 15	<i>Patrones de drenaje</i>	44
Tabla 16	<i>Rangos de pendiente y justificación geomorfológica</i>	46
Tabla 17	<i>Rangos de pendientes en el área de estudio</i>	47
Tabla 18	<i>Clasificación de relieve relativo</i>	50
Tabla 19	<i>Leyenda de cobertura y uso actual del suelo Microcuenca del río Achocalla</i>	62
Tabla 20	<i>Unidades de vegetación por área en hectáreas y porcentaje</i>	69
Tabla 21	<i>Texturas de suelo del área de estudio</i>	72
Tabla 22	<i>Unidades de origen Denudacional por área y porcentaje</i>	81
Tabla 23	<i>Unidades de origen Fluvial y Lagunar por área y porcentaje</i>	89
Tabla 24	<i>Unidades de origen Antropogénico por área y porcentaje</i>	91
Tabla 25	<i>Inventario de procesos morfodinámicos en la microcuenca del Río Achocalla</i>	95
Tabla 26	<i>Listado de problemas - propuestas ambientales en la microcuenca del río Achocalla</i>	98
Tabla 27	<i>Características de las unidades ambientales de la microcuenca del río Achocalla</i>	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Ubicación del área de estudio</i>	4
Figura 2 <i>Mapa topográfico microcuenca del río Achocalla</i>	7
Figura 3 <i>Datos de precipitación estación Achocalla (2011 - 2021)</i>	8
Figura 4 <i>Temperatura máxima y mínima [°C] estación Mecapaca (2011-2018)</i>	10
Figura 5 <i>Mapa Geológico microcuenca del río Achocalla</i>	12
Figura 6 <i>Colada de barro Achocalla</i>	14
Figura 7 <i>Disposición de la red de drenaje de la microcuenca del río Achocalla</i>	16
Figura 8 <i>Pirámide de población por edades</i>	20
Figura 9 <i>Especies ganaderas del municipio de Achocalla</i>	26
Figura 10 <i>Diagrama: metodología de trabajo</i>	35
Figura 11 <i>Actualización y ajuste de la red de accesos e hídrica</i>	36
Figura 12 <i>Esquema de jerarquización geomorfológica</i>	37
Figura 13 <i>Pasos seguidos para la delimitación del área de estudio</i>	39
Figura 14 <i>Perfil longitudinal del cauce principal de la microcuenca del Río Achocalla</i>	42
Figura 15 <i>Curva Hipsométrica de la microcuenca Achocalla</i>	43
Figura 16 <i>Mapa de altitudes de la microcuenca del río Achocalla</i>	45
Figura 17 <i>Mapa ráster de pendientes microcuenca del río Achocalla</i>	48
Figura 18 <i>Pasos utilizados en la generación del mapa de relieve relativo</i>	49
Figura 19 <i>Mapa de relieve relativo microcuenca del río Achocalla</i>	51
Figura 20 <i>Esquemas de muestreo probabilistas más aplicados en la evaluación de la confiabilidad de mapas temáticos</i>	52
Figura 21 <i>Puntos de muestreo seleccionados microcuenca del río Achocalla</i>	55
Figura 22 <i>Modelo digital de elevación del área de estudio</i>	56
Figura 23 <i>Mapa ráster de sombras o hillshade del área de estudio</i>	57
Figura 24 <i>Espaciomapa del área de estudio</i>	60
Figura 25 <i>Herramienta ISODATA Clustering for grids (software SAGA GIS)</i>	61
Figura 26 <i>Cobertura y uso actual del suelo de la microcuenca del río Achocalla</i>	63
Figura 27 <i>Mapa de Unidades de Vegetación microcuenca del río Achocalla</i>	68
Figura 28 <i>Procesamiento de capas ráster en el software SAGA GIS</i>	72
Figura 29 <i>Mapa de Textura de Suelos microcuenca del río Achocalla</i>	73
Figura 30 <i>Reglas topológicas utilizadas</i>	75
Figura 31 <i>Ambientes morfogénicos del área de estudio</i>	79
Figura 32 <i>Mapa de Unidades Geomorfológicas Morfogénicas</i>	80
Figura 33 <i>Erosión pluvial en área de estudio</i>	93
Figura 34 <i>Movimientos en masa detectados en el área de estudio</i>	94
Figura 35 <i>Procesos morfodinámicos en el área de estudio</i>	97
Figura 36 <i>Unidades Mayores – Ambientales de la microcuenca del río Achocalla</i>	104

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1 <i>Lomo denudado moderado de longitud larga (Dldeml)</i>	82
Foto 2 <i>Vista panorámica: serranía denudada (Dsd)</i>	82
Foto 3 <i>Vista panorámica: colina residual disectada (Dkrd)</i>	83
Foto 4 <i>Vista panorámica del cono o lóbulo de deslizamiento rotacional (Ddrt)</i>	84
Foto 5 <i>Vista panorámica: lomo denudado (Dlod)</i>	84
Foto 6 <i>Vista panorámica: planicie (Dp)</i>	85
Foto 7 <i>Vista panorámica: escarpe de erosión mayor (Deem)</i>	86
Foto 8 <i>Depósito de flujo de lodo (Dfl)</i>	86
Foto 9 <i>Colina residual (Dkr)</i>	87
Foto 10 <i>Montículos y ondulaciones denudacionales (Dmo)</i>	87
Foto 11 <i>Planicie colinada residual (Dpcr)</i>	88
Foto 12 <i>Cauce aluvial (Fca)</i>	89
Foto 13 <i>Laguna (Flg) y terrazas de erosión (Fte)</i>	90
Foto 14 <i>Superficies de explanación (Asp)</i>	91

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 <i>Cronograma de Actividades</i>	115
Anexo 2 <i>Planilla de campo</i>	117
Anexo 3 <i>Datos de precipitación diaria (mm) SENAMHI 2011-2021</i>	118

RESUMEN

La presente investigación muestra el análisis y caracterización de unidades ambientales de la microcuenca del Río Achocalla, del departamento de La Paz, Bolivia; para tal objetivo se realizó la aplicación del enfoque geomorfológico (propuesto por el I.T.C., países bajos) en el que se incluyen criterios analíticos para la delimitación de unidades geomorfológicas y sintéticos para la integración de cartografía temática con el análisis realizado previamente. Se delimitaron en total 52 unidades ambientales, para lo que se consideró también información geomorfológica de parámetros morfométricos (altitud, pendiente, relieve relativo), procesos morfodinámicos, problemáticas ambientales e información de cartografía temática: geología, vegetación, cobertura y uso actual del suelo, litología y textura de suelo.

Finalmente, y en base a los criterios descritos, las 52 unidades ambientales que se agruparon en 9 unidades mayores de acuerdo a su origen, y se encuentran sintetizadas en una tabla a manera de inventario.

ABSTRACT

The present research shows the environmental units of the Achocalla River basin, in the department of La Paz, Bolivia; for this purpose, the geomorphological approach (proposed by the I.T.C., Netherlands) was applied, which includes analytical criteria for the delimitation of geomorphological units and synthetic criteria for the integration of thematic cartography with the analysis previously carried out. A total of 52 environmental units were delimited, for which geomorphological information on morphometric parameters (altitude, slope, relative relief), morphodynamic processes, environmental problems and thematic mapping information were also considered: geology, vegetation, land cover and current land use, lithology and soil texture.

Finally, based on the criteria described above, the 52 environmental units were grouped into 9 major units according to their origin, and are summarized in a table as an inventory.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, el medio ambiente sigue deteriorándose aceleradamente debido a las diferentes actividades socioeconómicas del ser humano y la explosión demográfica. Continúa la pérdida de biodiversidad, siguen agotándose las poblaciones de peces, la desertificación avanza cobrándose cada vez más tierras fértiles, ya se hacen evidentes los efectos adversos del cambio del clima, los desastres naturales son más frecuentes y más devastadores, los países en desarrollo se han vuelto más vulnerables, en tanto que la contaminación del aire, el agua y los mares sigue privando a millones de seres humanos de una vida digna (Naciones Unidas, 2002).

En la actual ola de descentralización que existe en Latinoamérica (y el mundo), a nivel local se encuentra una situación en la cual las autoridades tienen asignadas muchas y nuevas responsabilidades. Sin Embargo, en muchos casos y junto con problemas de política local relacionados con el aprovechamiento de estos nuevos espacios, a las autoridades les falta capacidad técnica, experiencia y más aún organización para asumir dichas responsabilidades (FAO, 2001).

El estado Plurinacional de Bolivia presenta desafíos en el ámbito económico y social: el desarrollo integral y el manejo de los recursos naturales y el ambiente, ya que actualmente existe una explotación no planificada de recursos naturales. Además de procesos de urbanización, resultado del desarrollo económico y la transformación de la estructura productiva, ha permitido en el caso de Bolivia, la conformación de un territorio concentrador de servicios, fuentes de empleo, sistemas productivos, que paulatinamente va perdiendo la capacidad de satisfacer apropiadamente las necesidades de su población.

Del mismo modo, en el departamento de La Paz, lugar donde se ubica la “Microcuenca del Río Achocalla”, no es ajeno a los problemas socioeconómicos y ambientales: crecimiento desequilibrado de los asentamientos humanos, deterioro de los recursos naturales, así como la exposición a amenazas de: erosión de suelos, contaminación de aguas, deslizamientos, inundaciones, y otros.

La caracterización de unidades ambientales en base a estudios geomorfológicos a realizarse en el área de estudio, busca crear una base geográfica a manera de inventario, aplicable a estudios multidisciplinarios que tengan como objetivo principal realizar un diagnóstico ambiental, y asegurar un uso eficiente de los recursos naturales.

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

Los problemas relacionados con la gestión de recursos naturales en las cuencas de Bolivia son, en términos generales, comparables con lo de muchos otros países, en especial con los de la región andina, por su carácter montañoso. Si bien Bolivia como otros países se enmarca en políticas de conservación de sus recursos naturales para su desarrollo sustentable, aún existe un deterioro sistemático del medio ambiente. A estos factores se suman la inobservancia e incumplimiento de la normativa vigente, mecanismos de vigilancia y control débiles.

Achocalla Municipio Ecológico: productivo, agropecuario, turístico e industrial garantiza un medio ambiente sano, pulmón natural, corazón de la región metropolitana, impulsora de desarrollo integral, con principios de planificación socio comunitaria concertada, prácticas de complementariedad, protección al desarrollo humano intercultural en armonía y reciprocidad con la Madre Tierra, formando generaciones identificadas en la pluriculturalidad ancestral, para vivir bien en un territorio unido y administrativamente desconcentrado. (GAMEPA, 2017).

En el municipio de Achocalla si bien existieron intentos de realizar una planificación participativa en anteriores años, estos no culminaron satisfactoriamente. Existe un Diagnóstico de la cuenca Achocalla, elaborado por el SEMTA en 1994, este trabajo buscó la concertación entre las organizaciones sociales, Central Agraria y Comité Cívico. Se identificó como problemas la limitación del diagnóstico a la cuenca (PDM Achocalla, 2001).

En el caso particular del área de estudio, en la actualidad se ve afectada y expuesta a diversos problemas medioambientales, entre los cuales se puede atribuir por una parte a la ocupación del territorio de manera aleatoria, sin tenerse en cuenta primero planeamientos de una ocupación ordenada del espacio, como del aprovechamiento racional de recursos naturales. También se pueden ver involucradas la, falta de acceso a servicios básicos, entre otros; todos estos factores resultan en consecuencias evidentes a nivel de la cuenca.

1.2 Justificación

El estudio de caso en la "Microcuenca del Río Achocalla", propondrá límites de unidades ambientales cuya caracterización estará apoyada en el análisis geomorfológico morfogenético, y en información biofísica integrada. A partir de este enfoque se pretende también evidenciar la importancia de la

microcuenca como espacio geográfico definido y la valoración del medio biofísico como un elemento fundamental dentro del proceso de diagnóstico en la planeación del territorio.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Elaborar una caracterización de unidades físico ambientales de la microcuenca del río Achocalla en base a una delimitación y análisis geomorfológico morfogenético.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Delimitar unidades morfogenéticas a partir de criterios geomorfológicos analíticos.
- Generar cartografía temática de aspectos físico ambientales (vegetación, cobertura y uso actual del suelo y textura de suelos).
- Realizar un inventario de procesos morfodinámicos del área de estudio.
- Crear una base de datos tabulares que sinteticen a manera de inventario la información del medio natural, además de parámetros morfométricos para cada Unidad Ambiental.

1.4 Delimitación del Área de Estudio

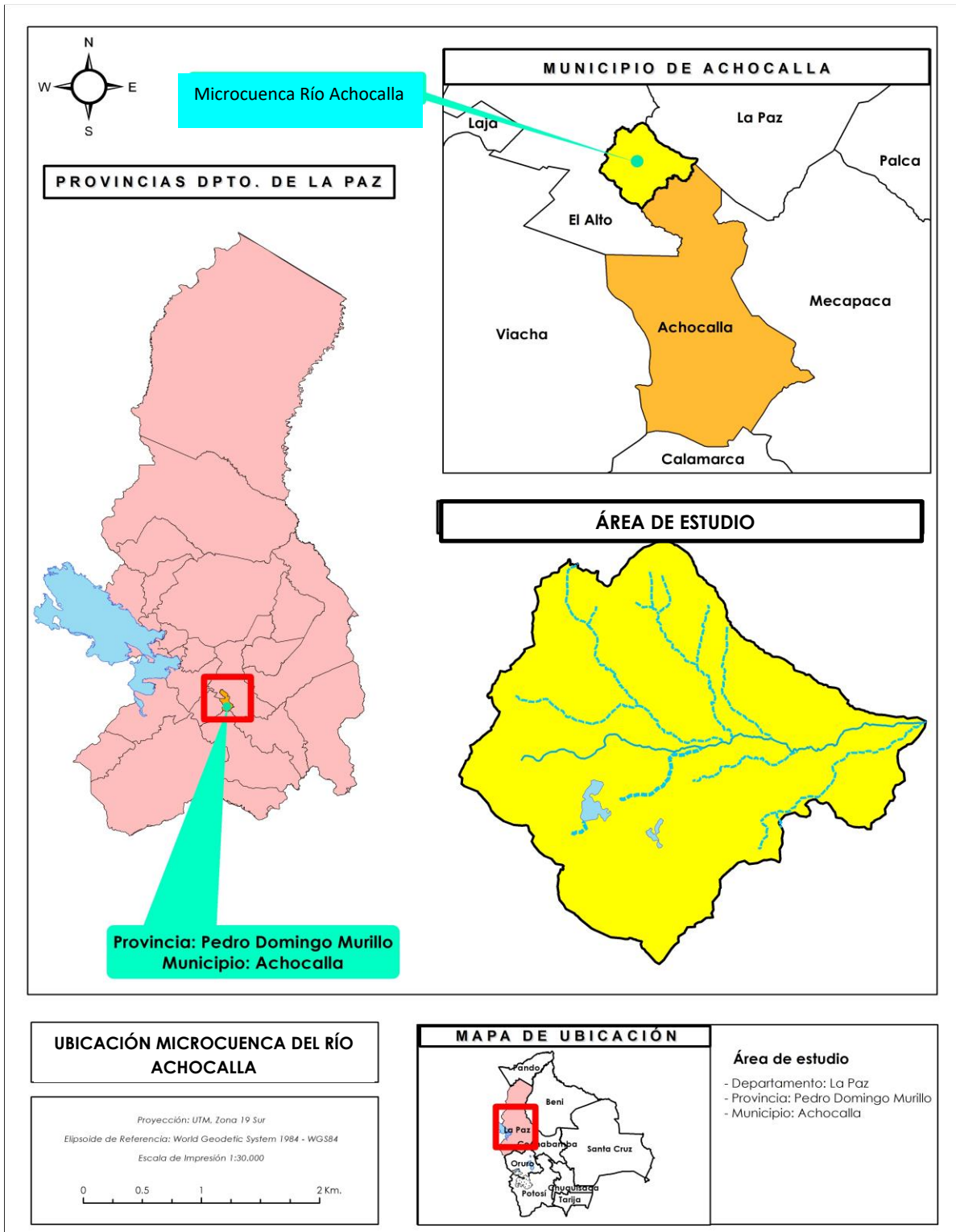
El municipio de Achocalla se ubica a 30 Km. de la ciudad de La Paz y pertenece a la Provincia Pedro Domingo Murillo del departamento de La Paz. Limita al Norte con los Municipios de La Paz y El Alto, al Sur con el municipio de Calamarca de la provincia Aroma, al Este con el Municipio de Mecapaca y al Oeste con el Municipio de Viacha de la Provincia Ingavi.

Geográficamente se ubica a 16°26'08'' Latitud Sur y 68°56'43'' de Longitud Oeste, a una altitud que varía entre 4335 a 3143 msnm.

El área de estudio se encuentra dentro del Municipio de Achocalla, y delimita al Norte y al Este con el Municipio de La Paz, y al Oeste con el Municipio de El Alto. Tiene una extensión de 24.85 km². Se aprecia la ubicación del área de estudio en la Figura 1.

Figura 1

Ubicación del área de estudio



1.5 Descripción del Medio Biofísico

1.5.1 Fisiografía

El relieve fisiográfico de Achocalla se caracteriza por los siguientes espacios:

- **Zona del altiplano:** Presenta una pendiente baja de 5 a 10%, lo cual se aprovecha para las labores agrícolas y producción pecuaria, es de una topografía plana con pequeñas ondulaciones.
- **Cabecera de valle húmedo:** Comprende espacios de topografía variable con pendientes altas de 20 a 30%, es aprovechado para la producción agrícola (hortalizas), en parcelas pequeñas, a su vez existen varias fuentes de agua (vertientes) y presencia de áreas urbanas.
- **Cabecera de valle seco:** Comprende áreas con pendientes muy pronunciadas que en algunos sectores alcanza rangos mayores a 30%; hay escasez de recursos hídricos, y la producción agrícola es en menor escala (Perez, 2019).

1.5.2 Topografía

El valle de Achocalla presenta una topografía en general ondulada y quebrada con pequeñas terrazas de pendiente suave y algunas concavidades que originaron pequeñas lagunas y embalses artificiales con aguas provenientes del escurrimiento superficial. El área está influenciada por grandes cárcavas que constituyen los afluentes de los ríos Achocalla, Huayhuasi, Concepción, Challataki y Kotaña.

Según la posición altitudinal y topográfica, toda la zona puede ser dividida en las siguientes tres sub regiones:

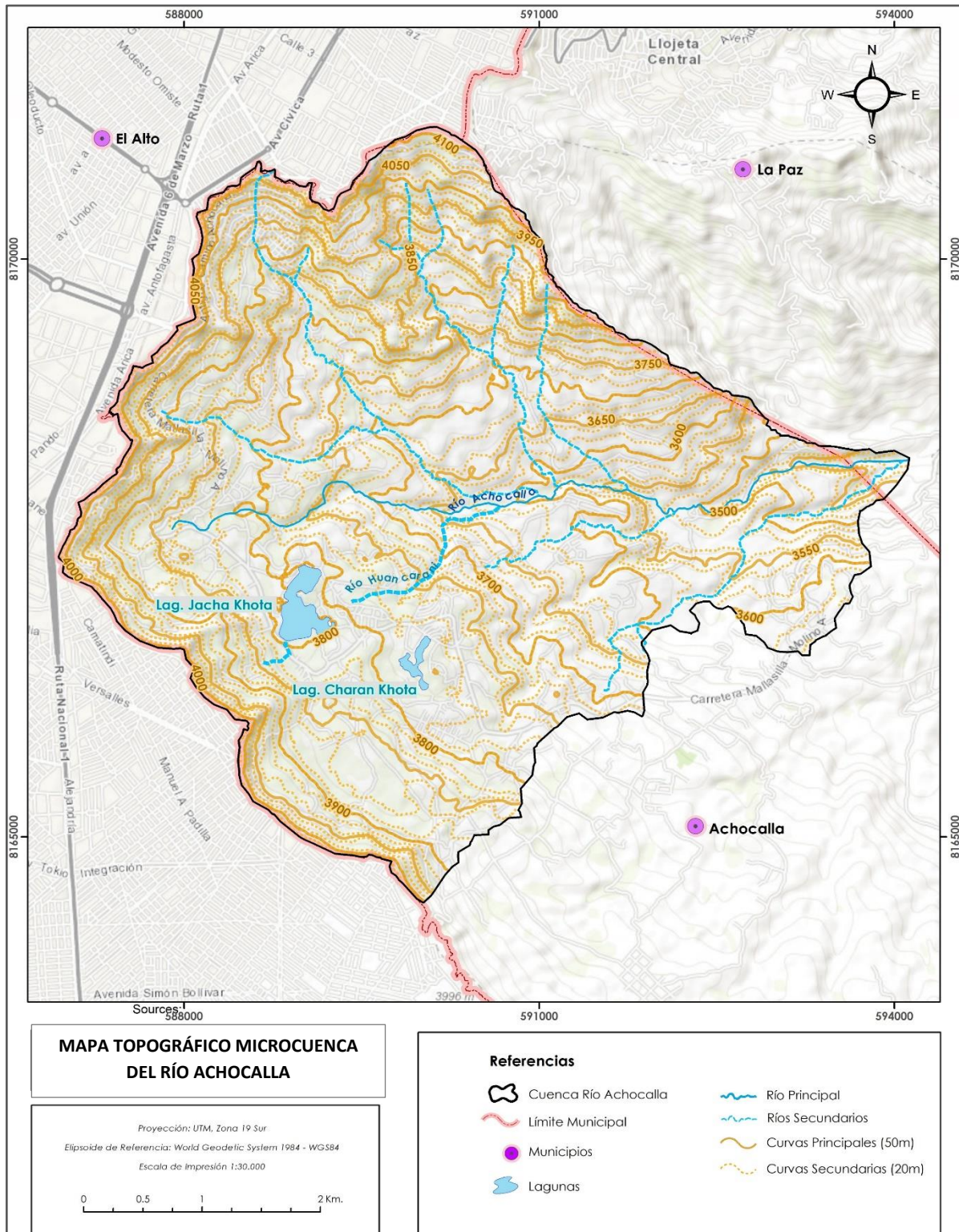
- **La región alta:** Tiene terrazas ligeramente planas cortadas por cárcavas y deslizamientos antiguos. Se encuentra entre los 3800 y 3850 m.s.n.m. A esta sub-región pertenecen las comunidades de Juntuma, Allancacho, Huayhuasi y parte de la comunidad Pacajes.
- **La región media:** Tiene terrenos ligeramente planos y ondulados, con pendientes de 6 a 12% en sentido oeste-este. La elevación de esta región varía entre los 3680 y 3860 m.s.n.m. A esta altura se encuentran situados la mayor parte de los terrenos de riego de las comunidades Pucarani, Pacajes, Marquiviri y terrenos a secano de Uypaca. Así mismo en esta región se encuentran las lagunas de Pacajes o Colapampa, Charani, Allancacho y Aukancota.

- **La región baja:** Está situada a 3520 – 3680 m.s.n.m., con terrenos planos, quebrados y ondulados. Los suelos son profundos (más de 1.50 m.), de textura media a moderadamente fina, en muchos casos limitados por la presencia de grava en todo el perfil; su drenaje es bueno, tiene bajo contenido en materia orgánica y los terrenos están expuestos al lavado superficial. La erosión es moderada en los suelos planos y severa en las laderas y quebradas (Strecker, 2011).

En la Figura 2 se muestran los rangos de altura del área de estudio y que de acuerdo al porcentaje de pendiente van desde 70% en las partes más elevadas, al 2% en el punto más bajo del área de estudio.

Figura 2

Mapa Topográfico microcuenca del río Achocalla



1.5.5 Clima

El clima presenta dos periodos muy bien definidos a) la temporada húmeda (diciembre, enero, febrero y marzo) durante la que se registran la mayor parte de las precipitaciones anuales; b) la temporada seca que se presenta en el invierno con los cielos despejados a poco nubosos (mayo, junio, julio y agosto) donde las precipitaciones son poco frecuentes.

El clima de los tres pisos ecológicos (zonas Agroclimáticas), tiene las siguientes características:

- **Zona baja:** el clima es caluroso en los veranos, teniendo un promedio anual de 16°C.
- **Zona intermedia:** se caracteriza por tener un clima templado con un promedio de 12°C.
- **Zona alta:** el clima es templado a frío con un promedio anual de 8°C (Pérez, 2019).

1.5.6 Precipitación

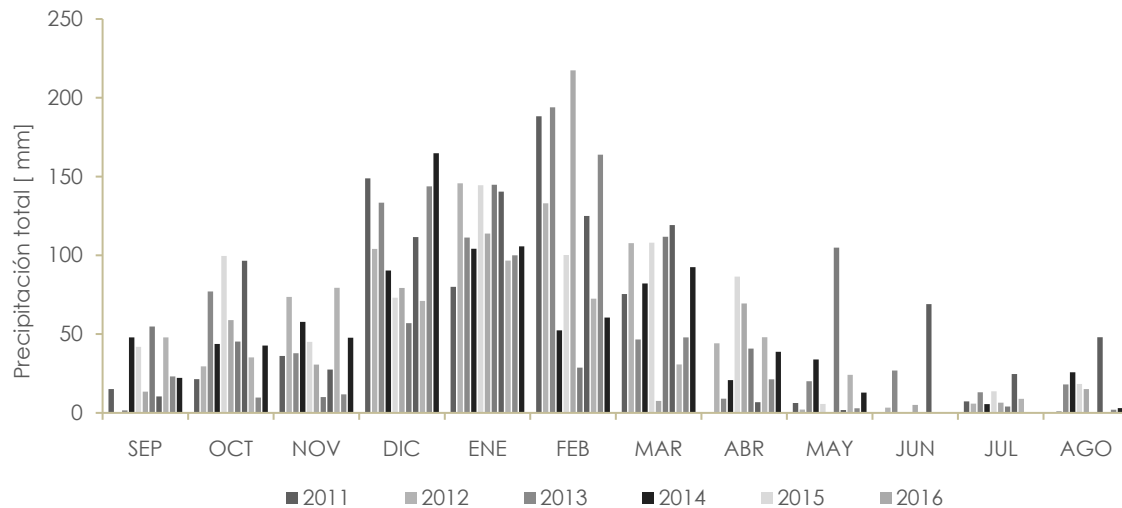
Achocalla según la clasificación de Koppen, está comprendido en la clase "B" con un clima seco a semihúmedo, la mayor precipitación pluvial se concentra en los meses de diciembre a marzo con un 75% de la precipitación total. Las precipitaciones en promedio alcanzan a 362.8 mm y 718.5 mm en el altiplano y cabecera de valle respectivamente.

La repartición anual de la lluvia está marcada por una época seca muy larga, para los cultivos a secano, básicamente no hay problema de agua en temporada de lluvias, (aunque en los últimos años han disminuido las lluvias), tanto por la cantidad, y por la duración de la época de lluvias (Practical Action, 2019).

Para el presente estudio se tomó en cuenta datos de la estación pluviométrica del municipio de Achocalla; se procesaron datos de los últimos diez años (2011 - 2021), en este periodo la precipitación promedio anual es de 622.9 mm.

Figura 3

Datos de precipitación estación Achocalla (2011 - 2021)



Fuente. Elaboración propia con datos a base de SENAMHI.

Para el periodo mencionado (2011 - 2021), la precipitación máxima promedio fue de 121.4 mm en el mes de febrero, y la precipitación mínima promedio registrada fue de 8.2 mm en el mes de julio.

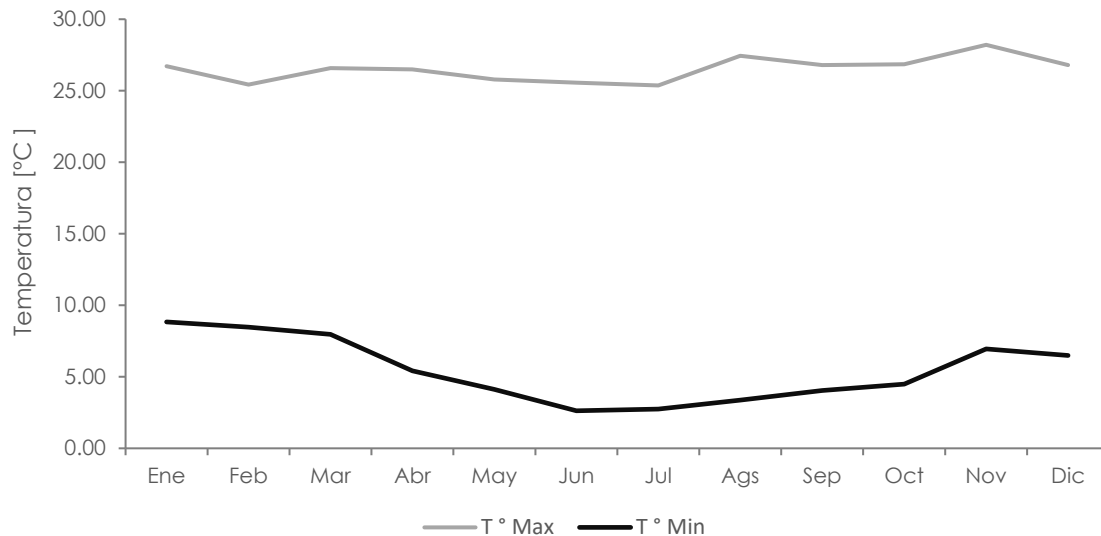
1.5.7 Temperatura

Las mayores temperaturas se registran al final de la primavera (noviembre) debido a la poca nubosidad y la mayor cantidad de radiación solar recibida para estas latitudes (16°S). Sin embargo, al final del verano se observa otro máximo secundario a medida que la masa nubosa paulatinamente disminuye. Las más bajas temperaturas se registran en los primeros días del mes de julio. Cabe destacar que, durante el invierno, la poca nubosidad, baja capacidad hidrométrica y la escasa densidad del aire permiten una fuerte irradiación nocturna de la energía recibida en el día, derivando en considerables caídas de temperaturas en la noche (Practical Action, 2019).

Se analizaron datos de temperatura de la estación del Municipio de Mecapaca, debido a la cercanía con el Municipio de Achocalla. Se tomó en cuenta un periodo de 8 años 2011 – 2018, de acuerdo a la disponibilidad de los datos. Analizando los datos del periodo mencionado, la temperatura máxima media es de 28,21°C, la temperatura media mínima es de 2,63°C y la temperatura media es de 16.5°C, así como se aprecia en la Figura 4.

Figura 4

Temperatura máxima y mínima [°C] estación Mecapaca (2011-2018)



Fuente. Elaboración propia con datos a base de SENAMHI.

1.5.8 Geología

El estudio geológico muestra que, desde su formación, debido a la erosión regresiva de los depósitos de los suelos del altiplano por las aguas de río capturados por un afluente del río Beni, las laderas de la cuenca fueron sometidas a movimientos de rotura brusca y de formación de depósitos fluvio glaciares importantes. Un extenso flujo de terreno se produjo en Achocalla y se desarrolló sobre más de 20 km de longitud hasta Mecapaca. Se supone que este vasto fenómeno habría ocurrido hace más de 9000 años en condiciones climáticas distintas a las actuales.

Posteriormente, en una segunda época de erosión, se formaron la hoyada de La Paz y su entorno (en el que se encuentra Achocalla) durante el Plioceno o Terciario terminal, mediante depósitos de capas sucesivas, sobre el lecho de un antiguo lago de gran extensión. Dentro de esta etapa de la formación denominada La Paz, en el mismo ambiente lacustre que los otros sedimentos, se produjo en la parte superior la rápida depositación de una ceniza volcánica que ha conformado un nivel de 2-4 m de espesor. Esta capa llamada cinerita Chijini constituye un horizonte guía.

Una tercera época de erosión fue mucho menos importante que las primeras. Después se produjo el gran deslizamiento de la cuenca de Achocalla que dio el flujo del terreno gigante Mallasa – Lipari -

Mecapaca. Este flujo debió hacer un dique de aguas debajo de la angostura de Aranjuez (Strecker, 2011, págs. 101-102).

El valle de Achocalla, según la Tabla 1, se encuentra conformado de manera general por los sistemas Terciario y Cuaternario, que a su vez pertenecen a la secuencia Cenozoica. La Figura 2, muestra el mapa geológico de la cuenca del río Achocalla.

Tabla 1

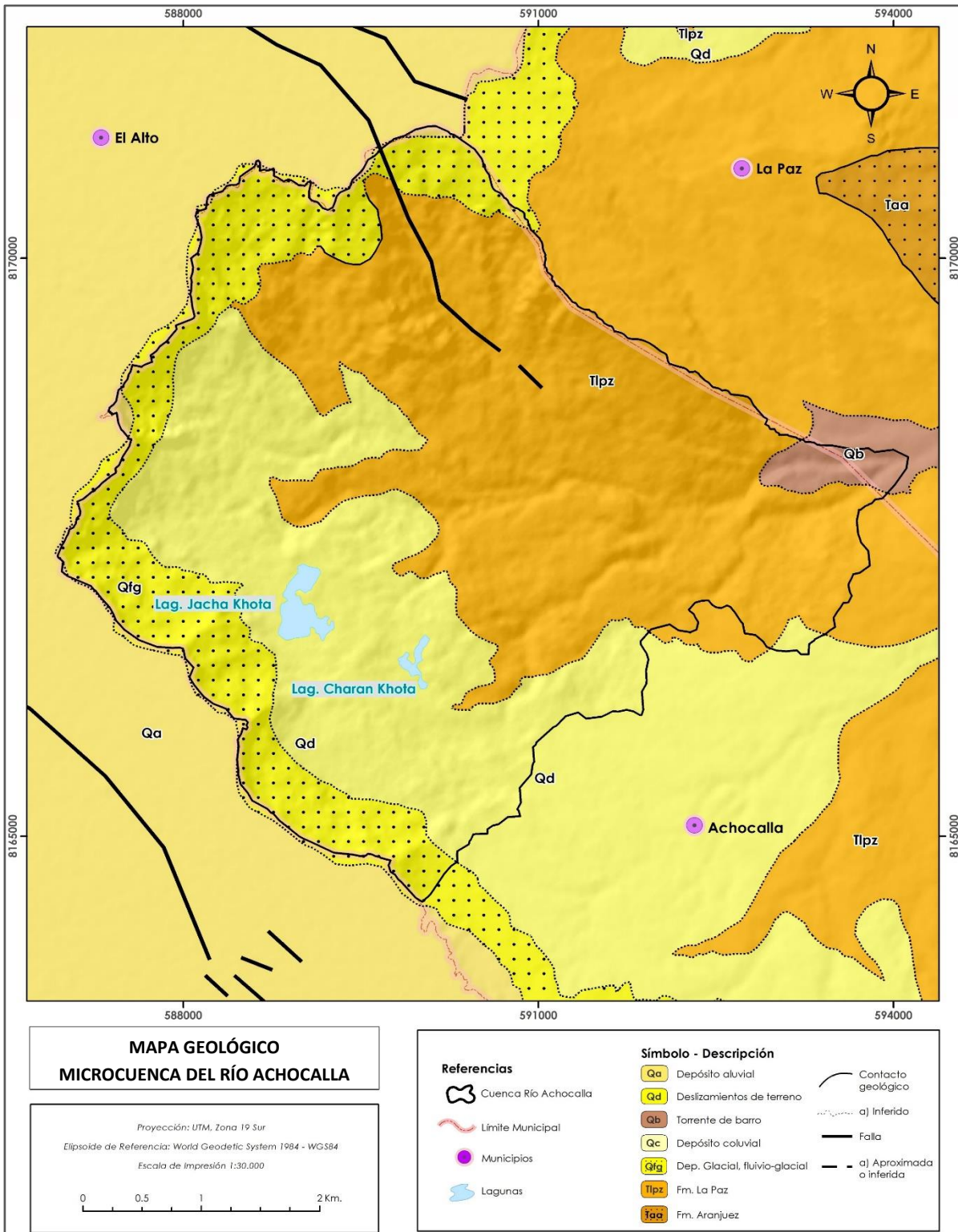
Características litoestratigráficas microcuenca del río Achocalla

Secuencia	Sistema	Formaciones y depósitos	Litología
Cenozoico	Cuaternario	<ul style="list-style-type: none"> • Deslizamiento de terrenos. 	Bloques (gravas), arenas, limos y arcillas.
		<ul style="list-style-type: none"> • Torrentes de barro • Glacial y fluvio glacial 	Arcillas, limos, arenas y gravas. Limos, arenas, gravas y arcillas.
	Terciario	<ul style="list-style-type: none"> • Formación La Paz 	Arcillas limosas, arcillas y gravas

Fuente. Elaborado en base a Soria F. (1990)

Figura 5

Mapa Geológico microcuenca del río Achocalla



Fuente: Elaboración propia, modificado de GEOBOL (1990 - Escala 1:50000)

De acuerdo a la Figura 5, se distingue que geológicamente la cuenca de Achocalla se encuentra conformada principalmente por: la formación La Paz (Fm. La Paz), deslizamientos de terreno (Qd), depósitos glaciales, fluvio-glaciales (Qfg), depósitos aluviales (Qa), depósitos coluviales (Qc), y el torrente de barro (Qb).

A continuación, se describen las formaciones predominantes en el valle de Achocalla (Soria F., 1990)

- **Formación La Paz (Fm. La Paz):** Está constituida por bancos alternados de arcilla limosa de color gris o canela, arcilla, arena y grava. Estos sedimentos afloran en el valle de Achocalla, a lo largo de las quebradas de los ríos que disectan el valle.

La arcilla limosa y arcilla, están bien estratificadas, en partes tienen apariencia maciza con algunos clastos bien redondeados e irregularmente distribuidos de pizarra y granito.

La arena y grava, presentan localmente estratificación cruzada; la grava está constituida por fragmentos bien redondeados de pizarra, lutita, cuarcita y granito.

- **Depósitos glaciales y fluvio glaciales (Qfg):** Estos depósitos consisten en una interestratificación de limo, arena, grava y algo de arcilla con un espesor que varía entre 0 a 80 (m).

Las capas arenosas presentan estratificación cruzada con un espesor que varía entre 1 y 10 (m), conteniendo lentes de arcilla limosa gris y limo pardo amarillento.

Las capas de grava son de color marrón claro amarillento a gris, pobremente seleccionados, constituidos por pedrones y guijas de cuarcita gris a marrón, arenisca gris marrón y algo de granito gris a blanco en un matrix limoso.

- **Torrentes de barro (Qb):** Estos depósitos se encuentran a lo largo de río Achocalla, Mallasilla y Mallasa están asentadas sobre escombros provenientes del torrente de barro, estos a su vez descansan sobre depósitos de la Formación La Paz.

Los torrentes de barro, son una mezcla heterogénea de materiales de arcilla, limo, arena y grava que fueron depositados por corrientes saturadas (solifluxión) de escombros. Estos escombros se encuentran sobre una superficie inclinada, cuando están saturados, pueden fluir pendiente abajo por efecto de la gravedad.

- **Deslizamiento de terrenos (Qd):** Estos depósitos están constituidos por bloques desprendidos de los sedimentos terciarios o cuaternarios que forman escarpes o paredes semicirculares.

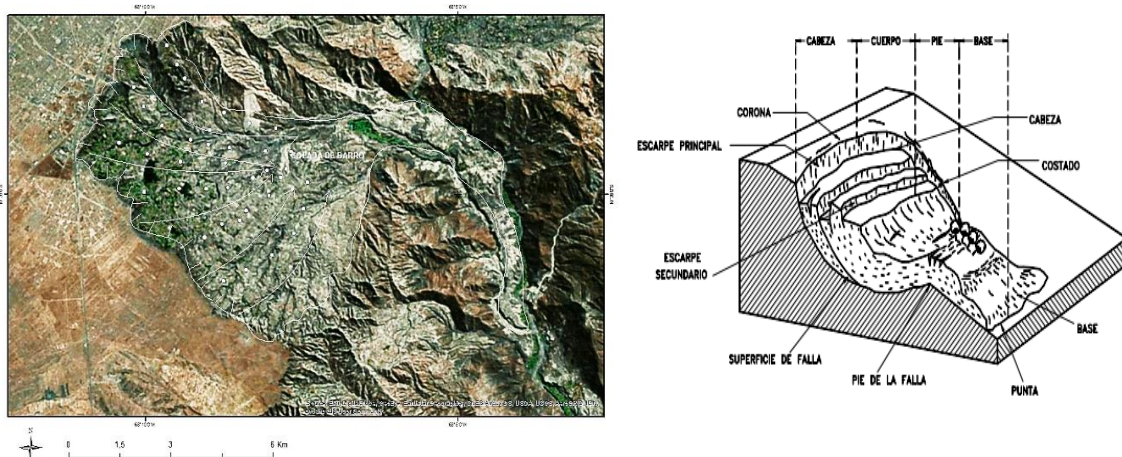
En el valle de Achocalla, se han producido deslizamientos de terreno en la parte superior del valle, cuyos escarpes cortan el Altiplano, produciendo una erosión regresiva.

1.5.9 Geomorfología

El principal rasgo geomorfológico según (Galoppo von Borries, 2017) y de acuerdo a una clasificación genética de geoformas, el valle de Achocalla es una geoforma de origen denudacional y más precisamente una “Colada de barro”, esta geoforma da lugar a un depósito elongado, lobulado en su pie, pudiendo desplazarse a grandes distancias por encima de una o múltiples superficies de cizalla, tal como se muestra en la Figura 6.

Figura 6

Colada de barro Achocalla



Fuente. Galoppo (2017); IIED (1998)

La conformación fisiográfica que presenta la zona de Achocalla, corresponde a un paisaje del valle inclinado de dirección Sud- Este, flanqueado en forma semicircular por escarpes originados por la erosión regresiva de la planicie del altiplano, produciendo un desnivel de aproximadamente 400(m) entre el fondo del valle y la corona (Altiplano).

El paleo relieve del valle de Achocalla, se encuentra cubierto por sedimentos originados por deslizamientos de terrenos compuestos de material glacial, fluvio glacial, torrente de barro que suprayacen sobre la Formación La Paz (Soria F., 1990).

1.5.10 Hidrografía

El valle de Achocalla que se encuentra al extremo Este del Altiplano, pertenece a la gran cuenca Hidrográfica del Amazonas.

El drenaje del borde occidental del Valle de Achocalla, forma parte del sistema del río La Paz, desembocando en el río Beni en el Este y posteriormente al río Amazonas, sus principales fuentes de alimentación provienen de las precipitaciones y algunas vertientes (Soria F., 1990).

El valle de Achocalla presenta gran número de vertientes, lagunas y ríos (permanentes y temporales). El río principal que cruza el área de Achocalla es el río del mismo nombre, sus afluentes principales son Kututu Jahuira, Juri Jahuira y Allpacoma en el margen norte; y los ríos Yarihuay, Arco Puncu y otros en el margen sur. La laguna Pacajes (Jacha Khota) es el cuerpo de agua mayor, abarcando un área de 0.66 km², cuyas aguas son utilizadas para riego entre los meses de agosto y mayo (Strecker, 2011).

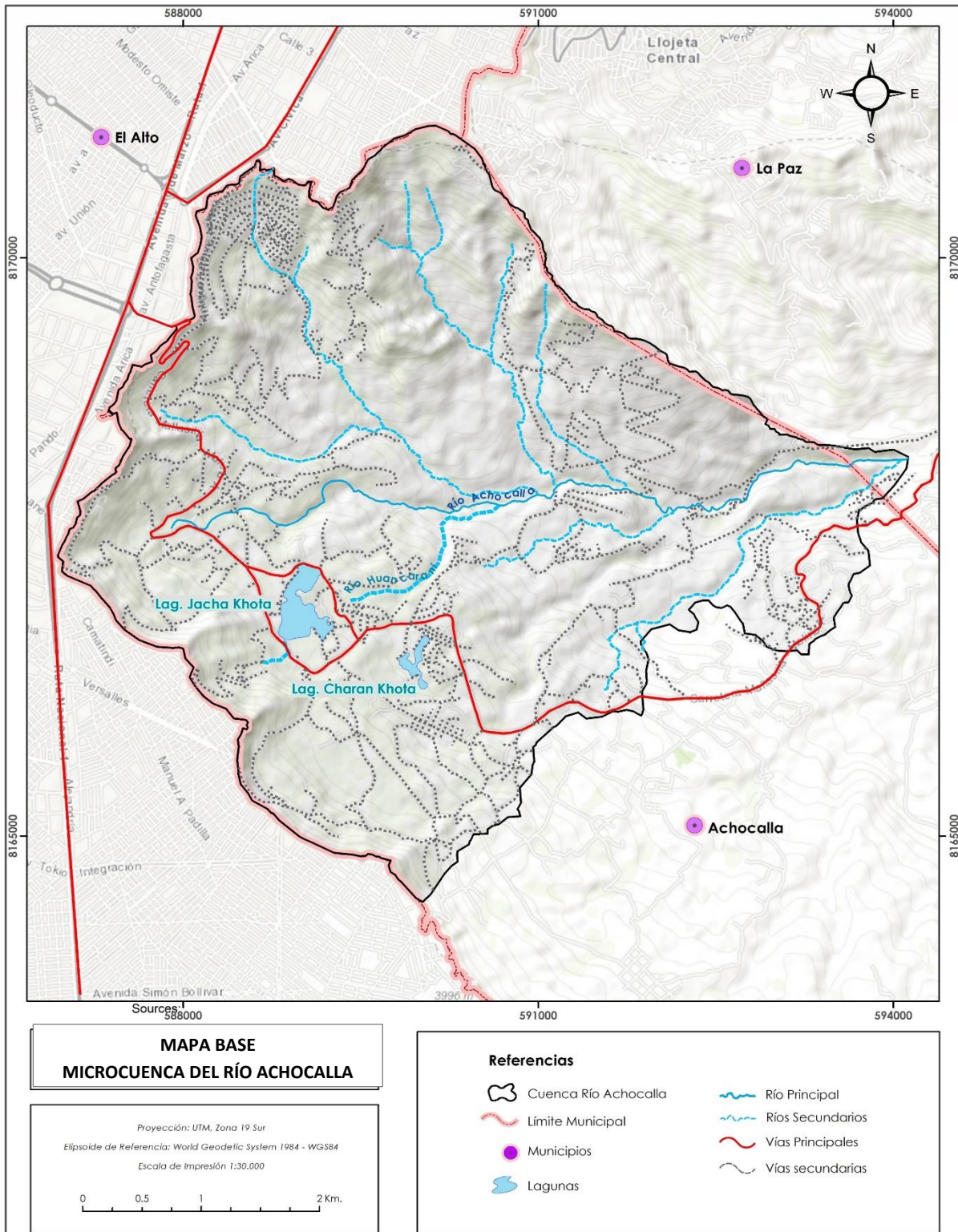
El cauce principal del río Achocalla presenta dirección de escurrimiento de Oeste a Este, desde el Altiplano hasta el Club de Golf, a partir de ese lugar presenta un cambio de dirección hacia el sureste hasta la desembocadura del río La Paz, aproximadamente a un kilómetro al sur del puente Lipari (Figura 5) (Pérez, 2019).

Con referencia a las aguas subterráneas, éstas son fenómenos que afectan a casi toda la zona y con mayor influencia erosiva al sur y la región central superior del valle, manifestándose en numerosas vertientes, aumentando éstas en estaciones de lluvia. El origen de estas aguas es atribuible a la percolación de aguas superficiales producidas en el altiplano, al este del valle de Achocalla (Strecker, 2011).

La Figura 7 muestra la disposición de la red de drenaje de la cuenca del río Achocalla.

Figura 7

Disposición de la red de drenaje de la microcuenca del río Achocalla



Fuente: Elaborado en base a información SIG - MMAyA; Escala 1:50000

1.5.11 Suelos

El municipio de Achocalla se encuentra dividido en tres principales zonas, las mismas presentan las siguientes características:

- **Zona Altiplánica:** Los suelos son de textura franco limoso a limoso arcillosos, con una moderada presencia de materia orgánica.

Entre sus características edafológicas son suelos con una profundidad o capa arable de 20 a 40 cm, presentan una permeabilidad moderada. El PH (6.5 a 7.5), es prácticamente neutro, lo cual favorece en general a todo tipo de cultivos, como la papa, cebada, oca, haba y quinoa.

- **Zona de cabecera de valle húmedo:** Presenta una variada clase textural (Tabla 7), predominando la textura Franco-Arcillo-Limoso, Arcillo-Arenoso, Franco-Limoso y Franco-Arcillo-Arenoso, que son aptos para el cultivo de hortalizas principalmente, tales como: zanahoria, lechuga, cebolla, haba, nabo, arveja, maíz, cebada y papa.

El Ph promedio que presentan los suelos en esta zona son de 7 a 8. La vegetación predominante son el ciprés, eucalipto chillca, tarwi silvestre, kikuyo y retama.

- **Zona de cabecera de valle seco:** La zona presenta una textura Franco-Arenoso, Franco-Limoso y Franco-Arcilloso. Son suelos aptos para el cultivo de papa maíz, haba y cebada; la vegetación predominante son el eucalipto, ciprés, pino, quishuara, cantuta, thola y cactus.

En la tabla 7 se presentan los resultados de un estudio realizado con 40 muestras de suelos de la cuenca de Achocalla en el año 1994 (PDM Achocalla, 2001).

Tabla 2

Clases texturales del terreno en la cuenca Achocalla (Valle húmedo y seco)

Clase textural	Frecuencia	Porcentaje [%]
Franco Arenoso	2	5
Franco Areno Limoso	4	10
Franco Limoso	3	7.5
Franco Arcilloso	6	15
Franco Arcillo Arenoso	13	32.5
Arcillo Limoso	2	5
Arcillo Arenoso	10	25

1.5.12 Fauna

La mayor parte de la fauna silvestre está en proceso de extinción debido al crecimiento de los asentamientos de la población y la urbanización.

A continuación, se detallan algunas de las principales especies presentes en la zona:

- **Aves:** Perdiz, Chihuanco, Cochipachi, Espíritu, Lurincho (picaflor), TocoToco, Huaychu, Ch'oka (pato), Chainita, Golondrina, Halcón, Kurukua, Yaka Yaka, Lechuza.
- **Mamíferos:** Liebre, Zorrino, Zorro, Vizcacha, Cachulla (rata), Titi (gato silvestre) Lagartijas, Lagartos, Culebras, Víboras, Sapos, Ranas (PDM Achocalla, 2001)

1.5.13 Flora

La vegetación característica de la zona es de puna, donde se observa praderas con gramíneas en macollos y arbustos, la vegetación forma pajonales con arbustos, césped bajo en lugares húmedos, pajonal más o menos denso, matorrales de arbustos resinosos, y restos de bosques de *Polilepis spp.* O plantaciones de *Eucaliptus sp* (Chakana, 2007).

La zona de cabecera de valle (húmedo y seco), se presenta una diversidad de flora adaptada a las condiciones del medio. Aparte de tener especies arbóreas y arbustivas, existen otras que se las conoce como silvestres o malezas, muchas de las cuales son empleadas en la medicina tradicional, pero por su masiva presencia en época lluviosa en los campos de cultivo, se convierten en perjudiciales para el agricultor (PDM Achocalla, 2001).

- **Especies no Arbustivas:** Chillwiwa, Kicuyo, Cebadillo, Ch'iji, Sillu sillu, K'ora, Cola de ratón, Reloj reloj, Layo Layo (trébol), Itapallu, Chachacoma, Paycko.
- **Especies Arbustivas:** Sewenk'a, Tuna, K'oa, Karallantén, Tarwi, Ch'illca, Andres huaylla.

1.6 Descripción de los Aspectos Socioeconómicos

1.6.1 Población

De acuerdo a datos del Instituto Nacional de Estadística (INE, 2012), el Municipio de Achocalla, tiene aproximadamente 22.431 habitantes, con 11.276 mujeres y 11.155 hombres (ver Tabla 4). Además, la tasa de crecimiento intercensal es de 3,4%.

De acuerdo a datos de la Tabla 3, la comunidad de Achocalla concentra una población aproximadamente de 18.722 habitantes, al menos un 83,46 % de la población total del municipio.

Tabla 3*Distribución de la población del Municipio de Achocalla de acuerdo a la comunidad*

Comunidad	Población [Hab.]	Porcentaje [%]
Achocalla	18.722	83.46
Uypaca	537	2.39
Tuni	517	2.30
Asunta Quillviri	412	1.84
Kajchiri	278	1.24
San Pedro de Quillviri	277	1.23
Taucachi	259	1.15
Uncura	252	1.12
Kella Kella	248	1.11
Saythu	241	1.07
Ayma	193	0.86
Villa La Yuri	186	0.83
Pocollita	162	0.72
Villa Concepción	144	0.64
Antaque	33	0.15
Total	22.431	100 %

Fuente. Elaborado en base a datos del Censo 2012 (INE).

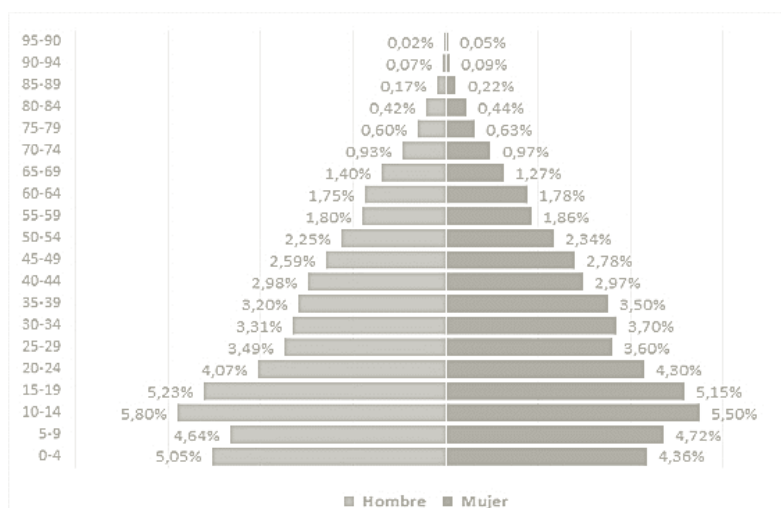
Tabla 4*Distribución de la población del Municipio de Achocalla por sexo según grupos de edad*

Grupos de edad	Total	Hombres	Mujeres
0 - 3	1.633	887	746
4 - 5	888	454	434
6 - 19	6.571	3.313	3.258
20 - 39	6.533	3.144	3.389
40 - 59	4.386	2.156	2.230
60 y más	2.420	1.201	1.219
Total	22.431	11.155	11.276

Fuente. Elaborado en base a datos del Censo INE 2012

Figura 8

Pirámide de población por edades



Fuente. Instituto Nacional de Estadística (2012)

Respecto a la población por edades, en la Figura 8 se aprecia que el Municipio de Achocalla estaría distribuido de la siguiente manera: el 30.34% son adultos, mayores de 40 años y más; el 29.12% son jóvenes y/o adultos, de 20 a 39 años; el 29.30% son niños y/o jóvenes que oscilan entre edades de 6 a 19 años; y los niños menores a cinco años de edad serían un 11.23%.

1.6.2 Vivienda

De acuerdo a datos del Censo (INE, 2012), existirían un total de 8.123 viviendas, de las que 8.093 serían particulares y 30 colectivas.

La mayoría de las viviendas se caracterizan por su estructura de adobe, debido principalmente a que este material sería de bajo costo y fácil disponibilidad, aproximadamente un 49.6% de la población emplearía este material de construcción; otro material de construcción empleado en los últimos años es el ladrillo que sería utilizado en un 48.8%; en algunos casos los comunarios combinan ambos materiales u otros como la piedra, entre otros.

El 63% de las viviendas se encuentra en estado regular o medio, 32% se halla en mal estado, y 5% de las viviendas tendría niveles altos de calidad. Cabe mencionar que el 47% de las construcciones son antiguas y 35% son construcciones actuales.

1.6.3 Idioma

Como se aprecia en la Tabla 5, en el municipio de Achocalla la mayor parte de la población de 4 años o más habla el Castellano (56.20%), seguido del Aymara 40.27%.

Tabla 5

Población de 4 años o más según el idioma que aprendió a hablar

Idioma	Total
Total	20.778
Castellano	11.678
Quechua	308
Aymara	8.369
Guaraní	2
Otros idiomas oficiales	41
Idiomas extranjeros	53
Sin especificar	311
No Habla	16

Fuente. Elaborado en base a datos del Censo INE (2012)

1.6.4 Educación

El Municipio de Achocalla cuenta con 31 Unidades Educativas (SIE-ME, 2021). La ubicación de los establecimientos se encuentra dentro de las comunidades que tienen características nucleadas y en algunos casos (zonas dispersas) se encuentran entre uno a tres kilómetros de distancia (PDM Achocalla, 2001). Dentro del área de estudio se encuentran 13 establecimientos educativos.

El sistema formal se implanta en 4 núcleos educativos que se distribuyen de la siguiente manera: Achocalla 40.01%, Franz Tamayo 26.43%, Amachuma 18.34% y Villa Layuri 15.22% (PDM Achocalla, 2001). En conjunto estos núcleos concentran la matriculación de 6.631 alumnos, con una tasa de abandono del 2.5% y de reprobación del 0.4% (SEIE-ME, 2019); la asistencia escolar de 6 a 19 años es del 90.1%, además el 5.1% de la población del Municipio sería analfabeta, esto de acuerdo a información del INE (CNPV, 2012).

1.6.5 Salud

El servicio de salud está cubierto por 3 establecimientos de salud de Primer Nivel que se encuentran en las comunidades de Achocalla, Layuri y Tuni. El personal del Área de Salud Achocalla es reducido; se cuenta con 9 profesionales de la salud repartidos en los diferentes establecimientos de salud (SI-SPIE, 2017).

Por lo que se observa según los datos de la Tabla 6, un gran volumen de personas (10.852) acude a establecimientos de salud públicos, seguido de quienes asisten a cajas de salud (3.325); de cantidad más reducida tendrían acceso a seguros de salud privados (1.975), o quienes tendrían la posibilidad de cubrir costos de centros de salud privados (2.528).

Tabla 6

Lugar donde acude la población cuando tiene problemas de salud

Salud	Total	Hombres	Mujeres
Caja de Salud (CNS, COSSMIL, u otras)	3.325	1.678	1.647
Seguro de salud privado	1.975	1.036	939
Establecimientos de salud público	10.852	5.231	5.621
Establecimientos de salud privado	2.528	1.249	1.279
Medico tradicional	5.373	2.723	2.650
Soluciones caseras	12.183	5.969	6.214
La farmacia o se automedica	12.631	6.264	6.367
Total	48.867	24.150	24.717

Fuente. Elaborado en base a datos del Censo INE (2012)

La Tabla 6 muestra que un gran número de personas (12.631) se auto medicaría, esto seguido de otro numeroso grupo (12.183) que utilizan las soluciones caseras para sanar. Debido a los usos y costumbres de la región, muchas personas (5.373) emplean la medicina tradicional.

Los conocimientos, actitudes y prácticas de la comunidad se dirigen específicamente al proceso de embarazo, parto, post parto y la atención que dan las madres, cuando enferman sus niños, especialmente de diarrea y de infecciones respiratorias. Achocalla por el clima favorable en la cuenca, cuenta con variedad de plantas curativas medicinales; gran parte de la población recurre a las plantas medicinales del lugar, las mismas que son utilizadas en forma de cataplasma, fomento, ungüento e infusión en mayor proporción que los medicamentos (PDM Achocalla, 2001).

1.6.6 Servicios Básicos

- **Agua Potable:** La procedencia del agua utilizada en la vivienda para consumo humano en el Municipio de Achocalla de acuerdo a datos del Censo (INE, 2012), se divide de la siguiente manera: un 34.1% de la población cuenta con agua por cañería de red; 27.40% obtendrían agua de pozos o norias; 17.10% obtendrían agua por lluvia, río, vertientes, acequias; 12.85% se abastecen de agua por medio de un carro repartidor; 8% por medio de pileta pública; y por último 0.7% la obtendrían de lagos y lagunas.

- **Eliminación de Excretas:** Solo en el centro urbano de Achocalla existe un sistema de alcantarillado, esto beneficia a un 13.20% de familias del municipio; un 14.70% utiliza cámaras sépticas; el 69.30% de la población eliminarían sus excretas por medio de pozos ciegos; esto según datos del Censo (INE, 2012).
- **Energía Eléctrica:** De acuerdo a datos del Censo (INE, 2012), en cuanto al servicio de energía eléctrica, el porcentaje estimado de la población que estaría conectada a la red de energía del servicio público es el 76.43%; 21.57% no cuenta con este servicio; el 1.59% se abastece de otro tipo de energía; un 0.31% cuenta con motor propio; y 0.10% tendrían paneles solares.

1.6.7 Transporte

Achocalla cuenta con un sistema de red vial secundario, que conecta al municipio con las comunidades de El Alto y La Paz. La vía troncal atraviesa la zona del valle y une Mallasa con el Alto, esta es la única vía transitable todo el año (Ver Figura 5).

El tramo principal que permite conectar Achocalla con la ciudad de La Paz tiene una distancia de 10 Km., la accesibilidad es buena y su uso continuo. Una distancia menor de 6 Km. existe entre Achocalla y El Alto, la misma responde a características similares a la primera. En ambos tramos, el servicio público de transportes está dado por dos líneas de Minibuses. Un viaje por la zona Sur (Mallasilla), toma 25 minutos por un camino empedrado y sin baches (Arteaga, 2010).

1.6.8 Turismo

Uno de los principales atractivos turísticos del Municipio de Achocalla es la Laguna de Achocalla que, por su riqueza paisajística combinado con la cercanía a la Ciudad de El Alto y La Paz, hacen que Achocalla se convierta en un centro de recreación muy concurrido especialmente los fines de semana y días feriados.

Una de las principales actividades recreacionales en la laguna es la navegación en botes por los alrededores del lago. También se pueden realizar otras actividades recreativas cerca a la alguna como paseos a caballo, caminatas y recorridos en cuadratrack; por la concurrencia del lugar se puede encontrar locales con expendio de comida, gaseosas y otras bebidas. Otras atracciones turísticas, aunque de menor flujo de personas en comparación al de la laguna son las quebradas y túneles que se encuentran en la ruta que conecta la ciudad de La Paz con el Valle de Achocalla.

El valle de Achocalla cuenta con numerosos vestigios arqueológicos, entre chullpares, sitios habitacionales y 70 rocas grabadas. Respecto a las últimas, la Sociedad de Investigación del Arte Rupestre de Bolivia (SIARB) hizo esfuerzos para su documentación y su posible preservación dentro de un parque arqueológico, considerando las destrucciones permanentes de los sitios arqueológicos debido al fuerte proceso de urbanización de los alrededores de la ciudad de La Paz (Strecker, 2011). Este sitio turístico actualmente no se estaría promocionando, debido principalmente a la falta de accesibilidad; en un futuro y con infraestructura podría generar ingresos económicos para la población.

1.6.9 Aspectos Económicos - Productivos

El sistema económico del Municipio de Achocalla se basa principalmente en la agricultura, ganadería y turismo.

El sistema de explotación y uso del suelo es netamente agropecuario, siendo la agricultura el rubro más importante en la zona de cuencas o cabecera de valle y con vocación ganadera en la zona del altiplano.

Tabla 7

Población Empadronada de 10 años o más edad, según actividad económica

Actividad Económica	Total	Porcentaje [%]
Total	11.544	100
Agricultura, ganadería, caza, pesca y silvicultura	3.260	28.24
Minería e Hidrocarburos	126	1.10
Industria Manufacturera	1.242	10.75
Electricidad, gas, agua y desechos	13	0.11
Construcción	1.421	12.31
Comercio, transporte y almacenes	2.875	23.00
Otros servicios	1.750	15.20
Sin especificar	469	4.10
Descripciones incompletas	388	3.40

Fuente. Elaborado en base a datos del Censo INE (2012)

Como se puede apreciar en la Tabla 7, la principal actividad económica es la Agricultura, ganadería, caza, pesca y silvicultura, por lo que representa un 28% del total de actividades económicas en el Municipio de Achocalla. Además, existen otras actividades económicas que generan ingresos fuera del hogar (Comercio, Transporte, Almacenes) alcanzan al 23%; el 15.20% realizan otro tipo de actividades. Otra actividad económica estaría dada por el sector de construcción con 12.31%. Todas estas actividades estarían ligadas al flujo continuo de personas desde Achocalla hacia las ciudades de

La Paz y El Alto, y viceversa, este movimiento se produciría de manera continua y durante todo el año.

1.6.9.1 Sistemas de Producción

La unidad de producción fundamental es la parcela familiar, siendo también la unidad de consumo, por lo que una familia controla en gran medida las condiciones de producción de su fuerza de trabajo. La crianza de la ganadería tiene la particularidad de ser un subsistema dentro del sistema agropecuario en el cual la agricultura y la ganadería están estrechamente articuladas y donde el rebaño es mixto: ovino-bovino-porcino. (PDM Achocalla, 2001).

1.6.9.1.1 Sistema de Producción Agrícola

El promedio de superficie cultivada es de 0.8 hectáreas por familia, cifra que varía de acuerdo a la comunidad y a la condición económica. La superficie estimada bajo riego es de 1.698 hectáreas que en términos porcentuales significa el 22% del total de la superficie cultivable, la misma que llega a 7.619 hectáreas (78%) (PTDI GAM Achocalla, 2019).

Desde hace tiempos atrás, Achocalla fue un municipio dedicado a las actividades agrícolas y pecuarias. Sin embargo, el crecimiento urbano fue cambiando los terrenos productivos por construcciones urbanas; pese a esa limitante, el municipio aún se constituye en uno de los principales productores agrícolas de: papa, maíz, forrajes, arveja, haba, lechuga, cebolla, zanahoria, entre otras hortalizas y flores que forman parte de la economía familiar. (Perez, 2019).

Tabla 8

Principales cultivos

Cultivo	Superficie [Ha]	Volumen [TM]
Total	2.373	5.950
Papa	776	3.773
Avena	416	1.102
Cebada forrajera	143	283
Alfalfa	137	93
Otros	901	700

Fuente. Elaborado en base a datos del Censo Nacional Agropecuario (2013)

La Tabla 8 muestra la tendencia productiva de las familias en el Municipio de Achocalla; una de las mayores superficies de cultivo estaría dedicada a la producción de papa 776 Ha., seguido de avena con 416 Ha., cebada forrajera 143 Ha., y alfalfa 137 Ha. La producción de otro tipo de cultivos comprende 901 Ha. de superficie cultivada.

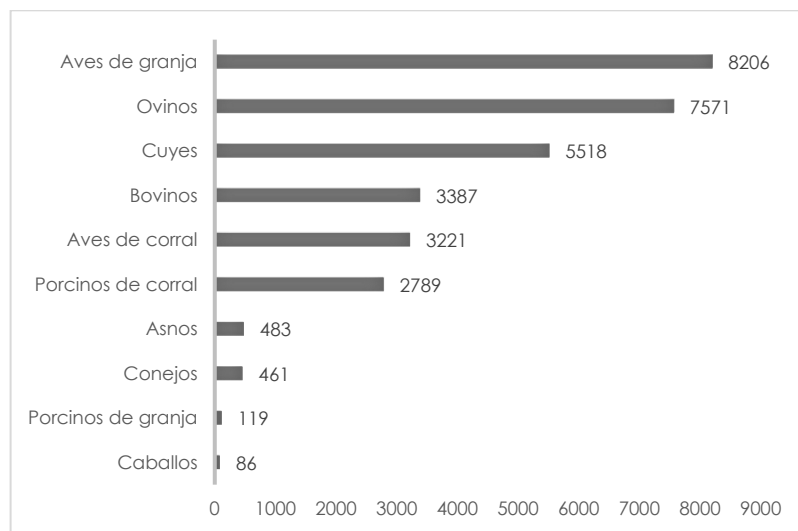
Desde años atrás el municipio se fue destacando por la producción de hortalizas bajo sistemas de Producción Ecológica, cuya producción abastece los mercados de las ciudades de El Alto y La Paz. Sin embargo, una de las limitantes a nivel del productor es el acceso al mercado, pues los productos ecológicos son comercializados en los mercados tradicionales sin ser diferenciados por su calidad y sus cualidades saludables (Perez, 2019).

1.6.9.2 Sistema de Producción Pecuario

La explotación ganadera se caracteriza por ser extensiva y a pequeña escala, se basa principalmente en la riqueza de ganado criollo, existiendo recientemente la introducción del ganado bovino mejorado de la raza Holstein y Pardo suizo, con propósitos de producción de leche (PTDI GAM Achocalla, 2019).

Figura 9

Especies ganaderas del municipio Achocalla



Fuente. Elaborado en base a datos del Censo Nacional Agropecuario (2013)

En la Figura 9 podemos apreciar que, del total de las especies ganaderas, la población pecuaria estaría constituida principalmente por aves de granja con 8206 cabezas; seguido con 7571 cabezas de ganado ovino por los beneficios que genera su crianza, como la disposición de estiércol que es utilizado como abono, lana para realizar prendas y finalmente como carne. 5518 cabezas de ganado menor (cuyes). 3387 cabezas pertenecen al ganado bovino, que es muy importante en la economía de las familias, debido a que Achocalla se caracteriza por la producción de lácteos para la elaboración principalmente de queso, como también gran parte de la producción lechera es destinada a una

microempresa denominada "Flor de Leche", que se encargaría de recolectar leche en varias comunidades del Municipio, además que decenas de productores lecheros llevan su producción para venderla a dicha microempresa; la producción de este tipo de ganado también tendría otros beneficios como estiércol, tracción animal en labores agrícolas y bosta que es empleada como combustible. Las aves de corral tendrían una población estimada de 3221 cabezas, seguida de porcinos de corral con 2789 cabezas, 483 asnos empleados sobre todo para carga, 461 cabezas de conejos; y menor cantidad porcinos de granja y caballos, con 119 y 86 cabezas respectivamente.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1. Geomorfología

Etimológicamente, la palabra geomorfología viene de tres raíces griegas: geos (tierra), morphe (forma) y logos (tratado), o sea, es el estudio de las formas de la superficie terrestre. (Villota, 2005).

La geomorfología se define como un estudio que describe las formas del terreno y los procesos que condujeron a su formación, y que, además, investiga las interrelaciones de esas formas y proceso en su distribución o arreglo espacial. (Van Zuidam R. A., 1973).

La geomorfología tiene por objeto:

- La descripción de las formas del terreno.
- La explicación de su génesis, o sea, de su origen y evolución a través del tiempo geológico.
- La definición de la naturaleza y distribución de los materiales que constituyen las geoformas.
- La clasificación de los paisajes, principalmente con base a su morfología, origen, edad y composición.
- La explicación y descripción de los agentes y procesos geomorfológicos modeladores. (Villota, 2005)

2.1.1. Agentes Geomorfológicos

Todos los elementos naturales móviles, determinados por las fuerzas de cambio, capaces de desprender, transportar y depositar los productos incoherentes de la meteorización y de la sedimentación, se conocen como agentes geomorfológicos, siendo los más importantes: el agua de lluvias y de escorrentía; las olas, corrientes costeras y de marea; los glaciares, el viento. A estos se agregan los animales y el mismo hombre.

Estos agentes son los responsables directos de la mayoría de los procesos geomorfológicos exógenos que afectan a la superficie terrestre, ya sea degradándola o bien construyendo nuevos paisajes. (Villota, 2005)

2.1.2. Procesos Geomórficos

Los procesos geomórficos son todos esos cambios físicos y químicos que determinan una modificación de la forma superficial de la tierra.

A continuación, se expone un plan general de los procesos que modelan la superficie terrestre.

a. Procesos epígenos o exógenos

- Degradación: meteorización, remoción en masa o desplazamiento gravitativo, erosión (incluyendo transporte) por: agua corriente; agua subterránea; olas; corrientes; mareas y tsunamis; viento; y glaciares.
- Agradación por: agua corriente; agua subterránea; olas, corrientes, mareas y tsunamis; viento; y glaciares.
- Trabajo de organismos, incluyendo el hombre.

b. Procesos hipógenos o endógenos

- Diastrofismo
- Vulcanismo

c. Procesos extraterrestres

- Caída de meteoritos. (Thornbury, 1966)

2.2. Geomorfología Ambiental

La geomorfología ambiental, como la Geomorfología tradicional, abarca el conjunto procesos y efectos modeladores de la superficie terrestre, constructivos o destructivos, a causas de agentes geodinámicos externos, aunque a veces tenga un arranque súbito de geodinámica interna, como pueden ser erupciones volcánicas o movimientos sísmicos.

La Geomorfología Ambiental no se contenta con:

- Identificar y discutir “curiosidades” científicas, o en convertirse en una Geomorfología aplicada, en cuanto a explotación de recursos de por sí, o para identificar, prevenir o mitigar riesgos naturales, tales como deslizamientos, desprendimientos y otros.

Sino que pretende, básicamente:

- Entender los ecosistemas, o sistemas, como un todo (continentes y contenidos), con sus diversas interacciones multidireccionales. De esta manera, no tiene sentido, por ejemplo, un estudio de paisajes, sino una herramienta geomorfológica.

2.3. Sistemas de Información Geográfica

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG), están diseñados para realizar la captura, almacenamiento, manipulación, análisis, modelación y presentación de datos geo-referenciados espacialmente para el apoyo a la toma de decisiones y el control en una organización, así como principalmente para la resolución de problemas complejos de Planificación y Gestión territorial en el marco de la búsqueda de un desarrollo sostenible (NCGIA, 1991).

2.4. Gestión del territorio

Se entiende por gestión del territorio a la comprensión de las actividades sociales que se realizan sobre un determinado espacio físico y la forma de cómo gobernarlo, para lograr ese conocimiento del territorio se aplican técnicas como el diagnóstico, mediante la información geográfica recopilada o proporcionada de fuentes primarias o secundarias de diferentes ámbitos que están involucrados en el sistema territorial, pudiendo ser estas: la parte social o cultural, ambiental, recursos naturales, económica o productiva, administrativa, a fin de poder identificar las potencialidades, limitaciones y conflictos que se dan en el territorio, el modelamiento territorial que ayuda a visualizar los escenarios en el futuro e incluso a establecer criterios que permitan proyectar el territorio (Gómez O., 1993).

2.5. Cuenca hidrográfica

Es todo un sistema complejo, abierto donde ocurre el ciclo hidrológico y cuyos elementos naturales, sociales, ambientales, económicos, políticos e institucionales son variables en el tiempo; y se encuentran en estrecha interrelación. Por otro lado, una cuenca hidrográfica es solo una parte ínfima de la tierra. Además, se debe tener siempre presente que no existe ningún punto de la tierra que no pertenezca a una cuenca hidrográfica (Vásquez V., 2016).

De acuerdo al Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Suelos citado por Aguirre (2007), clasifica a las cuencas por su tamaño de la siguiente manera:

- Sistema hidrográfico (+ de 300.000 ha)
- Cuencas (60.000 - 300.000 ha)
- Subcuencas (10.000 - 60.000 ha)
- Microcuenca (< 10.000 ha)

2.5.1. Elementos Básicos de una Cuenca

2.5.1.1. Recursos Naturales

Se consideran como recursos naturales a todo componente de la naturaleza susceptible de ser aprovechado por el ser humano para la satisfacción de sus necesidades y que tenga un valor actual o potencial en el mercado. Los recursos naturales se pueden agrupar en:

- **Recursos naturales renovables;** dentro de ellos se tienen: El agua, suelo, flora, fauna, clima, paisaje, recursos ictiológicos, etc.
- **Recursos naturales no renovables;** teniéndose dentro de ellos: Los minerales, petróleo, carbón, gas, etc.
- **Recursos naturales inagotables;** teniéndose dentro de ellos: luz solar, vientos, endotérmica, oleaje, etc. (Vásquez et al., 2016).

2.5.1.2. Elementos antropogénicos

Teniéndose dentro de ellos a los elementos desarrollados, construidos o llevados a cabo por el hombre; destacándose entre ellos: Reservorios, canales de riego, relaves contaminantes, vertimientos, emisiones, residuos, plantaciones forestales, cultivos alimenticios, pastizales cultivados, piscigranjas, instalaciones y actividades mineras, industriales, centrales hidroeléctricas, centrales nucleares, centrales térmicas, parques eólicos, plantas solares, carreteras, caminos y aeropuertos, servicios, etc. Además, algunos elementos importantes que también deben ser tomados en cuenta son los restos arqueológicos, costumbres, creencias, aspectos culturales, interculturales y finalmente la tecnología con la que se pueda disponer. (Vásquez et al., 2016).

2.5.1.3. Elementos institucionales

Que, siendo aspectos antrópicos, merecen ser resaltados y dentro de ellos se tienen: Organización institucional, coordinación inter institucional, marco normativo y legal relacionado al manejo o tratamiento de las cuencas, etc. (Vásquez et al., 2016).

2.5.1.4. Aspectos gubernamentales

Un elemento importante y que normalmente no ha sido tomado en cuenta pero que gravita decididamente en el manejo y aprovechamiento del espacio físico y de los recursos naturales existentes en una cuenca hidrográfica es la decisión política y el buen gobierno que pueda llevarse a cabo para dar, aplicar y supervisar la aplicación del marco legal y normativo que permita un buen manejo y gestión de la cuenca, mediante la aplicación plena de dichas normas, evitando la corrupción que puedan cometer funcionarios, favoreciendo a empresas o individuos en forma ilegal ya sea para

depredar, contaminar o para evadir impuestos afectando la sostenibilidad de los recursos y la recaudación de impuestos (Vásquez et al., 2016).

2.6. Cuenca Hidrológica

Según el concepto de ciclo hidrológico, toda gota de lluvia que cae al suelo, continúa en forma de escurrimiento e infiltración, luego va a lugares de concentración, allí se parte se evapora y vuelve al espacio para formar el ciclo. Luego que la gota de lluvia se infiltra, satura el suelo, pasa a percolación profunda y recarga los acuíferos. En este desplazamiento vertical, el agua se puede encontrar con estratos impermeables (rocas duras) que movilizarán las partículas de agua dependiendo de la forma y el tipo de rasgos geológicos.

Cuando el relieve y fisiografía externa, tienen una forma y simetría diferente a la configuración geológica interna de la cuenca, se puede decir que existe una cuenca subterránea, que cambia la dirección del flujo superficial para alimentar a otra cuenca hidrográfica. A esta configuración se denomina cuenca hidrológica, la cual adquiere importancia cuando se tenga que realizar el balance hidrológico (World Vision, 2013).

2.7. Unidades Ambientales

Son zonas homogéneas de ecosistemas naturales que identifican problemas y posibilidades para el desarrollo sustentable, donde también se consideran los espacios urbanos consolidados; siendo resultado de un proceso de zonificación utilizado para requerimientos de planificación territorial, pero que para su identificación o delimitación puede basarse en los métodos de zonificación que más se ajuste a los requerimientos del caso (Gomez Orea & Gómez Villarino, 2013).

2.8. Morfometría

La morfometría corresponde al atributo de la geomorfología que estudia las características cuantitativas de las formas del relieve (alturas, superficies, pendientes, volúmenes, etc.), a partir de diversos índices numéricos. En otras palabras, este atributo comprende la caracterización y el análisis digital de las superficies topográficas continuas, abarcando los rasgos dimensionales de las geoformas, los cuales se derivan de una representación numérica de la topografía (Zink, 2012).

2.9. Procesos Morfodinámicos

Los procesos morfodinámicos corresponden a una serie de acciones sucesivas y/o simultáneas y sinérgicas a través de las cuales los agentes morfogenéticos, principalmente los externos, son capaces de modelar las formas de la superficie terrestre. Los procesos morfodinámicos están asociados a una secuencia conformada por la erosión de las rocas, el transporte de los materiales

removidos y la sedimentación de dichos detritos. En consecuencia, los procesos morfodinámicos dependen de una serie de factores externos relacionados con la energía del agente morfogenético y la posición geomorfológica y factores internos tales como la composición mineralógica de las rocas, su textura y grado de cohesión (Castro, 2005).

2.10. Morfogénesis

Involucra la definición del origen de las diferentes geoformas, teniendo en cuenta los agentes, procesos y sistemas de erosión que dieron origen a las formas del terreno, también se ve la importancia que tiene el no suponer, que los procesos actuales son los creadores de las formas heredadas. (Viers, 2005). El origen de un paisaje depende de los procesos y agentes que interactúan para darle las formas a la superficie terrestre en diferentes intensidades, proporciones y durante intervalos de tiempo geológico. Se analizan aspectos genéticos del relieve según dos niveles: uno, los procesos exógenos y morfogenéticos unitarios (meteorización, suelos, gravitacionales, peri glaciares, glaciares, fluviales, eólicos y litorales); el otro, los tipos de relieves (climáticos, litológicos, y estructurales) (Pedraza, 1996).

2.11. Imagen Satelital Sentinel 2

La misión Sentinel es un proyecto de la Agencia Espacial Europea (ESA) y se enmarca del programa Copernicus. Es la misión de reciente creación ya que los primeros satélites se lanzaron en 2014. El satélite Sentinel 2^a, cuyo sensor es el MSI y su reincidencia temporal sobre la misma área es de 10 días fue lanzado en 2015. La resolución radiométrica es de 12 bits. En cuanto a la resolución espectral, dicho sensor cuenta con: cuatro bandas en el visible y nueve en el infrarrojo cercano y medio (Picone, 2017).

Los satélites Sentinel 2 contribuyen a las observaciones multiespectrales en curso y benefician a los servicios y aplicaciones de Copernicus, como gestión de tierras, agricultura y silvicultura, control de desastres, operaciones de ayuda humanitaria, mapeo de riesgos y preocupaciones de seguridad. Las imágenes Sentinel 2 están formadas por 13 bandas, así como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9

Bandas de la imagen satelital SENTINEL 2

Banda	Longitud de onda [μm]	Resolución [m/px]
1 - Aerosol	0.43 - 0.45	60
2 - Azul	0.45 - 0.52	10
3 - Verde	0.54 - 0.57	10

Banda	Longitud de onda [μm]	Resolución [m/px]
4 - Rojo	0.65 - 0.68	10
5 - Rojo	0.69 - 0.71	20
6 - Ultrarrojo	0.73 - 0.74	20
7 - Rojo lejano	0.77 - 0.79	20
8 - Infrarrojo cercano	0.78 - 0.90	10
8A - Infrarrojo cercano 2	0.85 - 0.87	20
9 - Vapor de Agua	0.93 - 0.95	60
10 - Cirrus	1.36 - 1.39	60
11 - Onda corta infrarroja	1.56 - 1.65	20
12 - Onda corta Infrarroja 2	2.10 - 2.28	20

Fuente: Elaboración propia en base a Martínez (2020)

Existen dos niveles de descarga de datos: nivel 1C (las imágenes vienen con valores de reflectancias en el tope de la atmósfera "TOA" se encuentran ortorectificadas) y nivel 2A, las imágenes vienen con valores de reflectancias a nivel del suelo (BOA) georreferenciadas y corregidas atmosféricamente (Martínez, 2020).

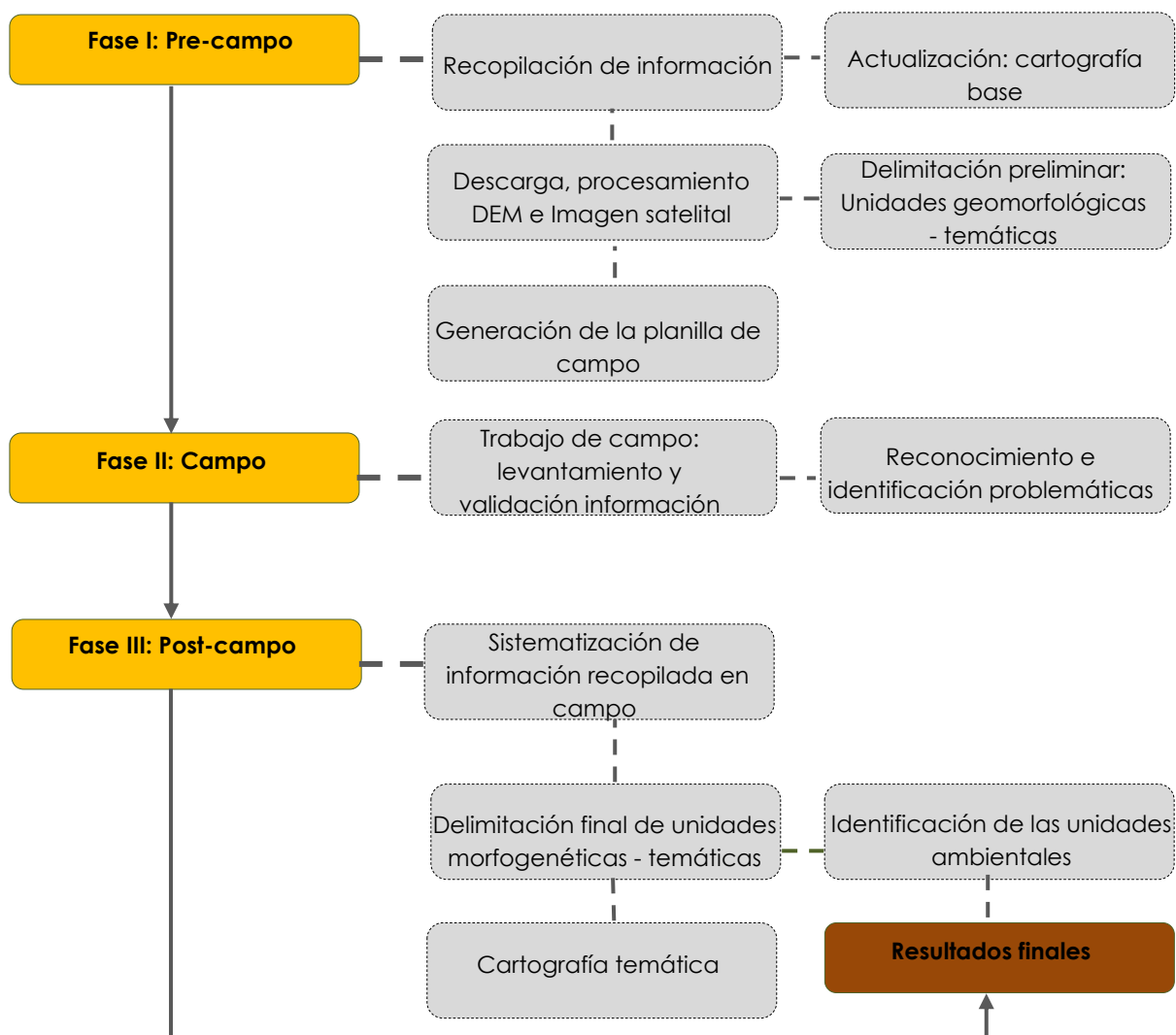
CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA

Para la realización del presente proyecto, la metodología se dividió en tres fases: Pre-Campo, Campo y Post-Campo. En la Figura 10 se detalla el diagrama de la metodología de trabajo:

Figura 10

Diagrama: metodología de trabajo



3.1. Pre campo

En esta fase se recopiló, utilizó y procesó información secundaria recopilada en diferentes instituciones y también estudios previos realizados por los gobiernos municipales u otros.

3.1.1. Recopilación de Información

La recopilación de datos de los componentes socio-económicos y biofísicos, se realizó de forma digital, los mismos provinieron de diferentes instituciones:

- (PDM Achocalla, 2001), Plan de Desarrollo Municipal de Achocalla 2001 - 2005.
- Shape Files y Raster's recopilados de diferentes instituciones y/o de geo portales que cuentan con información oficial. Se detalla la información recopilada en la Tabla 10:

Tabla 10

Información base

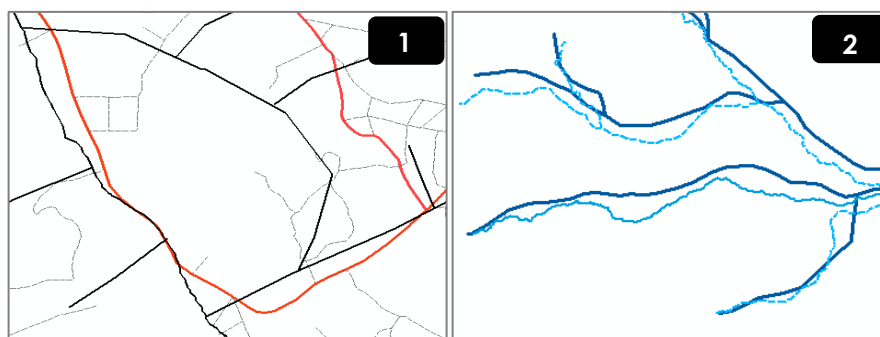
Cobertura	Escala	Año	Fuente
Ríos, Cuerpos de Agua	1:50000	2016	MMAyA
Red Fundamental Vial	1:1000000	2016	ABC
Unidades Administrativas (Municipios)	1:1000000	2018	VA/GeoBolivia
Localidades	1:1000000	2012	INE
Geología	1:50000	1990	SERGEOTECMIN
Imagen Satelital SENTINEL			ESA
Imagen Bing Maps			SAS PLANET
DEM ALOS PALSAR	12 metros	2011	JAXA/METI

3.1.2. Actualización de la base cartográfica

En la Figura 11 se muestran las correcciones que se realizaron en capas como: Drenaje y Vías, en el primer caso debido a una actualización preliminar del shape file base, y en segundo de manera complementaria y a mayor detalle.

Figura 11

Actualización y ajuste de la red de accesos e hídrica



Nota. 1. Corrección y ajuste de redes viales. 2. Detallado y ajuste de red hídrica

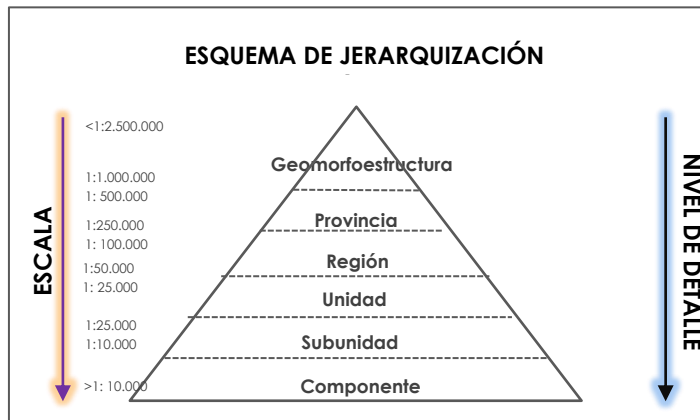
3.1.3. Definición de la Escala de Trabajo

La escala como tamaño puede ser definida por el número de veces que la realidad es reducida para su consideración. Es el concepto de escala cartográfica, en la cual esa reducción se expresa mediante una fracción, por ejemplo 1: 500000, donde 1 es la realidad y 500000 es el número de veces en que la realidad ha sido reducida para su representación cartográfica (Valenzuela, 2006). En ese sentido la escala de trabajo para el presente estudio es de 1:25000.

De acuerdo a la metodología empleada, la jerarquización del International Institute for Geo Information Science and Earth Observation (I.T.C., por sus siglas en inglés), encontrada en su documento "El sistema I.T.C. para levantamientos geomorfológicos, elaborada por Verstappen y Van Zuidam en 1992 y adoptada por Carvajal, 2012; se relaciona el nivel de estudio con las escalas de trabajo. En la Figura 12 se detalla la jerarquización geomorfológica relacionada con la escala.

Figura 12

Esquema de jerarquización geomorfológica



Fuente. SGC (2012)

Teniendo en cuenta la jerarquización, para el presente estudio se toma como unidad cartográfica la Unidad Geomorfológica (escala 1:25.000). Esta categoría se propone como la unidad básica de la cartografía geomorfológica. De acuerdo con Carvajal (Carvajal, 2012); el término unidad geomorfológica se define como una geofoma individual genéticamente homogénea, generada por un proceso geomórfico constructivo o destructivo (acumulación o erosión), típicos de un ambiente morfogenético dado.

3.1.4. Delimitación del área de estudio

Existen maneras de delimitar o delinear cuencas hidrográficas, cada una de ellas se utiliza de acuerdo del carácter o propósito que se desee alcanzar. Las maneras de delimitar que van desde las realizadas manualmente, sobre un plano topográfico o directamente en pantalla, hasta las que se realizan digitalmente de forma semiautomática, con las herramientas SIG y con la información base geoespacial. Todas las formas de delimitar conducen al mismo objetivo, sin embargo, la diferencia radica en la precisión; y es allí donde el método que se utilice y la información base, determinarán la calidad del trabajo final (Juárez, 2016).

El área de la cuenca se determinó a partir del modelo digital de elevación (DEM) de la zona de estudio, siendo éste su principal y único insumo necesario; el proceso metodológico para la obtención de la cuenca de estudio se realizó en el Software ArcGis 10.6.1. Los pasos seguidos se muestran en la Figura 13 y se detallan a continuación:

- **Fill:** Una vez cargado el DEM del área de estudio, se procedió con la herramienta "Fill" (*ArcToolbox* → *Spatial Analyst Tools* → *Hydrology* → *Fill*), con el fin de quitar sumideros o datos atípicos en la superficie del modelo digital de elevación, de modo que las celdas en depresión alcancen el nivel de terreno de alrededor.
- **Flow Direction:** La dirección del flujo está determinada por la dirección más empinada de descendencia de cada celda o pixel, o la caracterización de los pixeles en función de las pendientes que se tengan, buscando el camino descendente para indicar por dónde el flujo correría en caso de escurrimientos (Juárez, 2016).

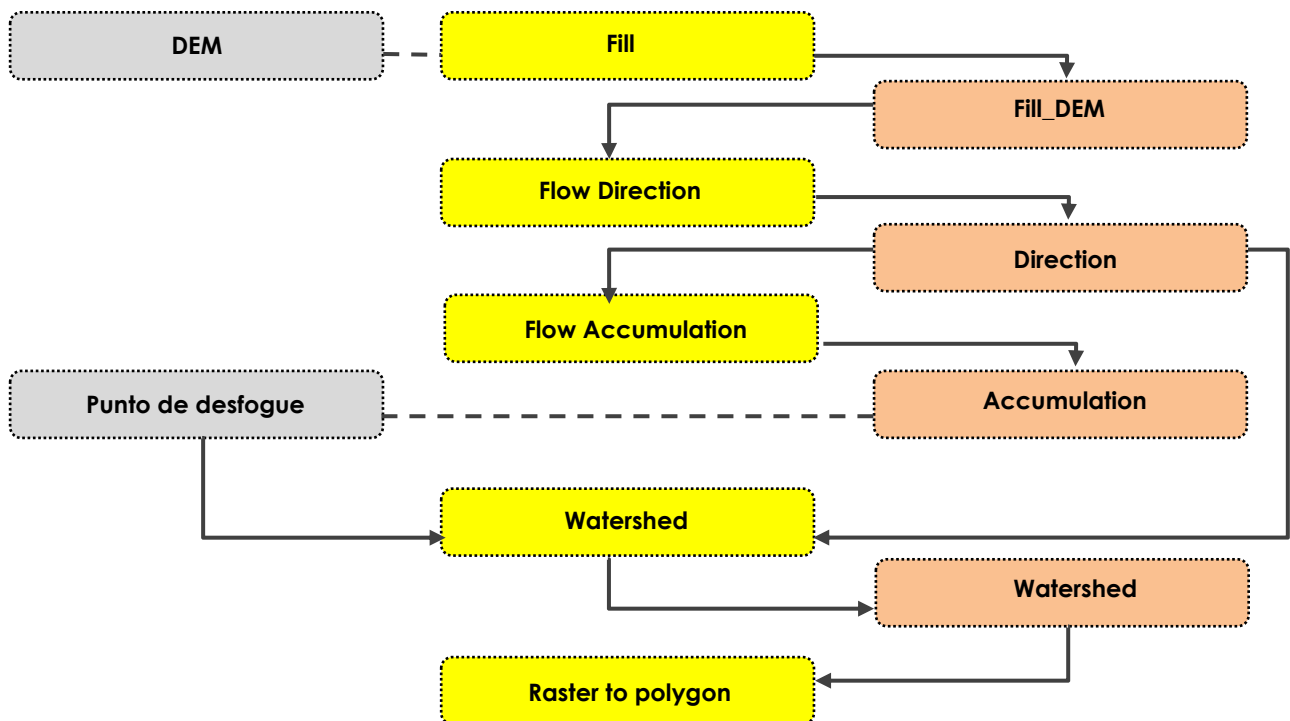
Con la herramienta de geoprocésamiento "Flow Direction" (*ArcToolbox* → *Spatial Analyst Tools* → *Hydrology* → *Flow Direction*). La capa de entrada es "Fill" generada en el paso anterior; como salida se obtiene un ráster que muestra la dirección de flujo en base a la pendiente.

- **Flow Accumulation:** Una vez obtenida la dirección de flujo se calculó "Flow Accumulation", que se encarga de determinar e indicar el lugar y el grado de acumulación del agua que existe en un tramo, pudiendo obtenerse la acumulación del flujo en las celdas que fluyen hacia cada celda descendiendo sobre la pendiente. Se calculó utilizando: *ArcToolbox* → *Spatial Analyst Tools* → *Hydrology* → *Flow Accumulation*.

- **Delimitación asistida de la cuenca:** Mediante la herramienta "Watershed", que implica la definición de un punto colocado sobre el ráster de "Flow Accumulation" en un sitio cercano a la desembocadura del río principal (punto de desfogue), esta ubicación sería el punto de partida para delimitar la cuenca utilizándose como capa de entrada el raster "Flow direction". El procedimiento fue el siguiente: *ArcToolbox* → *Spatial Analyst Tools* → *Hydrology* → *Watershed*.
- **Área resultante:** Finalizado el proceso se obtuvo el área de estudio o interés, la cuenca del Río Achocalla que fue transformada de formato ráster a shapefile.

Figura 13

Pasos seguidos para la delimitación del área de estudio



3.1.5. Parámetros Morfométricos

Las cuencas consideradas como unidades dinámicas naturales, son sistemas hidrológicos, donde la dinámica ambiental de un área puede ser estudiada mediante la caracterización de su paisaje y elementos. Los estudios en cuencas comienzan con el análisis de la morfometría, que es una

herramienta de diagnóstico de las condiciones fisiográficas naturales, que sirven como indicadores de la susceptibilidad a la degradación del medio ambiente (Cerignoni & Rodrigues, 2015).

A partir del modelo digital de elevación de 12 metros y el área de la cuenca previamente delimitada, se obtuvieron los parámetros morfométricos de la cuenca de estudio, para ello se utilizó el software SIG IDRISI versión 17.0. En la Tabla 11 se muestran los resultados de los parámetros morfométricos

Tabla 11

Características físicas de la microcuenca Achocalla

Parámetros dimensionales de la microcuenca	Unidad	Resultados
Área	km ²	24.85
Perímetro	km	31.94
Ancho	km	2.98
Desnivel Altitudinal	m	554
Longitud directa del río principal	Km	7.04
Longitud del canal principal	km	8.42

- Parámetros de Forma:** La forma de la microcuenca es el resultado de un largo proceso geomorfológico, un parámetro indicativo de las condiciones físicas de la cuenca en relación con su estado de conservación (Cerignoni & Rodrigues, 2015). Los resultados relacionados con el factor de forma, índice de circularidad y la compacidad de coeficiente se pueden observar en la Tabla 12.

Tabla 12

Características relacionadas con la forma de la microcuenca

Índices de forma de la microcuenca	Unidad	Resultados
Factor de forma (Ff)	-	0.02
Índice de circularidad (Ic)	-	0.31
Coeficiente de compacidad (Kc)	-	1.8

El factor de forma (Ff = 0.02), nos indica que la microcuenca tiende a ser alargada, con una baja susceptibilidad a las avenidas, esto definido según la clasificación propuesta por Gravelius (1914). Una microcuenca con un factor de forma bajo (poco achatada) es menos propensa a tener una lluvia

intensa simultáneamente sobre toda su superficie, que un área de igual tamaño con un factor de forma mayor (Londoño, 2001).

El dato de índice de circularidad ($I_c = 0.31$) anteriormente obtenido, indicarían que la microcuenca es moderadamente alargada; lo que a su vez significaría que esta sería menos susceptible a generar crecidas ya que el tiempo de recorrido del agua es mucho largo.

Cuando el coeficiente de compacidad es mayor que 1.7, corresponde a una con mayor tendencia a la conservación del medio ambiente (Cerignoni & Rodrigues, 2015). En este caso el valor obtenido es de 1.8, por lo que pertenecería a este rango de clasificación.

- **Parámetros de relieve (Pendiente):** De acuerdo con el uso del suelo y la red de drenaje, la pendiente influye en el comportamiento de la microcuenca afectando directamente el escurrimiento de las aguas de lluvias; esto es, en la magnitud y en el tiempo de formación de una creciente en el cauce principal (Consortio Pomca Quindio, 2017).

Tabla 13

Características del relieve de la microcuenca

Características del relieve	Unidad	Resultados
Pendiente media	%	22.8
Altitud media	m	3774.15
Altitud máxima	m	3954
Altitud mínima	m	3403

De acuerdo a los datos de la Tabla 13 se puede determinar la pendiente media de la microcuenca es de 22.8 %, según la clasificación de Alvord, tendría un tipo de relieve fuertemente accidentado. La altitud máxima de la microcuenca es de 3954 m.s.n.m., la mínima 3403 m.s.n.m., lo que resulta en una media de 3774.15 m.s.n.m.

- **Parámetros relativos al perfil de la microcuenca:** Como se denota en la Tabla 14, la longitud del cauce del río Achocalla es de 8.42 km desde su nacimiento, en la parte alta de la microcuenca, hasta su confluencia con el río La Paz. Es desnivel altitudinal del cauce es de 551 metros y la pendiente promedio es de 10.32%.

Tabla 14

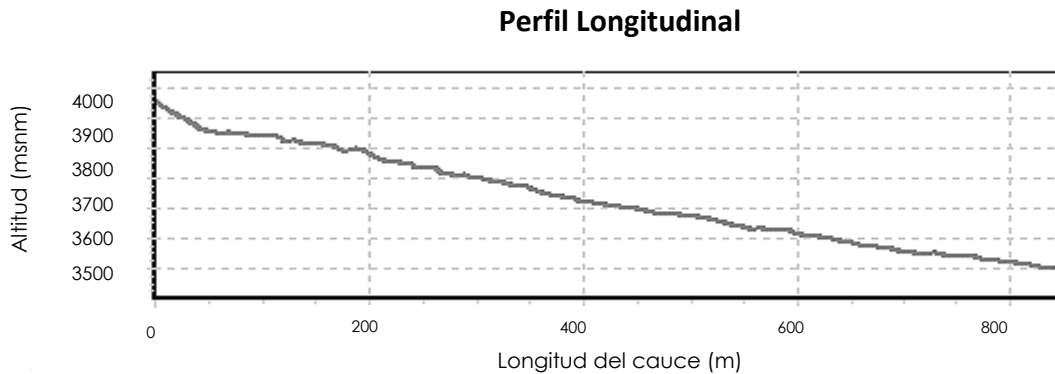
Parámetros relativos al perfil de la microcuenca

Características del Cauce Principal	Unidad	Resultados
Longitud	km	8.42
Desnivel	m	551
Pendiente promedio	%	10.32

El perfil longitudinal es la representación gráfica de las diferentes altitudes desde su nacimiento hasta su desembocadura. De ella se obtiene una curva accidentada por diversas rupturas de pendiente (Dolores Garay, 2018). En la Figura 14 se presenta el perfil de la microcuenca de estudio.

Figura 14

Perfil longitudinal del cauce principal de la microcuenca del Río Achocalla

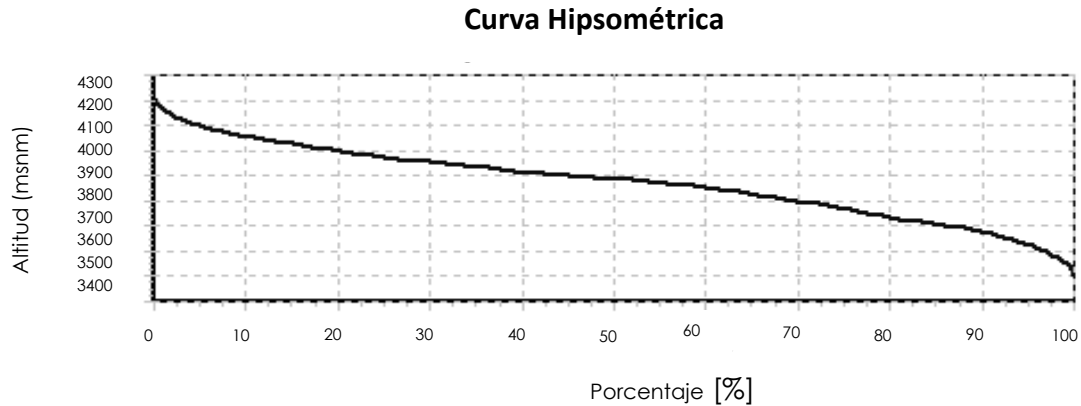


- **Curva Hipsométrica:** En base al análisis hipsométrico, podremos determinar el ciclo erosivo y la etapa evolutiva en que se encuentra la cuenca (Lux Cordona, 2016).

En la Figura 15 se puede apreciar la curva hipsométrica, misma que representa la relación entre la altitud y la superficie de la cuenca que queda sobre esa altitud. El resultado del cálculo expresa que la cuenca se encontraría en fase de equilibrio; esto también estaría relacionado a el índice de Relación hipsométrica, que tendría un valor igual a 0.89, por lo que se interpretaría que la cuenca tiende a estar en un equilibrio morfológico y sería geológicamente madura.

Figura 15

Curva Hipsométrica de la microcuenca Achocalla



- **Tiempo de Concentración:** Es considerado como el tiempo de viaje de una gota de agua de lluvia que escurre superficialmente desde el lugar más lejano de la cuenca hasta el punto de salida. Para su cálculo se pueden emplear diferentes fórmulas que se relacionan con otros parámetros propios de la cuenca. Para la estimación del tiempo de concentración se recomienda emplear varias ecuaciones empíricas disponibles en la literatura científica (Chow, 1994). Los métodos para el cálculo del tiempo de concentración empleados por el Software SIG IDRISI son: Kirpich y California, estos dieron como resultado para la cuenca de estudio un tiempo de concentración de 0.97 y 0.98 horas respectivamente.
- **Parámetros relativos al sistema de drenaje:** La red de drenaje de la microcuenca del Río Achocalla está compuesta de un total aproximado de 29 cauces o segmentos que determinan patrones de drenaje del tipo “dendrítico” (similar a las ramificaciones de un árbol); este tipo de drenaje ocurre principalmente en estratos horizontales, uniformemente resistentes de sedimentos no consolidados.

En la Tabla 15, se puede observar los parámetros relativos a los patrones de drenaje de la microcuenca del Río Achocalla; como ser: orden de la cuenca, densidad de drenaje y longitud de los cauces de agua.

Tabla 15

Patrones de drenaje de la microcuenca

Patrones de drenaje de la microcuenca	Unidad	Resultados
Orden de la cuenca	-	4 ^a
Densidad de drenaje	km/km ²	1.41
Longitud de los cauces de agua	km	35.35

El orden fue identificado y cuantificado para los canales de drenaje y sus respectivas órdenes de conformidad. La cuenca se clasificó como de cuarto orden, según el sistema de clasificación propuesto por Strhaler (1957).

La densidad de drenaje estimada fue de 1.41 km de río por km² de área, considerada como baja, según la clasificación de Horton (1945), presentando una tendencia a la baja escorrentía e infiltración aumentada debido a la alta permeabilidad del suelo.

La longitud de los cursos de agua que conforman la red de drenaje de la microcuenca del río Achocalla es de 35.35 kilómetros.

3.1.6. Mapa de Altitudes

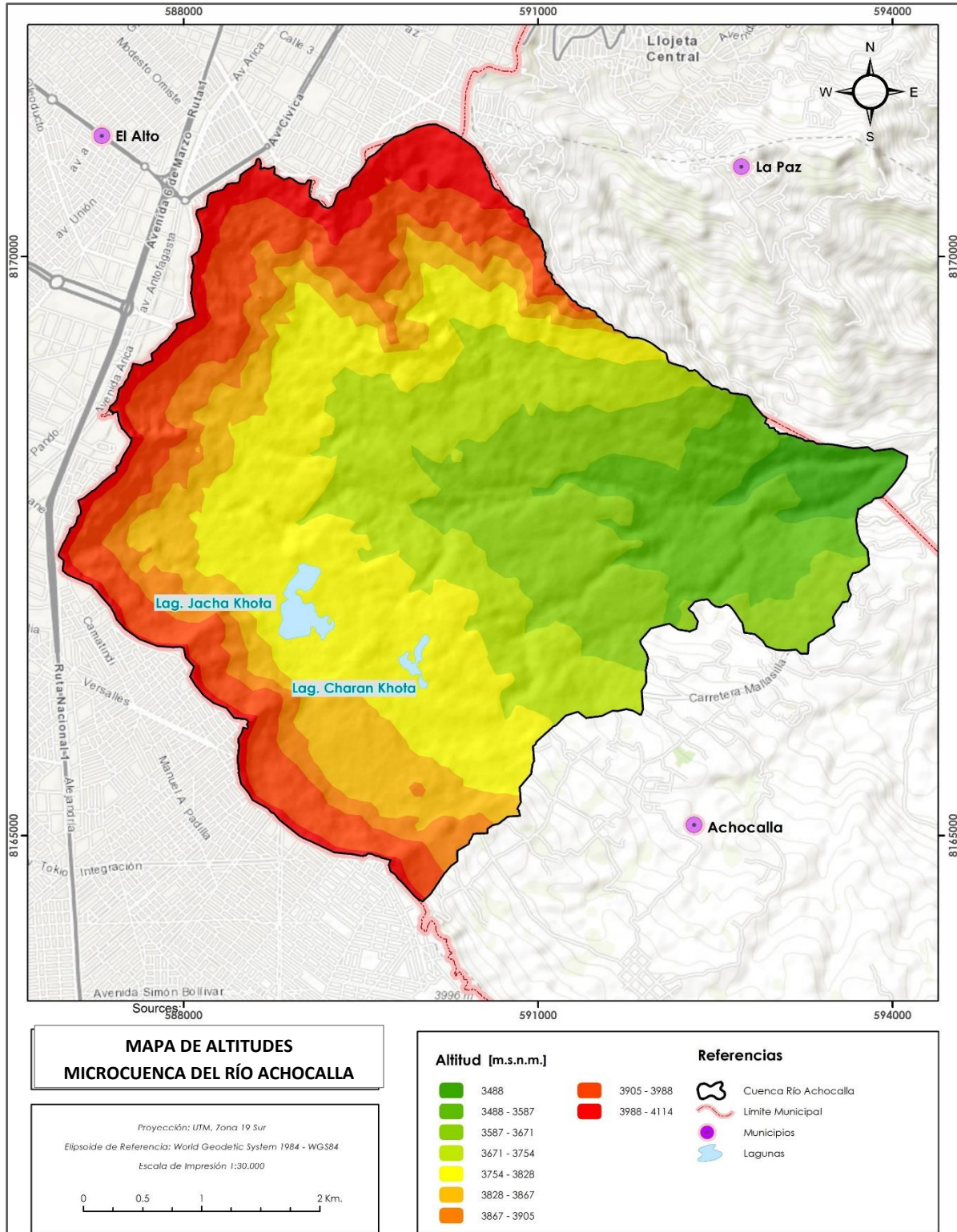
Este mapa tiene la finalidad de mostrar de manera simplificada la información topográfica, con lo que es posible distinguir de forma inmediata y visual los principales rasgos del relieve a partir de los contrastes altitudinales existentes (Bahena, 2014).

El mapa de Altitudes del área de estudio (Figura 16), fue elaborado en el Software ArcGis 10.6.1, a partir del Modelo Digital de Elevación y con el uso de la herramienta "Reclassify" (*ArcToolbox* → *Spatial Analyst Tools* → *Reclass* → *Reclassify*); se realizó la clasificación del DEM en 15 diferentes clases que fueron agrupados en 9 intervalos diferentes.

Como resultado se tiene que el área de estudio presenta una altitud máxima de 4039 [m.s.n.m.] y una altitud mínima de 3488 [m.s.n.m.]. Con la curva hipsométrica (Figura 15) se determinó que la altitud media es 3774.15 [m.s.n.m.].

Figura 16

Mapa de altitudes de la microcuenca del río Achocalla



3.1.7. Mapa de Pendientes

La selección de rangos de pendientes es indispensable en el presente estudio, por lo que se tomó como base la clasificación de pendientes propuesta por Van Zuidam (1986), dicha clasificación consta de siete intervalos de pendiente (Tabla 16), que además consideran procesos morfodinámicos y condiciones del terreno, así como una leyenda de colores sugerida por el mismo autor.

Tabla 16

Rangos de pendiente y justificación geomorfológica

Pendiente		Condiciones del Terreno	Justificación Geomorfológica	Color
[°] Grados	[%] Aproximado			
0 - 2	0 - 2	Planicie	Denudación no apreciable	Verde Oscuro
2 - 4	2 - 7	Pendiente muy baja	Movimientos en masa lentos de diferentes tipos, especialmente bajo condiciones periglaciares, de soliflucción y fluviales. Escurrimiento laminar e inicial en regueras. Peligro de erosión.	Verde Claro
4 - 8	7 - 15	Pendiente Baja	Anterior + Peligro severo de erosión de suelos.	Amarillo
8 - 16	15 - 30	Pendiente Moderada	Proclive a los movimientos de masa de todos los tipos, especialmente soliflucción periglacial, reptación, escurrimiento laminar y en regueras, ocasionalmente deslizamientos. Peligro de erosión de suelos y deslizamientos.	Naranja
16 - 35	30 - 70	Pendiente Fuerte	Procesos denudacionales intensos de todos tipos. Erosión bajo cubiertas forestales, reptación y deslizamientos. Peligro extremo de erosión de suelos.	Rojo claro
35 - 55	70 - 140	Pendiente Muy Fuerte	Dominio de superficies rocosas. Posibles desprendimientos de rocas, procesos denudacionales intensos. Formas	Rojo Oscuro

			depositacionales delgadas e incoherentes.	
> de 55	> de 140	Extremadamente Fuerte	Dominio de superficies rocosas. Desplomes y rodadura de rocas. Fuertes procesos denudacionales, especialmente en las paredes rocosas y alcantarillados.	Morado

Fuente. Elaborado en base a datos de Van Zuidam (1986)

Como resultado de la clasificación del modelo digital de elevación con resolución de 12 metros, se encontró que, el rango de pendiente predominante a lo largo de la cuenca de río Achocalla, es de 15-30% conformado por una topografía de pendientes moderadas abarcando un total de 41.15% del área global de la cuenca, y según la clasificación de Van Zuidam (1986) geomorfológicamente serían áreas en peligro de erosión de suelos y deslizamientos; seguido de zonas de pendiente fuerte y baja, abarcando un área de 26.75% y 22.06% respectivamente del total de la cuenca. Se detallan todos los rangos encontrados en la Tabla 17 a continuación:

Tabla 17

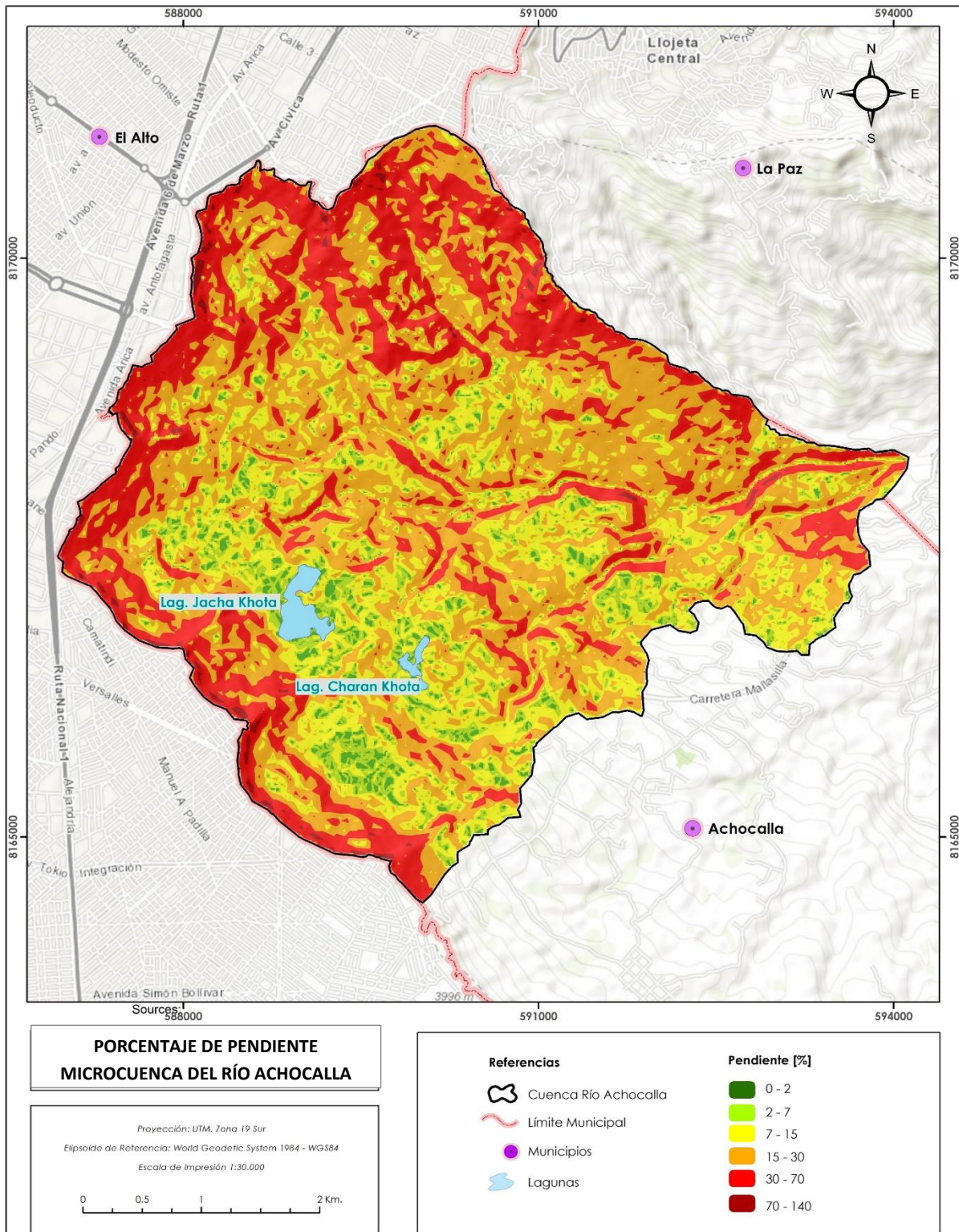
Rangos de pendientes en la cuenca de estudio

Rangos [%]	Condiciones del Terreno	Área de la cuenca [km ²]	[%] de cubrimiento
0 – 2	Planicie	0.64	2.60
2 – 7	Pendiente muy baja	1.66	6.68
7 – 15	Pendiente Baja	5.48	22.06
15 – 30	Pendiente Moderada	10.23	41.15
30 – 70	Pendiente Fuerte	6.64	26.75
70 – 140	Pendiente Muy Fuerte	0.18	0.76
> de 140	Extremadamente Fuerte	-	-

Gráficamente, estos resultados quedan representados en el mapa de la Figura 17.

Figura 17

Mapa ráster de pendientes microcuenca del río Achocalla



3.1.8. Relieve relativo

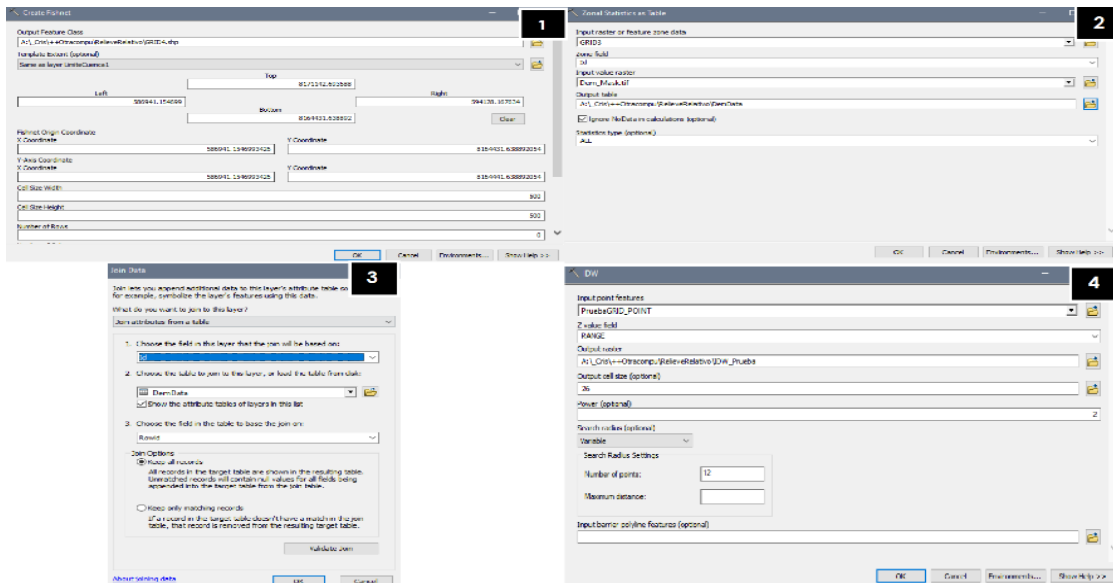
El relieve relativo representa la diferencia de altitud de la geoforma, independientemente de su altura absoluta o nivel del mar. Ella se mide por la diferencia de alturas entre la cota más baja y alta, sin importar la unidad geomorfológica trata, llámese colina, montaña, meseta, terraza y otros, y se expresa como la máxima diferencia de altura del terreno por Km² (Carvajal, 2012).

Para generar el mapa de Relieve Relativo del área de estudio se utilizó el programa ArcGIS 10.6.1, con la herramienta "Fishnet" para crear una cuadrícula (Arctoolbox → Data Management Tools → Sampling → Create Fishnet), se utilizó un tamaño de celda de 500*500. Luego, se crearon valores estadísticos del Modelo Digital de Elevación con la herramienta "Zonal Statistics as Table" (Spatial Analyst Tool → Zonal → Zonal Statistics as Table). Una vez realizado el paso anterior, se utilizó la herramienta "Join Data" del shape file 'Point Grid' con el resultado de "Zonal Statistics".

Los valores de las grillas que ahora cuentan con datos de estadísticas zonales se transformaron a puntos (Data Management Tools → Feactures → Feacture to point). Por último, se realizó una interpolación de los puntos generados con la herramienta IDW (3D Analyst Tools → Raster Interpolation), obteniéndose como resultado un ráster con diferencia de alturas. Se describen los pasos seguidos en la Figura 18.

Figura 18

Pasos utilizados en la generación del mapa de relieve relativo



Nota. 1. Fishnet. 2. Zonal Statistics as Table. 3. Join Data. 4.IDW (Distancia Inversa Ponderada)

Tabla 18*Clasificación de relieve relativo*

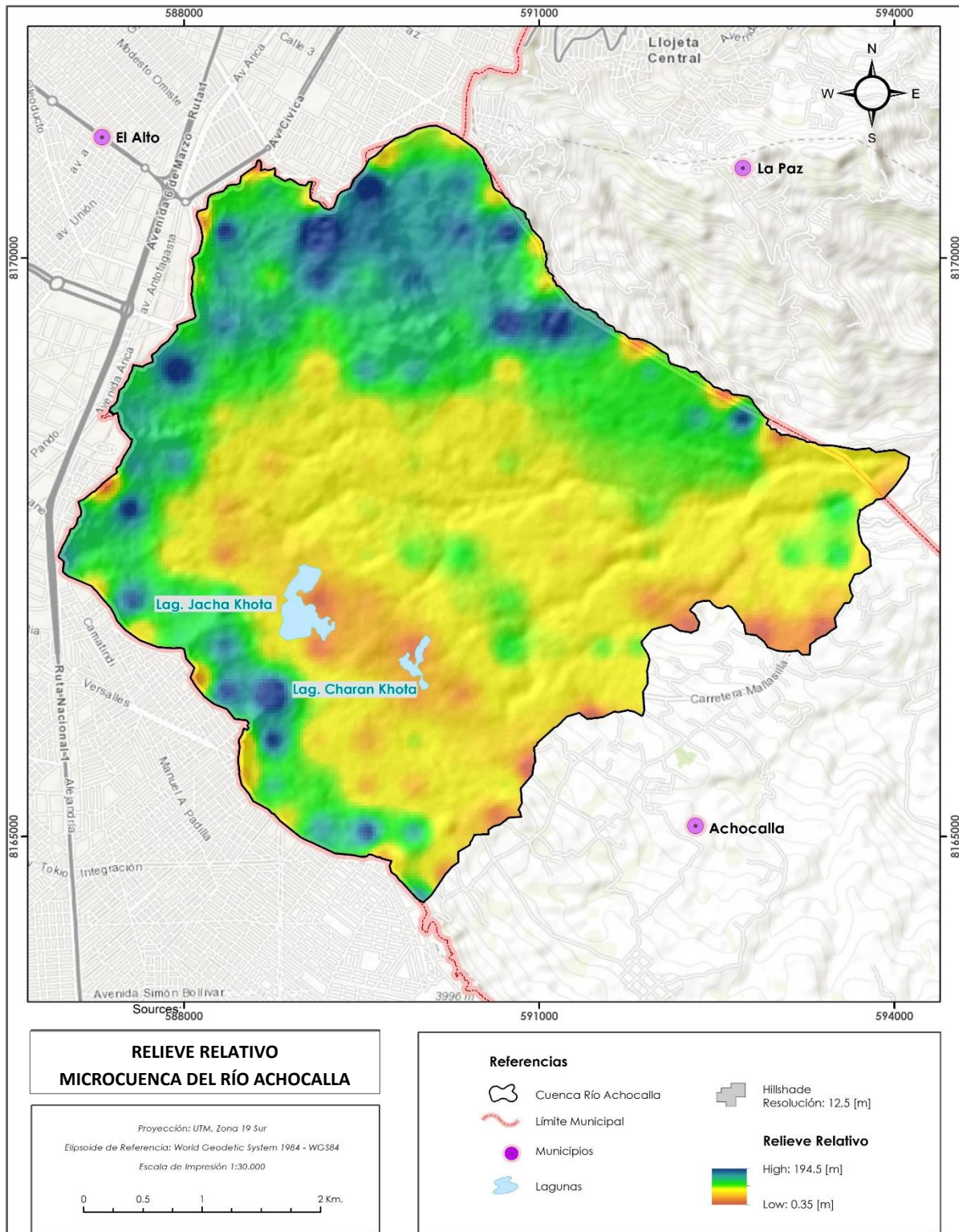
Relieve Relativo Intervalo de altura (m)	Descripción
< 29	Muy bajo
30-74	Bajo
75-149	Moderado
150-249	Alto
250-499	Muy alto
> 500	Extremadamente alto

Fuente: Elaborado en base a datos del Servicio Geológico Colombiano (2012)

La Tabla 18 muestra rangos del relieve relativo en metros y su descripción asociada. Siguiendo la clasificación previa establecida, se encontró que para el área de estudio aproximadamente 231.09 ha, se encuentran en un intervalo de altura “bajo” con alturas iguales a 35 m. aproximadamente, y por el contrario 367.23 ha, en un intervalo de altura de 194 m., lo que de acuerdo a la Tabla 18 se considera alto; el resto del área (aproximadamente 1902.72 ha), se estaría en intervalos medios entre estos dos niveles. En la Figura 19 se detallan gráficamente los resultados obtenidos.

Figura 19

Mapa de relieve relativo microcuenca del río Achocalla



3.2. Campo

3.2.1. Recopilación de Información primaria

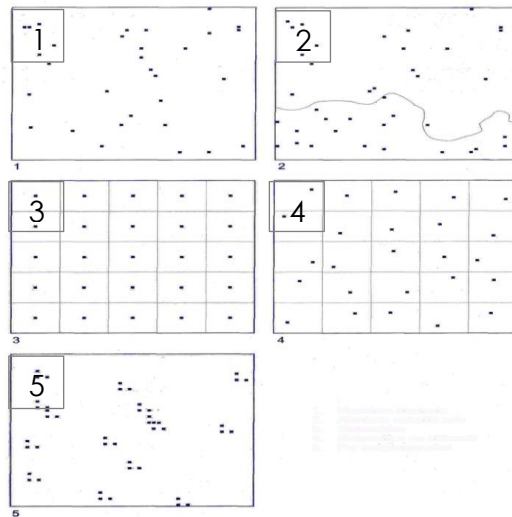
El levantamiento de información se realizó mediante una planilla de campo (Ver Anexo 1), que incluye distintas variables que sirvieron para la recopilación de información e identificación en campo, también se identificaron procesos morfodinámicos, posibles problemáticas ambientales. Se tomaron en cuenta lugares representativos de la cuenca, del mismo modo se verificaron los límites del mapa preliminar de unidades geomorfológicas, así como de otras unidades temáticas delimitadas.

3.2.2. Método de muestreo

El método de muestreo sirve para seleccionar una pequeña muestra del área cartografiada, de tal forma que sea representativa de la totalidad del mapa. En un diseño de muestreo probabilista, todas las unidades de muestreo presentes en el mapa tienen una probabilidad conocida superior a cero de ser seleccionadas, a esta probabilidad de selección se le denomina probabilidad de inclusión. Las técnicas de muestreo más empleadas en el proceso de evaluación de la confiabilidad temática son: aleatorio simple, aleatorio estratificado, sistemático, sistemático no alineado y por conglomerados (Francois Mas, et al., 2003). Se detalla cada una de ellas en la Figura 20.

Figura 20

Esquemas de muestreo probabilistas más aplicados en la evaluación de la confiabilidad de mapas temáticos



Nota. 1. Muestreo aleatorio. 2. aleatorio estratificado. 3. sistemático. 4. sistemático no alineado. 5. por conglomerados. Fuente. Chuvieco (1996).

En ese sentido, el tipo de muestreo elegido para la toma de datos en campo responde al tipo probabilístico “Aleatorio Estratificado “. Donde la muestra se realiza dividiendo a la población en estratos, con base en una variable auxiliar (altitud, región ecológica, división administrativa, facilidad de acceso, clase en el mapa, entre otros), lo que permite tener cierto control sobre la distribución de los sitios de muestreo y obtener información sobre subconjuntos de la población (Francois Mas, et al., 2003).

En este caso la base de variable auxiliar utilizada son las delimitaciones de Unidades Geomorfológicas, Unidades de Vegetación y la Cobertura y Uso actual de Suelo.

3.2.2.1. Determinación de tamaño de muestra

Se estableció como “universo”, la suma total de las diferentes unidades delimitadas de manera preliminar, (Unidades Geomorfológicas= 20; Unidades de Vegetación= 18; Cobertura y Uso Actual de Suelo= 7), dando un número total de 45 diferentes unidades. Para obtener datos representativos del total del “universo” establecido dentro del área de estudio, se calculó el tamaño de muestra para determinar el número de unidades a visitar en campo; para ello se utilizó la siguiente fórmula para el cálculo del tamaño de una muestra finita de (Fisher y Navarro 1990).

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

Donde:

n = Tamaño de muestra buscado

N = Tamaño del Universo (45)

Z_{α} = Parámetro estadístico que depende del Nivel de Confianza (NC) (95%= 1.96)

e = Error de estimación máximo aceptado (3%= 0.03)

p = Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (50%=0.5)

q = Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado (50%=0.5)

$$n = \frac{45 * (1.96)^2 * 0.5 * 0.5}{(0.03)^2 * (45 - 1) + (1.96)^2 * 0.5 * 0.5}$$

$$n = 43$$

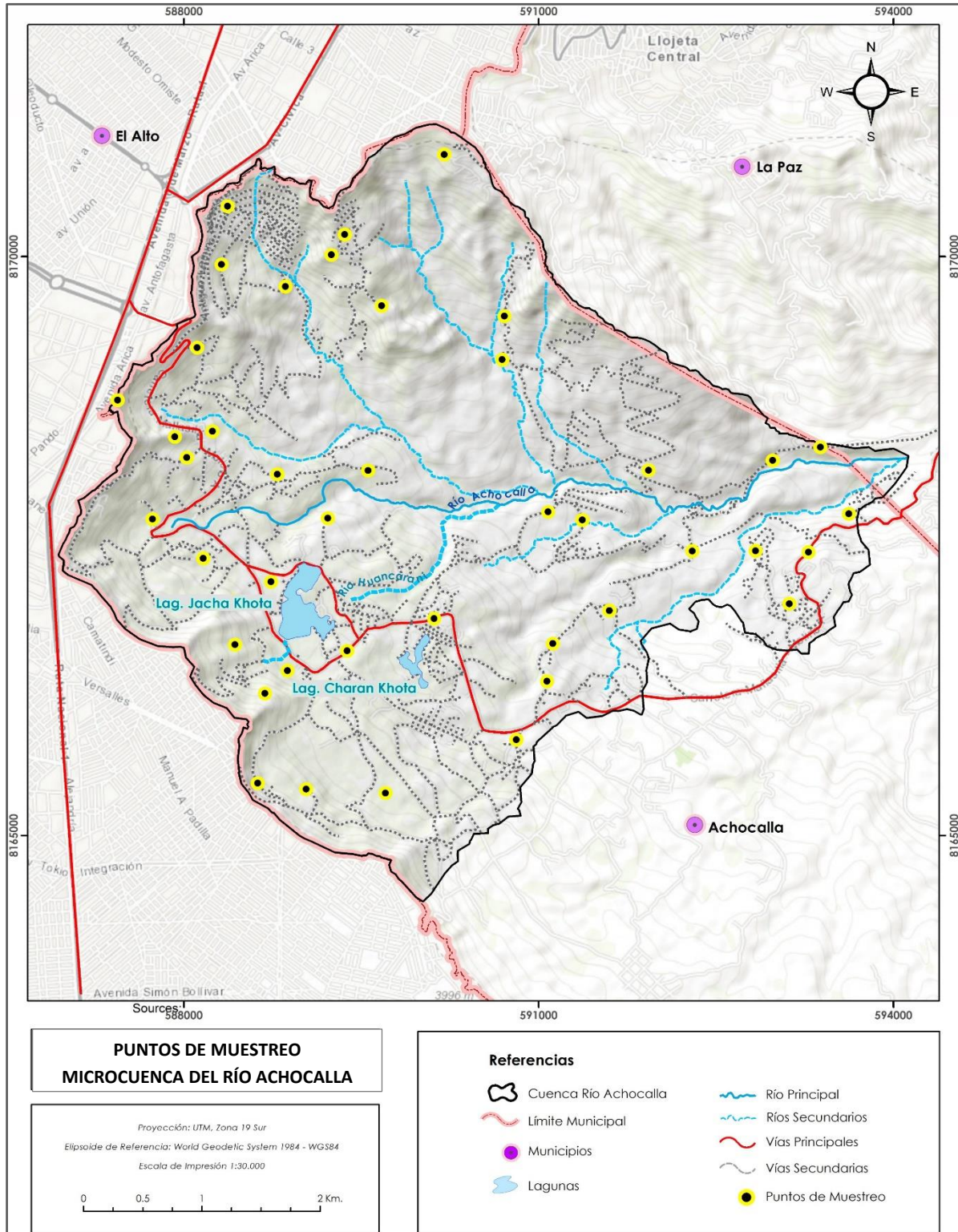
El cálculo de la fórmula da como resultado un número total de 43 muestras a tomarse en campo.

3.2.2.2. Puntos de muestreo

Una vez establecida la metodología y la cantidad de puntos de muestreo para el área de estudio, se determinaron 43 puntos de coordenadas a verificarse en campo, y que gráficamente se encuentran en el mapa de la Figura 21; en función a puntos representativos para cada unidad en los diferentes mapas temáticos; se consideró también la accesibilidad mediante la proximidad de vías de comunicación, utilizándose para ello la cartografía base generada.

Figura 21

Puntos de muestreo seleccionados microcuenca del río Achocalla



3.3. Post-campo

Durante esta fase se actualizó y registró la información levantada y verificada en campo del área de estudio, generándose así los mapas temáticos del área de estudio con la ayuda de software SIG.

3.3.1. Descarga y procesamiento del Modelo Digital de Elevación

Un modelo digital de elevación, como se muestra en la Figura 22, es una representación visual y matemática de los valores de altura con respecto al nivel medio del mar, que permite caracterizar las formas del relieve y los elementos u objetos presentes en el mismo. Estos valores están contenidos en un archivo de tipo ráster con estructura regular, el cual se genera utilizando equipo de cómputo y software especializados.

En los modelos digitales de elevación existen cualidades esenciales que son la exactitud y la resolución horizontal o grado de detalle digital de representación en formato digital (Juárez, 2016).

Desde el portal Vertex de la Nasa, disponible en <https://search.asf.alaska.edu>; se realizó la descarga del Modelo Digital de Elevación (DEM ALOS PALSAR) de alta resolución (12,5 m.); al ser este un producto RTC, cuenta con corrección radiométrica, geométrica, además de encontrarse en el sistema de referencia WGS84/ UTM 19.

Como parte del pre procesamiento y utilizando la herramienta “IsNull” de la “Calculadora Ráster” parte del software ArcGis 10.6.1, se verificó si existía o no algún pixel nulo o vacío.

Al no haberse encontrado ningún pixel faltante, se continuó con el recorte del área de interés. Se generó también un modelo de sombras o Hillshade, que se representa en la Figura 23, siendo este un insumo muy útil para combinar información.

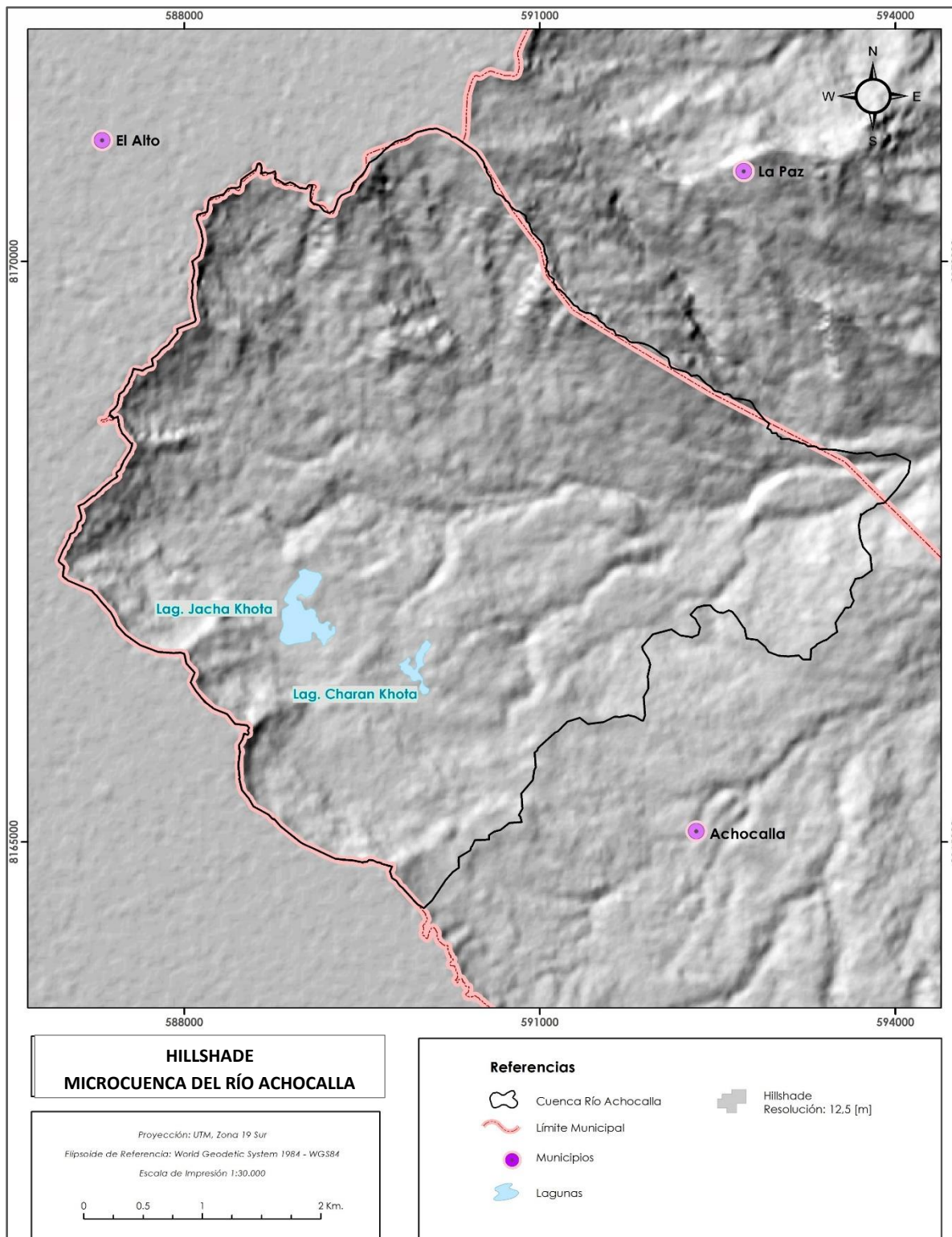
Figura 22

Modelo digital de elevación del área de estudio



Figura 23

Mapa ráster de sombras o hillshade del área de estudio



3.3.2. Obtención y Pre procesamiento de Imagen Satelital

Para la obtención de la imagen satelital que fue utilizada para la clasificación de coberturas, se recurrió al servidor EarthExplorer, disponible en <https://earthexplorer.usgs.gov>. Se obtuvo una escena de imagen del satélite Sentinel - 2B del nivel L2A, con fecha de toma: 7 de marzo del 2021, con una cobertura del 7% de nubes.

3.3.2.1. Radiometría

Existen dos formas de realizar este proceso: la corrección radiométrica absoluta el cual utiliza un modelo analítico y la corrección mediante una transformación de niveles basada en el histograma (corrección radiométrica relativa). Sólo se utiliza la segunda alternativa ya que para la primera la información de análisis es desconocida relativa a la orbital del satélite entre otros (Chuvienco, 1990).

3.3.2.2. Atmosférica

La corrección atmosférica sirve para intentar eliminar el efecto de la dispersión de la radiación electromagnética originada por parte de los gases y partículas en suspensión de la atmósfera para que las variaciones sean independientes de las condiciones atmosféricas (Chuvienco, 1990).

Debido a que las imágenes de nivel L-2A de Sentinel 2 tienen valores de reflectancia BOA (Bottom Of Atmosphere), por sus siglas en inglés, se encontrarían ortorectificadas con niveles de reflectancia por debajo de la atmósfera; resultando en imágenes corregidas atmosféricamente con datos de reflectancia más próximos a la realidad.

Estas imágenes se encuentran corregidas atendiendo a los parámetros relativos a la atmósfera (visibilidad, vapor de agua, presencia de nubes o cirros y contenido de aerosoles y ozono). El modelo atmosférico que es utilizado está basado en el modelo ATCOR, el cual se fundamenta en interpretar los parámetros citados con anterioridad mediante tablas de transformación (I.G.N., 2018).

Visualmente las imágenes del nivel L-2A, son más nítidas, con mayor brillo, contraste y con nula presencia de textura blanquecina producida por la presencia de la atmósfera.

3.3.2.3. Geométrica

Este proceso conlleva la transformación de las coordenadas de los píxeles de la segunda imagen de tal forma que coincidan de manera precisa con las de la primera (imagen de referencia). (Ambrosio & González, 2002).

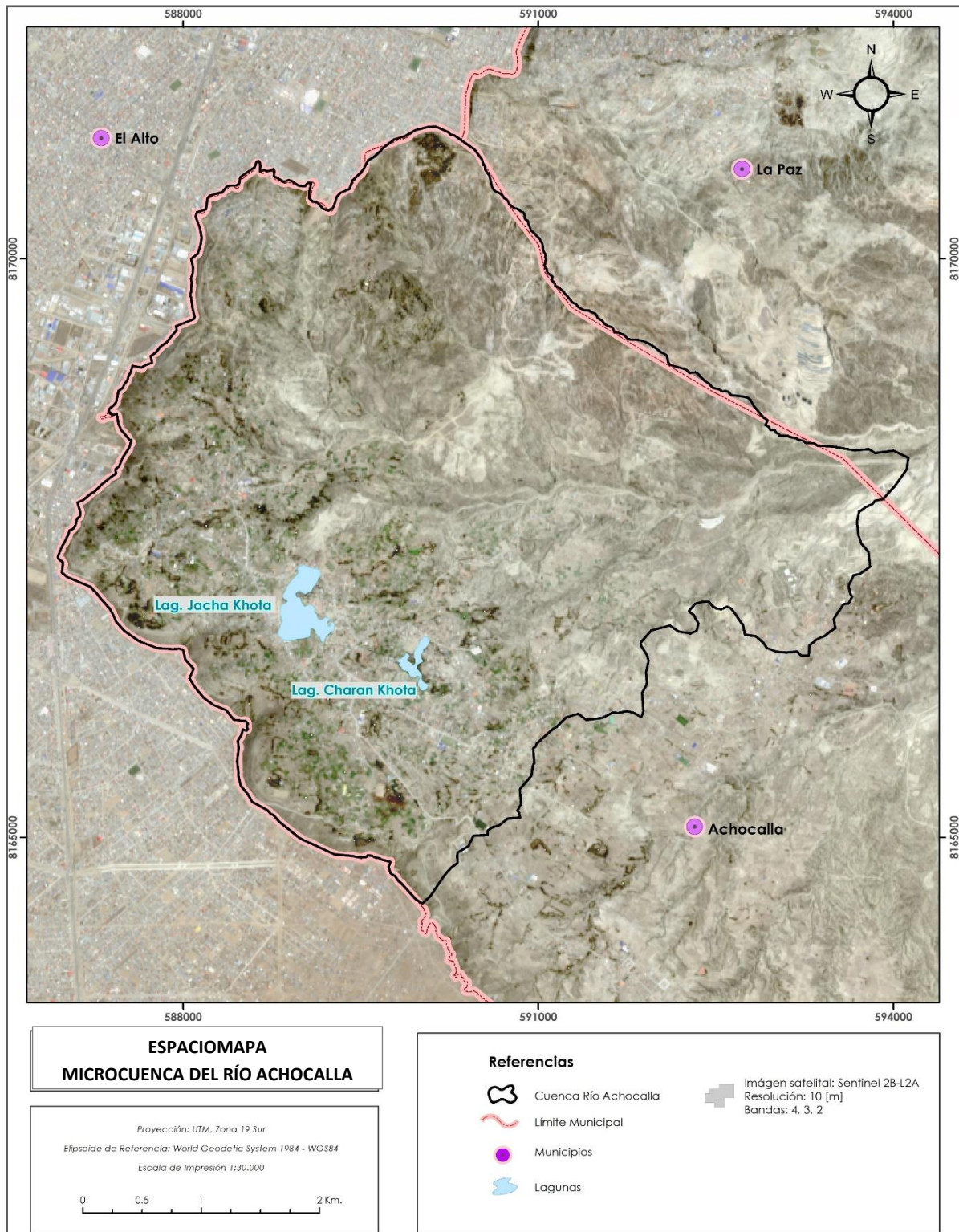
Las imágenes Sentinel - 2B del nivel L2A, derivan de imágenes de nivel L1C que a su vez tienen previos procesos que incluyen correcciones geométricas de ortorectificación y registro espacial en un sistema de referencia global de datum WGS84 en la proyección UTM, apoyado con puntos de control terrestres; cada imagen se establece en el huso correspondiente a la ubicación geográfica y con precisión subpíxel, son llevados a cabo a partir de algoritmos de remuestreo. Las Correcciones geométricas incluyen dos pasos:

- Registro multitemporal subpíxel entre imágenes
- Ortorectificación usando un DEM (PlanetDEM) (I.G.N., 2018).

En la Figura 24 se puede observar la imagen satelital del área de estudio con la combinación de las bandas R:4, G:3, B: 2 en "Color natural".

Figura 24

Espaciomapa del área de estudio



3.3.3. Post Procesamiento de la Imagen Satelital

3.3.3.1. Clasificación No Supervisada

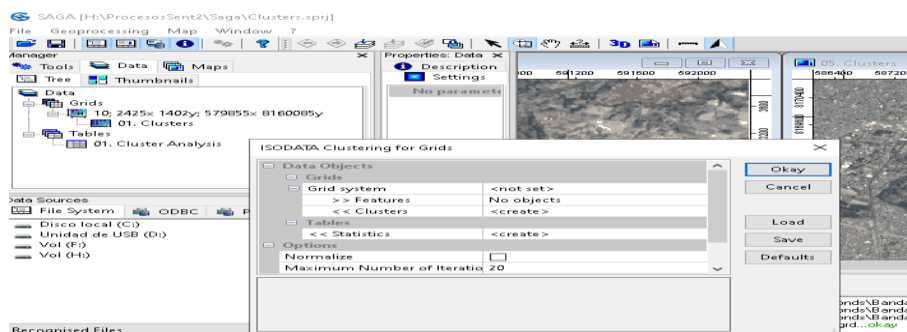
La clasificación no supervisada se dirige a definir las clases espectrales presentes en la imagen. Esto implica que los ND (Números Digitales) de la imagen forman una serie de agrupaciones o conglomerados o "clusters" de pixeles con similares características. Basado en esto, la computadora localiza arbitrariamente vectores principales y los puntos medios de los grupos. Luego cada pixel es asignado a un grupo por la regla de decisión de la mínima distancia al centroide del grupo (Klaus & Janssen, 2009).

El algoritmo que se utilizó para el presente estudio es el ISODATA (Interactive Self-Organizing Data Anlysis), el cual calcula los promedios de las clases o agrupaciones que eventualmente están distribuidos en el espacio de decisión. En cada una de las interacciones recalcula los promedios y reclasifica los pixeles de la imagen con respecto a los nuevos promedios. Este proceso continúa hasta que el cambio del número de pixeles en cada clase (cluster) es mínimo respecto a un valor de tolerancia o hasta que se realiza cierto número de interacciones predefinidas (Richards, 1993).

Para la clasificación no supervisada de la imagen satelital, se utilizó la herramienta ISODATA Clustering for Grids del Software SAGA GIS 2.3.2 (Figura 25). Las bandas que se utilizaron son: Banda 2 (azul), Banda 3 (verde), Banda 4 (rojo), y la Banda 8 (NIR); todas las bandas mencionadas tendrían una resolución espacial de 10 metros. Una vez terminado el proceso, se asignaron colores de acuerdo a la leyenda para así realizarse una mejor evaluación; por último, se sobrepuso el mapa generado sobre una imagen descargada desde SASPLANET, estableciéndose así si existen coincidencias entre cada categoría del ráster clasificado en comparación a las imágenes utilizadas como base.

Figura 25

Herramienta ISODATA Clustering for grids (software SAGA GIS)



3.3.4. Cobertura y Uso Actual del Suelo

Los datos terrestres de cobertura y uso del suelo están entre los más importantes y universalmente utilizados en el ámbito de la gestión sostenible de recursos, en estudios de indicadores ambientales y de cambio climático, proveyendo información medioambiental clave para muchas aplicaciones científicas; por esto es cada vez más necesario poseer datos detallados y periódicos (Nolasco, 2014) El mapa de Cobertura y Uso Actual del Suelo se realizó siguiendo la "Propuesta de para la elaboración de Mapas de Cobertura y Uso de Suelo a escala 1:25.000" del IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi), que se basa en la codificación y nomenclatura Corine Land Cover.

Se realizó la interpretación de la cobertura y uso actual del suelo combinando las bandas para color natural (4,3,2) y falso color infrarrojo (8,4,3), permitiendo así mayores posibilidades de interpretar coberturas de vegetación y agua. De esta manera es que se obtuvo un mapa preliminar que posteriormente se verificó en campo. En la fase de post campo se rectificó el mapa con la información recopilada.

Como parte de la cobertura y uso actual del suelo, se identificó que la cuenca de estudio está constituida por tres principales clases que agrupan distintas coberturas, estas se muestran en la Figura 26. Ocupando el mayor espacio se tiene el "Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales", con un total de 30.67% y la cobertura con menor proporción es el "Bofedal" que pertenece a la categoría de "Protección" con 0.21% de área aproximada (Tabla 19).

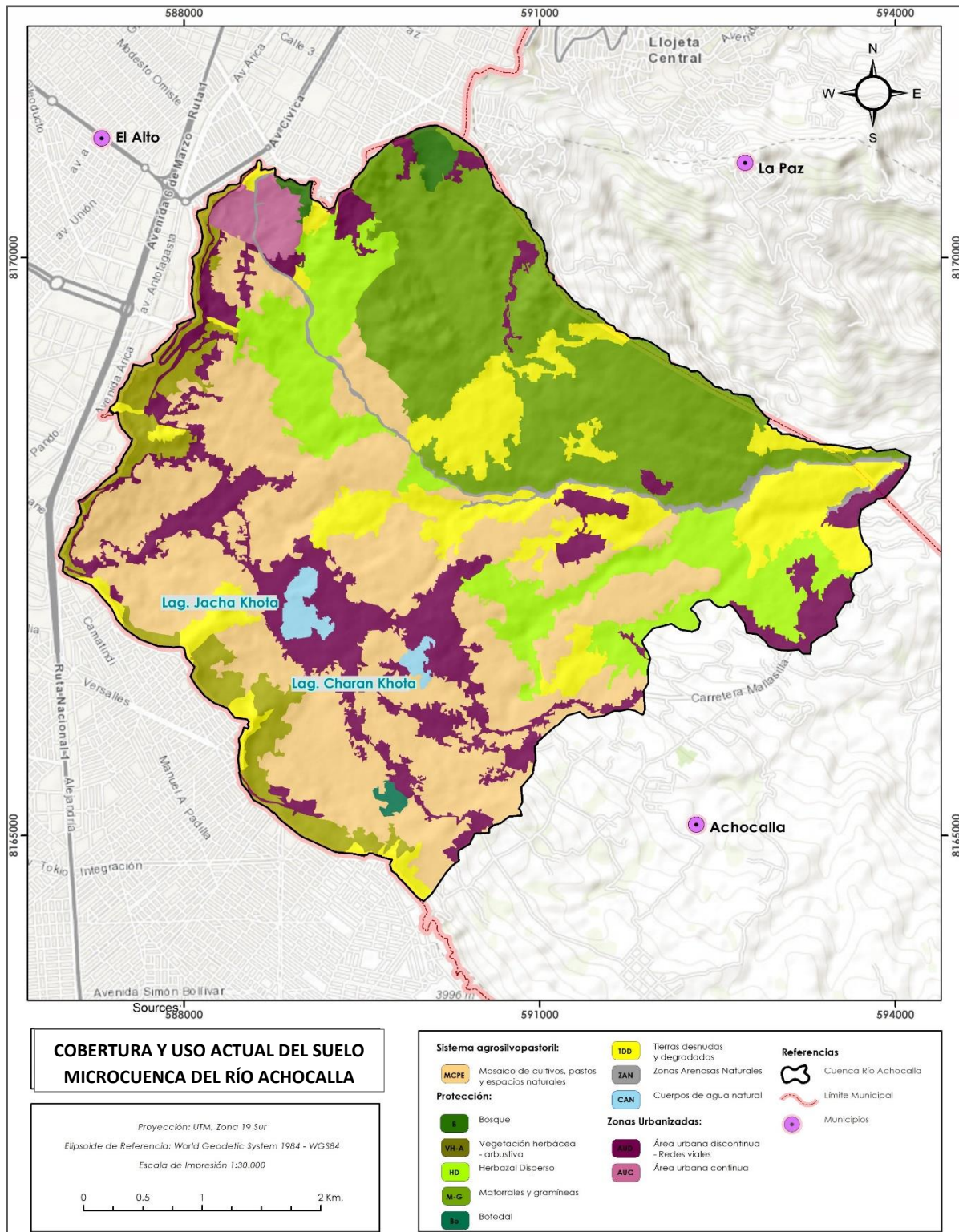
Tabla 19

Legenda de cobertura y uso actual del suelo microcuenca del río Achocalla

Cobertura y uso actual del suelo		Área [ha]	Área [%]
Sistema Agrosilvopastoril	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	731.76	30.67
	Bosque	18.53	0.78
	Vegetación herbácea - arbustiva	120.79	5.06
	Herbazal Disperso	254.53	10.67
Protección	Matorrales - gramíneas	510.30	21.39
	Bofedal	4.91	0.21
	Tierras desnudas y degradadas	317.95	13.22
	Zonas Arenosas Naturales	29.11	1.22
	Cuerpos de agua natural	22.26	0.93
Zonas Urbanizadas	Área urbana discontinua – Redes viales	339.59	14.30
	Área urbana continua	34.77	1.46
Total		2485	100

Figura 26

Cobertura y uso actual del suelo de la microcuenca del río Achocalla



a. Sistema agrosilvopastoril

En estas tierras los suelos tienen diferentes clases y grados de limitantes que originan clases de usos diferentes y no solo una clase de uso, de allí que estas tierras tengan vocación para sistemas agrosilvopastoriles en los se combinan cultivos, pastos, y especies forestales, permitiendo la labranza, la recolección de la cosecha, el pastoreo y la conservación de espacios naturales (IGAC, 2008).

- **Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales:** Comprende las superficies del territorio ocupadas principalmente por coberturas de cultivos y pastos en combinación con espacios naturales. En esta unidad, el patrón de distribución de las coberturas no puede ser representado individualmente. Las áreas de cultivos y pastos ocupan entre 30% y 70% de la superficie total de la unidad (CORCUENCAS, 2019). Esta cobertura abarca 731.76 hectáreas que equivalen al 30.67% del área total de la cuenca.

b. Protección

Estas tierras ocupan la posición geomorfológica de Serranía denudada, terrazas erosivas, montículos y ondulaciones denudacionales y lagunas; algunos se encuentran por la erosión moderada o severa. Esta unidad comprende las tierras que por sus características deben ser dedicadas a la conservación y establecimiento de sistemas forestales orientados a la protección de la flora, la fauna, los suelos y los recursos hídricos (IGAC, 2008)

- **Bosque:** Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) más o menos continua cuya área de cobertura arbórea representa más de 70% del área total de la unidad, y con una altura del dosel superior a 5m (IGAC, 2008). Comprende un área de 18.53 hectáreas que corresponde al 0.78% del área total de la cuenca del río de Achocalla.
- **Vegetación herbácea - arbustiva:** Áreas cubiertas por vegetación principalmente herbácea y arbustiva formadas por muchas especies. Comúnmente corresponde a una vegetación de ciclo corto, con alturas que no superan los cinco metros y de cobertura densa (IGAC, 2008).

Esta cobertura tiene un área de aproximadamente 120.79 hectáreas que equivale al 5.06% del área total.

- **Tierras desnudas y degradadas:** Corresponde a las superficies de terreno desprovistas de vegetación o con escasa cobertura vegetal, debido a la ocurrencia de procesos tanto naturales como antrópicos de erosión y degradación extrema y/o condiciones climáticas extremas. Se incluyen las áreas donde se presentan tierras con intensos procesos de erosión que pueden llegar hasta la formación de cárcavas (CORCUENCAS, 2019). Posee una extensión estimada de 317.95 hectáreas, que representa un 13.32% aproximadamente.
- **Bofedal:** Son terrenos bajos, de textura esponjosa, cuyo suelo está compuesto principalmente por musgos y materias vegetales descompuestas (IGAC, 2008). Se encuentran frecuentemente en cotas superiores a los 3200 msnm. En la cuenca de estudio ocupa un 0.21%, siendo un área de aproximadamente 4.91 hectáreas.
- **Matorrales y gramíneas:** Constituida por vegetación natural de porte bajo, con un dosel irregular donde predomina la vegetación achaparrada seguida de la graminoide (IGAC, 2008). La unidad suma un total aproximado de 510.30 hectáreas, que representa a su vez el 21.39% del total.
- **Cuerpos de agua natural:** Según CORCUENCAS (2019), son superficies o depósitos de agua naturales, que pueden estar conectadas o no con un río o con el mar. En la zona se encuentran dos lagunas (Jacha Khota y Charan Khota), situadas al Suroeste de la cuenca. Esta cobertura cubre una superficie de aproximadamente 22.26 hectáreas, un 0.93% del área total.
- **Herbazal disperso:** Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente herbáceos desarrollados de forma natural en diferentes sustratos, los cuales forman una cobertura abierta (30% a 70% de ocupación). Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original ni sus características funcionales (CORCUENCAS, 2019).

Posee una extensión aproximada de 254.53 hectáreas, un 10.67% del área de estudio.
- **Zonas arenosas naturales:** Son terrenos bajos y planos constituídos principalmente por suelos arenosos y pedregosos, por lo general desprovistos de vegetación o cubiertos por una vegetación de arbustal ralo y bajo; se encuentra conformado también por bancos de arena

de los ríos (IGAC, 2008). Esta cobertura ocupa aproximadamente 29.11 hectáreas que equivalen al 1.22% del área total.

c. Zonas Urbanizadas

Son superficies de suelo utilizado principalmente para vivienda, con asignaciones limitadas para usos que son complementarios o sirven a usos residenciales básicos, como parte de ella se encuentra también infraestructura, vías y caminos (IGAC, 2008).

- **Área urbana continua:** Son espacios conformados edificaciones y los espacios adyacentes a la infraestructura edificada, vías y superficies cubiertas artificialmente (IGAC, 2008).

La cobertura se encuentra el área Noroeste de la cuenca, aledaña a la zona Rosas Pampa del Distrito 1 de la ciudad de El Alto; ocupa el 1.46% del área total de la cuenca, lo que equivale a 34.77 hectáreas.

- **Área urbana discontinua-redes viales:** Son espacios conformados por edificaciones y zonas verdes. Las edificaciones, vías e infraestructura construida cubren la superficie del terreno de manera dispersa y continua, ya que el resto está cubierto por vegetación (IGAC, 2008).

Comprende un área de 339.59 hectáreas (14.30%) en la cuenca de estudio.

3.3.5. Delimitación de Unidades de Vegetación

La vegetación es la resultante de la acción de los factores ambientales sobre el conjunto interactuante de las especies que cohabitan en un espacio continuo. Refleja el clima, la naturaleza del suelo, la disponibilidad de agua y de nutrientes, así como los factores antrópicos y bióticos. A su vez, la vegetación modifica algunos de los factores del ambiente. Los componentes del sistema: la vegetación y el ambiente, evolucionan paralelamente a lo largo del tiempo, evidenciando cambios rápidos en las primeras etapas de desarrollo y más lentos a medida que alcanzan el estado estable. La existencia de un orden en la naturaleza permite la sistematización y la organización del conocimiento. La correspondencia entre vegetación y ambiente, y la similitud entre tipos de vegetación permiten estructurar sistemáticamente las unidades de vegetación (Matteucci & Colma, 1982).

El objeto del conocimiento de la vegetación en el área de estudio es tener una idea general de la fisonomía de las diferentes asociaciones que se desarrollan en la misma.

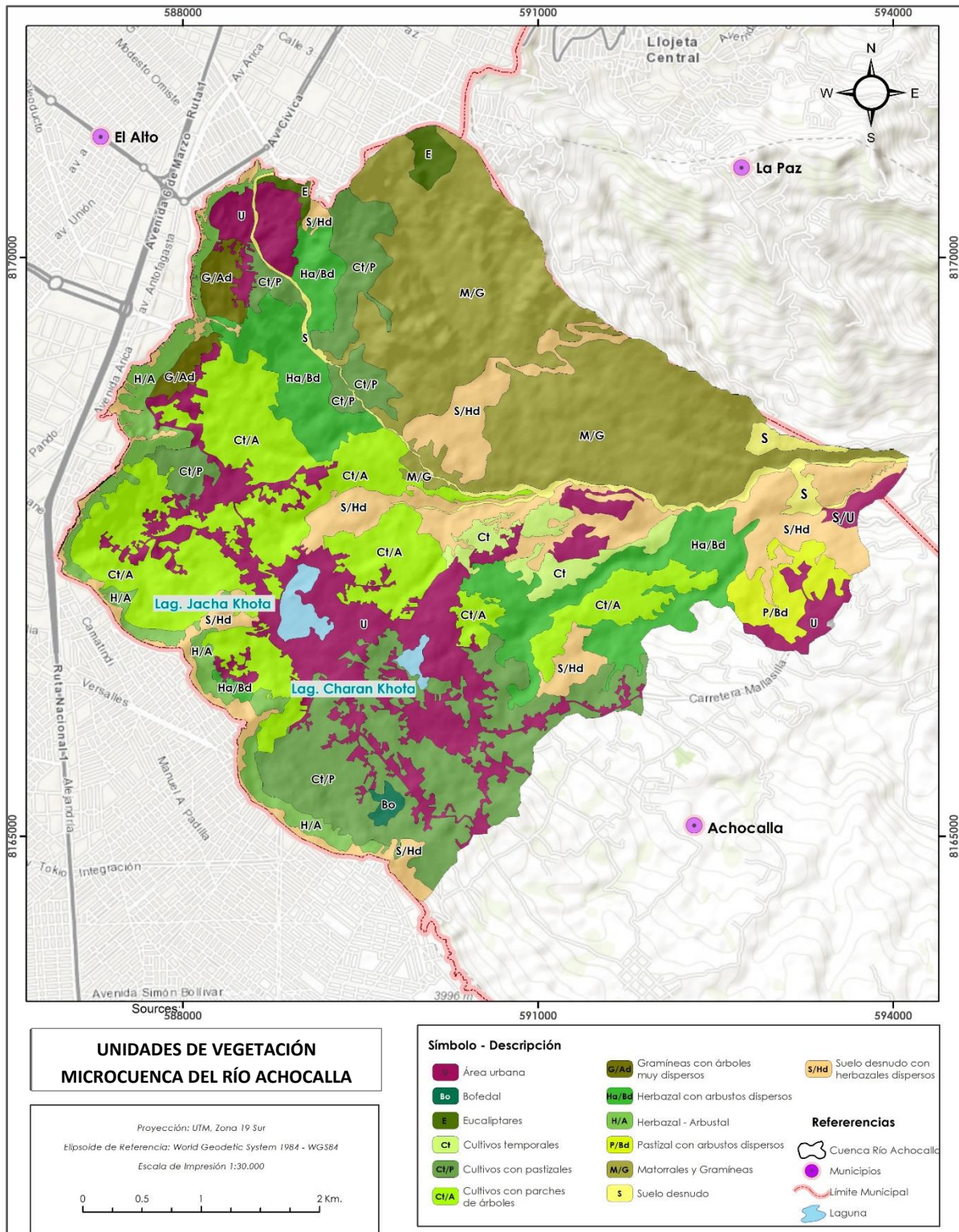
En una primera etapa, para la identificación de patrones homogéneos, se delimitaron unidades fisionómicas de vegetación utilizando como insumo la imagen Sentinel - 2B del nivel L2A, con su combinación de bandas de Infrarrojo (8,4,3), esto apoyado también de una imagen satelital de SAS-Planet, debido a la alta resolución de la misma, permitiendo así detectar con mayor facilidad los patrones y agrupación de la vegetación.

Las unidades de vegetación delimitadas fueron evaluadas en campo y redelimitadas en el trabajo de gabinete. Se utilizó la clasificación de Gregorio & Jansen (2000), para determinar las distintas formas de vida; se trata de una clasificación simple y flexible para así representar de manera más aproximada la condición fisionómica de las distintas unidades cartográficas que toma como base algunas formas de vida principales como ser: árboles, arbustos, hierbas, pastos, entre otros; así también considera la abundancia de las mismas, pudiendo ser: dispersa (cobertura inferior al 15%), abierta (entre 15% y 65%) o cerrada (cobertura superior al 65%).

Del análisis y delimitación se obtuvieron 13 categorías de vegetación incluidas coberturas bióticas y no bióticas, estas se aprecian en el mapa de la Figura 27.

Figura 27

Mapa de Unidades de Vegetación microcuenca del río Achocalla



En la Tabla 20, se sintetiza las categorías de vegetación consideradas para el área de estudio.

Tabla 20

Unidades de vegetación por área en hectáreas y porcentaje

Vegetación	Símbolo	Área [ha]	Área [%]
Área urbana	U	359.05	14.41%
Bofedal	Bo	6.50	0.26%
Eucaliptales	E	19.75	0.79%
Cultivos con parches de árboles	Ct/A	422.32	16.95%
Cultivos con pastizales	Ct/P	347.10	13.93%
Cultivos temporales	Ct	45.21	1.81%
Gramíneas con árboles muy dispersos	G/Ad	31.76	1.27%
Herbazal con arbustos dispersos	Ha/Bd	228.49	9.17%
Herbazal - Arbustal	H/A	94.37	3.79%
Matorrales y Gramíneas	M/G	558.04	22.39%
Pastizal con arbustos dispersos	P/Bd	41.17	1.65%
Suelo desnudo	S	48.06	1.93%
Suelo desnudo con herbazales dispersos	S/Hd	290.46	11.65%
Total		2492.27	100.00%

A continuación, se detallan las unidades de vegetación identificadas:

- **Área urbana (U):** Las áreas urbanas son áreas construidas no-lineales cubiertas por estructuras impermeables no adyacentes o conectadas por calles. Esta cobertura está relacionada a los centros poblados. Los elementos lineales como vías o calles principales, rieles, y líneas de comunicación/tuberías, pueden ocurrir, pero no son los elementos dominantes. La densidad de las construcciones artificiales en relación con el área alrededor puede ser descritas separadamente (FAO, 2005). La unidad representa un 14.28% (359.05 hectáreas) del total.
- **Eucaliptales (E):** Según la FAO (2005), se trata de un estrato o capa de árboles que cubre más de 70-60% de un área definida. Es cobertura cerrada compuesta principalmente por eucaliptos, tiene sus copas interpuestas o en algunos casos se encuentran muy estrechamente separadas. Las copas pueden formar un doce regular o irregular. En el área de estudio se encuentran solamente dos unidades de este tipo al Norte y Noroeste ocupando 19.76 hectáreas (0.79%).

- **Bofedal (Bo):** Ocupa zonas con suelos pantanosos que se encuentran cerca de quebradas, bordes de lagunas y otros cuerpos de agua (manantiales, ríos, agua de deshielo). Es una vegetación herbácea dominada por plantas adaptadas a suelos saturados por agua (PERU LNG S.R.L., 2017). La unidad se registra al Sursuroeste de la cuenca de estudio, y es cercana a la laguna Charan Khota; se logró evidenciar también que la unidad desde el año 2004, a la actualidad sufrió de modificaciones en sus dimensiones debido a la ocupación antrópica. El área aproximada de la unidad es de 6.50 hectáreas, lo que a su vez es 0.26% del total del área de estudio.
- **Cultivos temporales (Ct):** La cobertura del cultivo puede ser considerada como la proporción de un área de la tierra o substrato cubierta por un estrato o capa de plantas, consideradas al nivel horizontal más grande de cada planta en el estrato o capa. La unidad cubre más del >60% del área total, y es considerada como temporal debido principalmente a que está asociado a vegetación herbácea. La producción de estos cultivos depende del comportamiento de las lluvias y de la capacidad del suelo para captar el agua (FAO, 2005). Esta unidad ocupa aproximadamente 1.80%, lo que a su vez son 45.21 hectáreas.
- **Cultivos con pastizales (Ct/P):** La unidad ocupa un 13.80% del área total. Los cultivos temporales cubren un área del 60-30% y el segundo estrato dominante son los pastos. La unidad se localiza al Suroeste de la cuenca de estudio, como también se lo distingue al Oeste. La cobertura ocupa un área aproximada de 347.10 hectáreas.
- **Cultivos con parches de árboles (Ct/A):** Se registra en un área importante de la cuenca y en su mayoría al Oeste; se trata de cultivos temporales que ocupan más del >70% del área total de la unidad, y solo de 20%-10% del área es cubierta por formas de vida permanentes (Eucaliptos y Cipreses). El área tiene una extensión de 422.32 hectáreas lo que representa un 16.79% del área total.
- **Suelo desnudo (Ss):** La unidad se caracteriza por encontrarse descubierta más de un >60%, o sin cobertura sea esta (semi) natural o artificial, se registra al centro de la cuenca y al Este. Esta cobertura tiene un área aproximada de 48.07 hectáreas, y del área total representa 1.91%.
- **Suelo desnudo con herbazal disperso (Ss/Hd):** Estrato conformado por suelos desnudos aproximadamente en un >70 % del área de la unidad, con un segundo estrato de gramíneas

dispuestas de manera dispersa (inferior al 15%). La unidad se desarrolla en su gran mayoría en altitudes que oscilan entre 3905 a 3988 m.s.n.m, y se localiza principalmente en la cabecera de la cuenca. La unidad representa un 11.55% del área total, un total aproximado de 290.45 hectáreas.

- **Herbazal-arbustal (H/A):** Se desarrolla en pendientes de 30% al 70%; la vegetación herbácea predomina en un porcentaje mayor al >60%, y el sustrato arbustal en un 30%-15% aproximadamente. La unidad se encuentra en la parte alta de la cuenca ocupando un porcentaje de 3.75% (94.37 hectáreas).
- **Gramíneas con árboles muy dispersos (G/Ad):** Graminiformes en comunidades cerradas (superior al 70%), en donde comparten espacio con una cobertura de árboles rala (entre 15% a 10%). La cobertura tiene un área aproximada de 31.77 hectáreas, representa un 1.26% del total del área de estudio.
- **Herbazal abierto con arbustos dispersos (Ha/Bd):** Herbazal con cobertura abierta (entre 15 y 65%), con estrato de arbustos de cobertura dispersa (inferior al 15%). La cobertura tiene una extensión aproximada de 228.49 hectáreas, el 9.09% de la cuenca de estudio.
- **Matorrales-gramíneas (M/G):** Comunidad de matorrales con coberturas cerradas (superior al 65%) en donde comparte espacio con gramíneas, ocupa casi toda el área N y NE del área de estudio, que aproximadamente es 558.04 hectáreas (22.19%) del área total.
- **Pastizal con arbustos dispersos (P/Ad):** Unidad que incluye tierras cubiertas por pastos con presencia de arbustos de alturas inferiores a los 5 m., distribuidos de forma dispersa. Su extensión en la cuenca de estudio es de 1.64%, que equivale a 41.17 hectáreas.

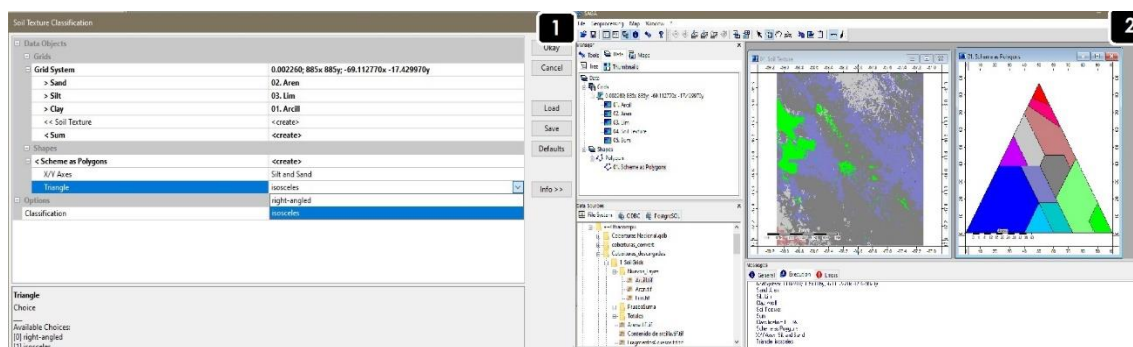
3.3.6. Textura de Suelos

Orsag V. (2013), indica que la textura se refiere al contenido porcentual de arena, limo y arcilla y como esas fracciones tienen diferentes cualidades para transmitir o retener agua, aire, nutrientes y otros. Las combinaciones de estas fracciones en diferentes proporciones le propician al suelo una fertilidad variada. Los suelos con proporciones equilibradas de arena, limo y arcilla en general son suelos de mejor fertilidad que sus extremos (arenosos o arcillosos), debido a que existe una mejor relación entre los poros capilares (encargados de retener agua).

Para elaborar el mapa de textura de suelos, se utilizó información del portal web <https://soilgrids.org>; del mismo se descargó tres capas ráster del área de estudio a una resolución espacial de 250 metros, de las texturas: arena, limo y arcilla. Las capas ráster fueron procesadas en el software SAGA GIS 7.8.2, con la herramienta “Soil Texture Classification” (Figura 28), que permite realizar la clasificación de la textura de suelos de acuerdo al sistema USDA.

Figura 28

Procesamiento de capas ráster en el software SAGA GIS



Nota. 1. Cargado de capas ráster en la herramienta “Soil textura Classification. 2. Resultado del procesamiento.

Para el área de estudio se obtuvieron tres diferentes tipos de textura de suelos: Franco Arcillosos, Limoso y Franco (ver la Figura 29), encontrándose en mayor porcentaje los suelos Franco Arcillosos, seguido de los Limosos y por último los suelos Francos, así como se describe en la Tabla 21.

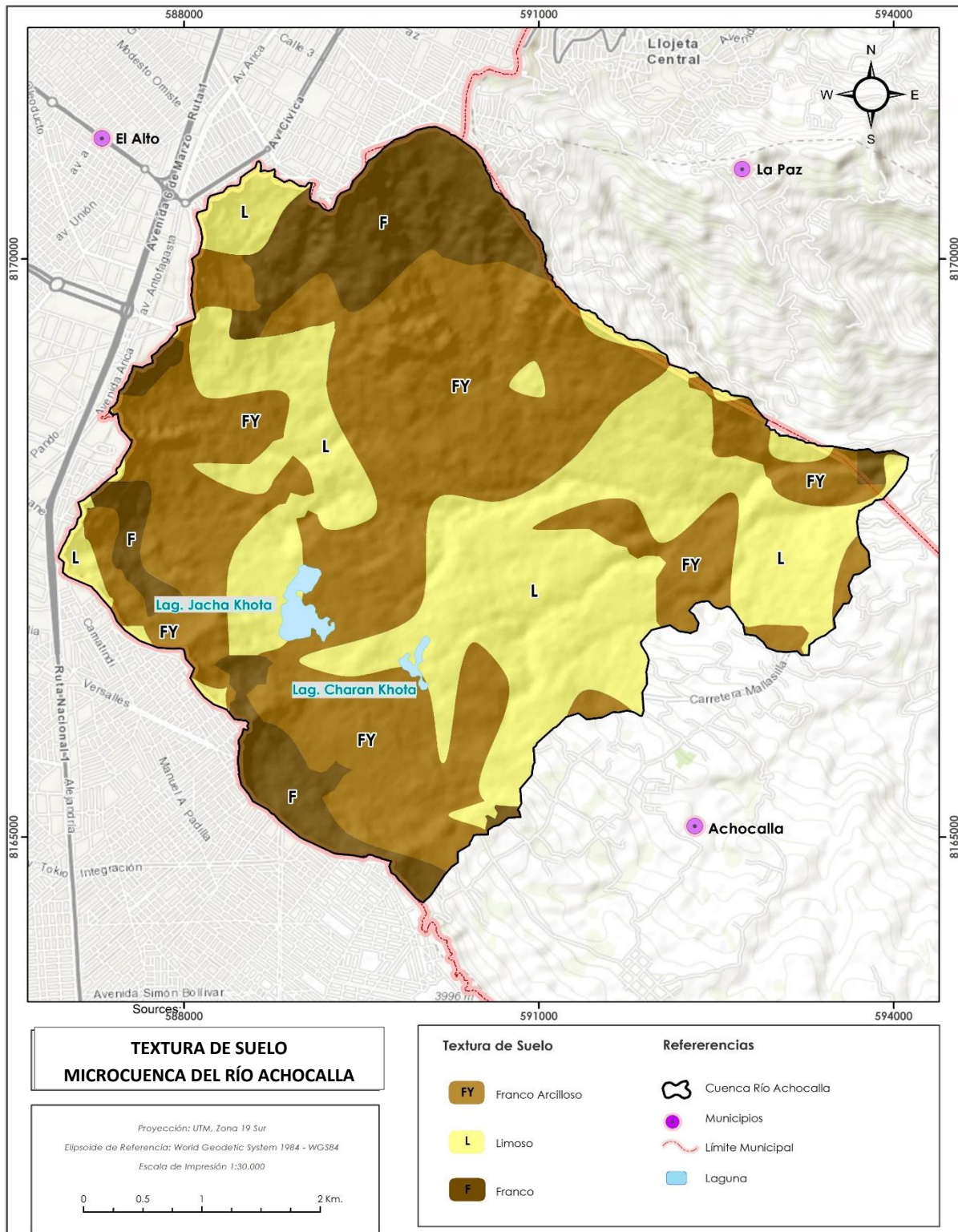
Tabla 21

Texturas de suelo del área de estudio

Textura	Símbolo	Área [%]
Franco Arcilloso [FY]	FY	49.19
Limoso [L]	L	36.32
Franco [F]	F	14.48
Total		100

Figura 29

Mapa de Textura de Suelos microcuenca del río Achocalla



- **Franco – Arcilloso (FY):** Presentan bastante arcilla (más de la considerada óptima), pero también cuenta con limo y arena por lo que presenta mayor cohesión. Este tipo de textura predomina en el área de estudio, ya que cubre 49.19% aproximadamente del área total.
- **Limosos(L):** De acuerdo a la Tabla 25, el segundo tipo de textura que se encuentra en el área de estudio serían los suelos Limosos (L), con 36.32%; se caracterizan por estar constituidos por material suelo con una granulometría comprendida entre la arena fina y la arcilla. Es un sedimento incoherente transportado en suspensión por los ríos y por viento, que se deposita en el lecho de los cursos de agua o sobre terrenos que han sido inundados. Su rasgo más característico es su suavidad en estado húmedo y su apariencia de polvo (talco) en estado seco. No retiene agua por periodos de tiempo prolongados y es adhesivo y muy poco elástico cuando humedece (Sanchovarto, 2016).
- **Franco (F):** Los suelos con textura franca, serían los que en menor proporción se encuentran en el área de estudio, ya que abarcan un estimado de 14.48%. El tipo de suelos de textura Franca (F) es un suelo que tiene una mezcla relativamente uniforme, en términos cuantitativos de los tres texturales. Es blando o friable, que se desmenuza fácilmente, además de ser bastante suave y ligeramente plástico (Sanchovarto, 2016).

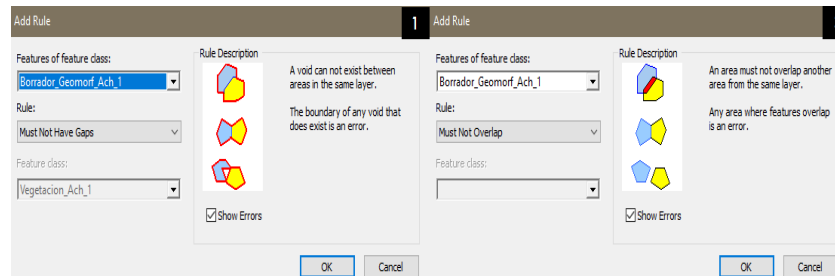
3.3.7. Almacenamiento y Calidad de la Información

La información capturada se gestionó en una geodatabase (GDB), en la que se revisaron aspectos de posibles inconsistencias en los polígonos digitalizados, como se muestra en la Figura 30, se utilizaron dos reglas topológicas que se describen a continuación:

- No debe haber superposición entre polígonos (Must Not Overlap). Se requiere que al interior de los polígonos no se superponga. Los polígonos pueden compartir ejes o vértices. Esta regla se utiliza cuando un área no puede pertenecer a dos o más polígonos (ESRI, 2022).
- No debe existir huecos entre los polígonos (Must Not Have Gaps). Requiere que los polígonos no tengan un área nula entre ellos dentro de una clase o subtipo de entidad. Esta regla se usa cuando todos los polígonos deben formar una superficie continua sin áreas nulas ni espacios (ESRI, 2022).

Figura 30

Reglas topológicas utilizadas



Nota. Reglas topológicas: 1. Must not have gaps 2. Must not overlap

3.3.8. Delimitación final de las unidades morfogenéticas

En base a la información y mapas preliminares que fueron generados en gabinete y posteriormente corroborados en campo, se realizó la delimitación final de unidades morfogenéticas donde se tomó en cuenta cuatro aspectos fundamentales:

- Origen (endógeno, exógeno).
- Tipo de relieve.
- Temporalidad del relieve (geología, litología).
- Clase geométrica del relieve, relacionada con las propiedades cuantitativas de las unidades (pendiente, altitud, altura relativa). (Verstappen & Van Zuidam, 1991)

3.3.9. Identificación de las unidades ambientales

Para la identificación de las unidades ambientales se tomó en cuenta la información morfogenética del levantamiento y delimitación previos; se los integró con los componentes físicos del paisaje como: geología, suelos, vegetación, uso del suelo, etcétera. Es importante aclarar que las unidades ambientales tienen una síntesis a manera de inventario de los componentes que se tomaron en cuenta del medio natural; así como la identificación de problemas ambientales y procesos geomorfológicos que se pudieran estar generando.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS

4.1. Delimitación de Unidades Geomorfológicas Morfogenéticas

Para la delimitación de las unidades morfogenéticas a partir de criterios geomorfológicos analíticos correspondiente del área de estudio, se aplicaron los fundamentos del enfoque geomorfológico desarrollado durante los años setenta y ochenta por ITC (International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences) de los Países Bajos, y adaptada en la “Propuesta de Estandarización de la cartografía Geomorfológica en Colombia” elaborada por Carvajal (2012).

Este enfoque adopta un levantamiento analítico para delimitar cartográficamente a las unidades geomorfológicas de diferentes tipos; posteriormente, se aplica para describir de manera sintética las unidades ambientales de mapeo.

El enfoque geomorfológico plantea tres tipos de levantamientos, que se describen a continuación:

- **Levantamiento Analítico:**

Dirigido hacia la obtención de los mapas geomorfológicos básicos y monotemáticos (morfoestructural, morfogenético, morfodinámico, etc.). El levantamiento morfogenético incluye una delimitación de las unidades cartográficas a partir de la consideración de los cuatro aspectos fundamentales del relieve: 1. El origen general asociado a dos procesos (endógenos y exógenos), 2. El tipo de relieve, 3. La temporalidad del relieve y por último 4. Las clases geométricas del relieve, relacionadas con las propiedades cuantitativas de las unidades por delimitar.

- **Levantamiento Sintético:**

Para la delimitación de las UA (Unidades Ambientales), toma como referencia de partida la información morfogenética de levantamiento analítico previo, integrándola con los componentes biofísicos del paisaje, como son la geología, clima, vegetación, uso de suelos, etcétera.

- **Levantamiento Pragmático:**

Está encausado para establecer soluciones específicas a problemas originados por fenómenos geomorfológicos, evaluados previamente con los levantamientos analíticos y sintéticos. Particularmente los levantamientos orientados a evaluar los peligros y riesgos por procesos geomorfológicos (inundaciones, gravitacionales, volcánicos, entre otros) son el tipo de aplicaciones características de ese tipo de levantamiento (Tapia Valera & Lopez Blanco, 2001).

Para la realización del presente trabajo se estableció la aplicación de los dos primeros levantamientos (analítico y sintético); en el primer caso debido a que responde a una delimitación de unidades

morfogenéticas y con el segundo se logrará obtener una caracterización ambiental de los espacios delimitados.

La ventaja principal que da la aplicación del levantamiento geomorfológico para la delimitación de las unidades morfogenéticas radica en su sencillez al considerar juicios precisos de los aspectos fundamentales del relieve. Otro aspecto importante es la generación de información condensada y sistemática sobre las formas del terreno, los procesos geomorfológicos y los fenómenos ambientales asociados, aspectos reforzados con el trabajo de campo; argumentos fundamentales para una interpretación integral de un espacio geográfico (Lopez Blanco, 1998)

Para describir las unidades geomorfológicas, es importante conocer qué es un ambiente morfogenético y cuáles se encuentran en una determinada zona.

El ambiente morfogenético alude a las condiciones físicas, químicas, bióticas y climáticas en las cuales se generaron las geoformas. Los ambientes morfogenéticos se agrupan en 9 grandes clases de acuerdo al sistema del I.T.C, que a modo de nomenclatura y para poder diferenciarlos entre sí llevan una inicial en mayúscula, cartográficamente se los expresa con gamas de colores distintos: Morfoestructural (S), Volcánico (V), Denudacional (D), Fluvial y lagunar (F), Marino y costero (M), Glacial y peri-glacial (G), Eólico (E), Kárstico (K), y Antropogénico (A).

Las formas más pequeñas son representadas por símbolos lineales que por lo general están en color negro.

4.1.1. Descripción del proceso de delimitación de las Unidades Geomorfológicas

Para la elaboración del mapa geomorfológico preliminar, se siguieron los siguientes pasos:

- **Recolección de insumos necesarios:**

Se recolectó información básica y temática; la información necesaria básica incluye: imagen satelital, modelo digital de elevación del terreno, información cartográfica base; la información temática necesaria para el caso fue el mapa Geológico de Achocalla, que fue escaneado y digitalizado.

La información recolectada, es muy importante debido a que es una aproximación a la geomorfología del área de estudio, por lo que nos permite observar las características físicas del área.

- **Preparación y análisis de la información recolectada:**

Teniéndose la información pertinente para el estudio, se la integró en una base de datos en el software ArcGis 10.6.1 de Esri, para también georreferenciarla en un mismo sistema de coordenadas, que para el caso sería WGS84 – UTM – Zona 19S; una vez georreferenciada de manera correcta se la procesó de manera conjunta.

- **Procesamiento de la información:**

Con el Modelo Digital de Elevación de resolución de 12m, se pudieron generar otros insumos fundamentales como el mapa de pendientes, que fue reclasificado en 7 categorías de acuerdo a la clasificación de Van Zuidam (1986) (ver Tabla 16), se generó del mismo modo el mapa de sombras, mapa de relieve relativo; insumos sumamente importantes al momento de realizar la interpretación del mapa geomorfológico.

- **Generación del mapa geomorfológico preliminar:**

Para la delimitación preliminar de las unidades geomorfológicas del área de estudio, se utilizaron diferentes insumos (mapas de sombras y pendientes, imágenes satelitales, etc.), que fueron procesados en distintos softwares: ArcGis 10.6.1, SAGA GIS 2.3.2, Google Earth Pro y SAS Planet, donde se pudo visualizar de forma global las geoformas y posteriormente delimitar las unidades geomorfológicas de manera preliminar, teniéndose en cuenta también el ambiente al que se encuentran asociadas y las características que presenten.

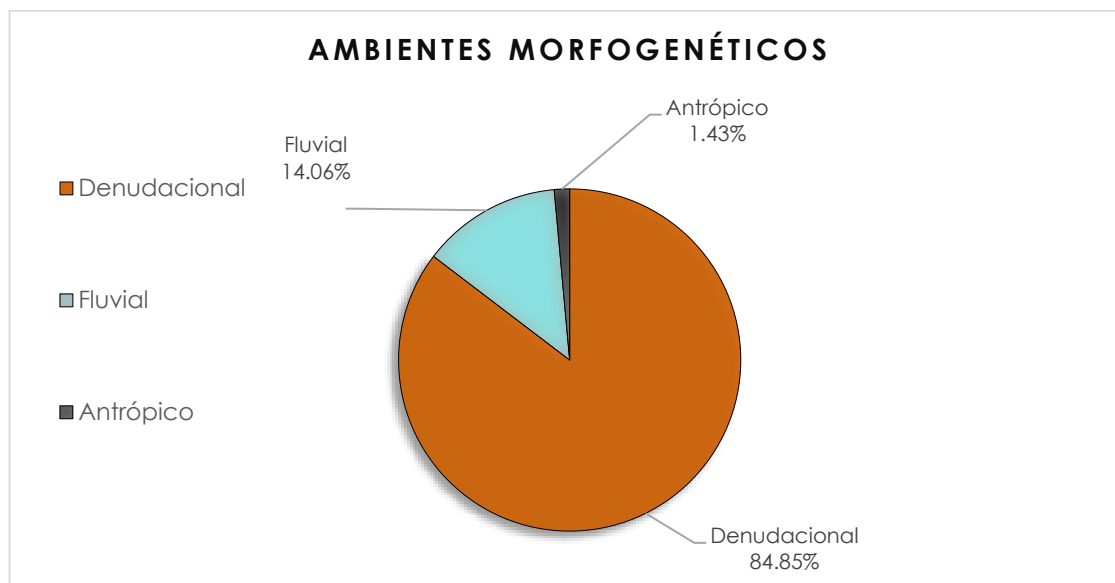
Una vez se identificaron y demarcaron las unidades geomorfológicas, se obtuvo el mapa geomorfológico preliminar del área de estudio, que a su vez es la base para el trabajo de campo.

4.1.2. Unidades Geomorfológicas Morfogenéticas

Como se muestra en el mapa de Unidades Geomorfológicas de la Figura 32, se identificó que morfogenéticamente las unidades del ambiente denudacional son las que predominan sobre los demás ambientes en el área de estudio, ya que ocupa el 84.85 % del área (21.28 km²). Otro ambiente influyente en el área es el fluvial, ocupando el 14.06 % (3.28 km²) y se asocia principalmente a la dinámica de los ríos y vertientes del área. El ambiente con menor participación es el antrópico con 1.43% (0.36 km²) del área total; tal y como se observa en la Figura 31.

Figura 31

Ambientes morfogenéticos del área de estudio



A modo de conteo se identificó también que existen 11 tipos de unidades del ambiente denudacional; 3 del tipo fluvial y 1 del tipo antrópico.

a. Ambiente Denudacional

En este ambiente se presentan geoformas cuya expresión morfológica está definida por la acción combinada de procesos moderados a intensos de meteorización, erosión y transporte de origen gravitacional y pluvial, que modelan dejando remanentes de las unidades previas y generando nuevas unidades por acumulación de sedimentos (S.G.C., 2012).

Se categorizaron las unidades geomorfológicas del ambiente denudacional por extensión de área en hectáreas y porcentaje, con respecto a la totalidad del área que ocupa el ambiente (Tabla 22).

Tabla 22

Unidades de origen Denudacional por área y porcentaje

Nombre	Símbolo	Área [ha]	Área [%]
Cono o Lóbulo Rotacional	Ddrt	339.78	15.97
Escarpe de Erosión Mayor	Deem	91.01	4.28
Depósitos de Flujo de Lodo	Dfl	181.49	8.53
Colina Residual	Dkr	12.68	0.6
Colina Residual Disectada	Dkrd	48.63	2.29
Lomo Denudado Moderado de Longitud Larga	Dldeml	142.39	6.69
Lomo Denudado	Dlod	34.79	1.63
Montículos y Ondulaciones Denudacionales	Dmo	346.75	16.29
Planicie	Dp	317.18	14.9
Planicie Colinada Residual	Dpcr	182.25	8.56
Serranía Denudada	Dsd	431.06	20.26
Total		2128.01	100

- **Lomo denudado moderado de longitud larga (Dldeml):** Geoforma con un índice de relieve relativo entre bajo a moderado; la longitud del eje principal es mayor que 1000 (m). El tope o parte superior puede tener diferentes formas dependiendo del grado de incisión del drenaje, el tipo de saprolito que ha desarrollado la roca dominante y de los procesos erosivos que lo han modelado. La inclinación y orientación del eje del lomo puede informar de procesos y velocidades de levantamiento del conjunto cordillerano o de la velocidad de la erosión del río principal o eje geomorfológico (S.G.C., 2012).

Esta geoforma se localiza al norte de la cuenca de Achocalla y se desarrolla sobre depósitos glaciales – fluvio glaciales (Qfg); presenta además procesos erosivos (erosión en surcos y cárcavas) y de remoción en masa (deslizamiento traslacional activo).

Foto 1

Lomo desnudo moderado de longitud larga (Dldeml)



- **Serranía desnuda (Dsd):** La unidad se distribuye Prominencia topográfica de morfología montañosa y elongada de laderas largas a extremadamente largas, cóncavas a convexas, con pendientes muy inclinadas a abruptas, donde prevalecen procesos de erosión o de movimientos en masa acentuados. Su origen es relacionado a procesos de erosión acentuada en sustratos ígneos y metamórficos (S.G.C., 2012).

La unidad geomorfológica se desarrolla en casi su totalidad sobre arcillas limosas y gravas de la Formación La Paz, al Noreste de la cuenca de Achocalla.

Foto 2

Vista panorámica: serranía desnuda (Dsd)



- **Colina Residual Disectada (Dkrd):** Elevación de terreno entre 200 y 399 metros sobre su nivel de base local, que presenta una cima redondeada y amplia, limitada por laderas cortas a moderadamente largas de forma convexa a recta, y pendiente inclinada a abrupta, con un índice de relieve bajo a moderado. Su origen es relacionado a procesos de periodos de denudación y meteorización asociados a factores litológicos locales o a suelos espesos donde se desarrolla meteorización esferoidal (S.G.C., 2012).

Se registraron tres unidades de este tipo al Oeste de la cuenca, sobre depósitos Glaciales – Fluvio glaciales (Qfg). Se detectó también, procesos de erosión laminar y en surcos se en las tres unidades.

Foto 3

Vista panorámica: colina residual disectada (Dkrd)



- **Cono o Lóbulo de deslizamiento Rotacional (Ddrt):** Estructura en forma de cono o lóbulo con morfología alomada baja, con laderas de longitud corta (50 – 250 m) a muy larga (1000 – 2500 m), de forma irregular localmente escalonada, y pendientes que van de muy inclinada (11 ° - 15 °) a abrupta (16 ° - 20 °) y lobulada en su parte distal. Su origen es a la acumulación de tierra y bloques (S.G.C., 2012).

Estas unidades se localizan de manera casi contigua al Oeste, Noroeste y Suroeste de la cuenca. Cuatro de ellas se desarrollan sobre depósitos Glaciales – Fluvio glaciales (Qfg) y una también en este depósito y sobre depósitos coluviales.

Foto 4

Vista panorámica del cono o lóbulo de deslizamiento rotacional (Ddrt)



- **Lomo Denudado (Dlod):** La unidad se localiza al Sur de la cuenca, en el sector de Marquirivi; se presenta sobre depósitos de deslizamientos (Qd).

Esta unidad geomorfológica consiste en una prominencia topográfica con altura menor de 200 metros sobre su nivel de base local, con una morfología alomada y elongada, laderas cortas a muy cortas, convexas y pendientes muy inclinadas a muy abruptas. Su origen es relacionado a procesos intensos de meteorización y erosión diferencial (S.G.C., 2012).

Foto 5

Vista panorámica: lomo denudado (Dlod)

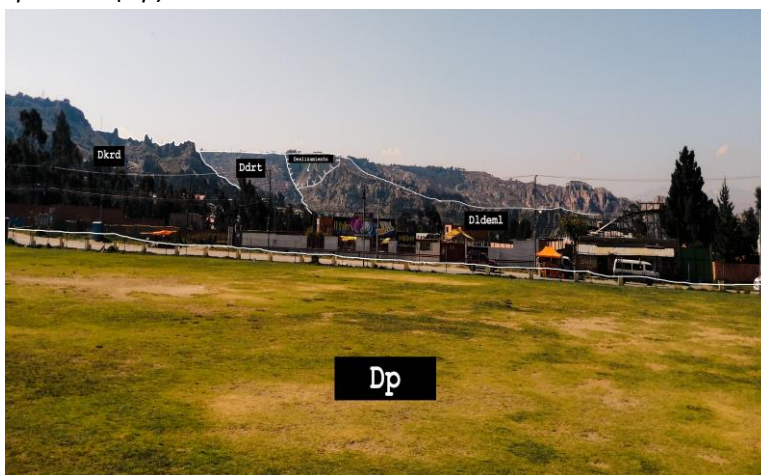


- **Planicie (Dp):** Localizada al Suroeste de la cuenca, ocupa un % del total del área de estudio, se desarrolla sobre Depósitos de deslizamientos (Qd); en la unidad se encuentran también las lagunas

Jacha Khota y Charan Khota; según el Servicio Geológico Colombiano (S.G.S. 2012), la unidad geomorfológica se entiende como una porción de terreno extensa, plana, de posición baja y pendiente plana a suave, generalmente menor a 5°.

Foto 6

Vista panorámica: planicie (Dp)

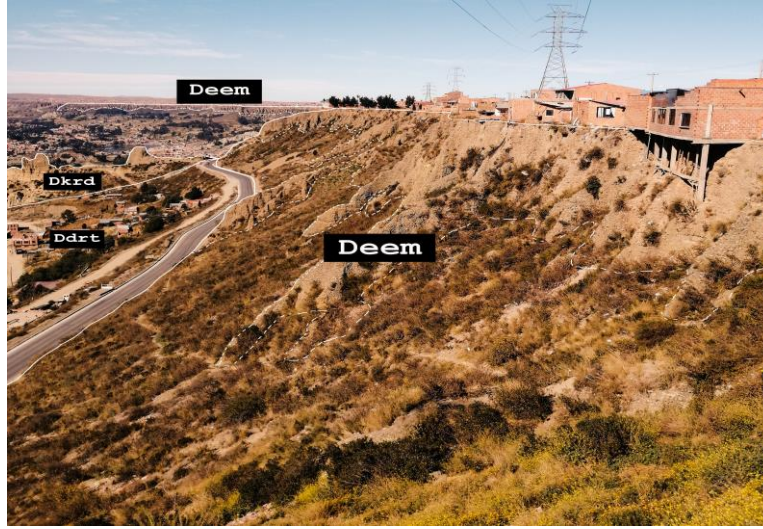


- **Escarpe de Erosión Mayor (Deem):** Esta unidad se presenta como una Ladera abrupta, generalmente sinuosa, que va de larga, muy larga a extremadamente larga de firma convexa, presentan pendientes que varían entre abruptas (16 – 20°) a escarpadas (31 - 45°) y con un índice de relieve moderado. Se trata de escarpes con alturas mayores a 250 m, originados por procesos de meteorización y erosión diferencial acentuada, producto de este proceso se dejan expuestas estas geoformas (S.G.C., 2012).

Este tipo de geoformas se pueden presentar en cualquier tipo de litología, en la zona de estudio se evidencia preferencialmente en depósitos Glaciales – Fluvio Glaciales (de Qfg); se extiende de Noroeste a Sur alrededor de la cuenca.

Foto 7

Vista panorámica: escarpe de erosión mayor (Deem)



- **Depósitos de Flujo de Lodo (Dfl):** Depósito de sedimentos provenientes del flujo de lodo de manera gradual. Esto debido a que, cuando el flujo comienza a perder velocidad a causa de la pérdida de energía cinética en las zonas de baja pendiente, éste va depositando sedimentos a lo largo de su recorrido, formando filas paralelas a la dirección del flujo. Suelen presentar formas lobuladas en su parte frontal y ondulaciones en las partes anteriores (Suárez & Suárez, 2006). La unidad se desarrolla al Sureste sobre la formación de Torrente de Barro (Qb),

Foto 8

Depósito de flujo de lodo (Dfl)

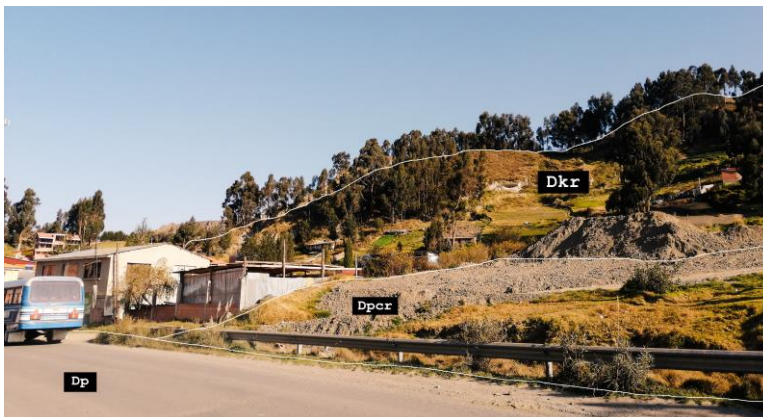


- **Colina Reidual (Dkr):** La unidad se localiza al Suroeste de la cuenca, y se desarrolla sobre depósitos Glaciales, Fluvio-glaciales. Se caracteriza por ser una elevación del terreno entre 200 y 399

metros sobre su nivel de base local, que presenta una cima redondeada y amplia, limitada por laderas cortas a moderadamente larga de forma convexa a recta y pendiente inclinada a abrupta, con un índice de relieve bajo a moderado. Su origen está relacionado a procesos de acción conjunta de periodos de denudación y meteorización asociados a factores litológicos locales (S.G.C., 2012).

Foto 9

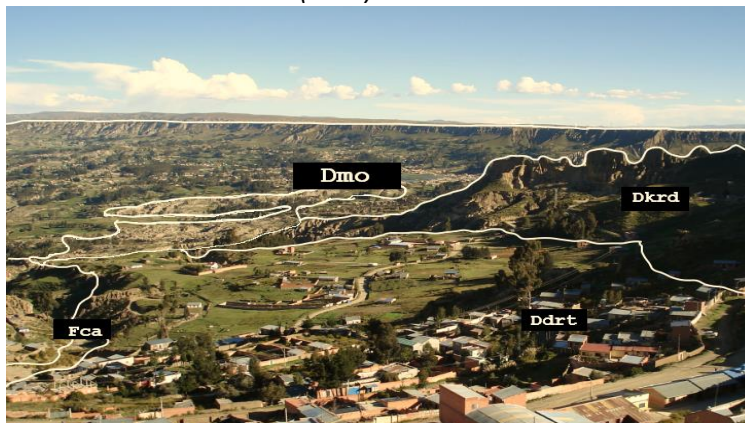
Colina residual (Dkr)



- **Montículos y ondulaciones denudacionales (Dmo):** Elevación del terreno con una altura menor de 50 metros sobre su nivel de base local, con una morfología colinada, cóncava o convexa, suavemente inclinada. En el área de estudio se encuentran al Sureste, Noroeste y Noreste. Su origen es relacionado a procesos de meteorización y erosión intensa sobre rocas blandas o friables y en sedimentos no consolidados, dispuestos de manera horizontal a ligeramente inclinados (S.G.C., 2012). Se encuentra sobre la Formación La Paz (Tlpz) del Terciario.

Foto 10

Montículos y ondulaciones denudacionales (Dmo)



- **Planicie colinada residual (Dpcr):** Área extensa y plana a suavemente inclinada con morfología colinada a ondulada, con laderas cortas rectas a convexas, pendientes abruptas, asociadas a rocas duras y a antiguas superficies de erosión (S.G.C., 2012). La unidad representa un 8.56 % del total del área de estudio, y se localiza en distintos lugares de la cuenca, pero desarrollada principalmente en depósitos de deslizamientos de terreno (Qd).

Foto 11

Planicie colinada residual (Dpcr)



b. Ambiente Fluvial y Lagunar

En este ambiente se incluyen las geoformas originadas por procesos de erosión de las corrientes correspondientes a ríos; por acumulación o sedimentación de materiales en las áreas aledañas a dichas corrientes, tanto en épocas de grandes avenidas e inundación, o por la dinámica normal de las corrientes perennes, durante la época seca. De esta manera es posible encontrar unidades aledañas a los ríos, quebradas y en el fondo de los cauces, cuyos depósitos son transportados y acumulados cuando estas pierden su capacidad de arrastre (S.G.C., 2012).

En la Tabla 23, se muestra el ambiente Fluvial y Lagunar categorizado por extensión de su área en hectáreas y en porcentaje.

Tabla 23

Unidades de origen Fluvial y Lagunar por área y porcentaje

Nombre	Símbolo	Área [ha]	Área [%]
Cauce aluvial	Fca	23.66	6.75
Terraza de erosión	Fte	304.33	86.89
Laguna	Flg	22.26	6.36
Total		350.24	100

- **Cauce aluvial (Fca):** Canal de forma irregular excavado por erosión de las corrientes perennes o estacionales, dentro de macizos rocosos y/o sedimentos aluviales. Dependiendo de factores como pendiente, resistencia del lecho, carga de sedimentos y caudal, pueden persistir grandes distancias (S.G.C., 2012). Esta unidad se relaciona principalmente con el río Achocalla, y el río en el sector Nornoroeste en la zona de Kayu.

Foto 12 *Cauce aluvial (Fca)*

Cauce aluvial (Fca).



- **Laguna (FI):** Se registraron dos unidades la primera es la Laguna de Jacha Khota, laguna de Achocalla o “Pacajes”, y la laguna Charan Khota, la primera de mayor dimensión que la segunda. Es un depósito natural de agua de dimensiones inferiores, en relación a los lagos tanto en área como en profundidad. Dicha profundidad varía de acuerdo a las condiciones ambientales donde se localice y a su grado de colmatación (acumulación de sedimentos). Las lagunas de origen fluvial, se relacionan

con la inundación de antiguas depresiones durante la época de alta pluviosidad, estas pueden permanecer incluso en épocas secas, ya que son pobremente drenadas (S.G.C., 2012).

Foto 13

Laguna (Flg) y terrazas de erosión (Fte)



- **Terraza de erosión (Fte):** Las unidades se localizan principalmente a ambos lados del río Achocalla, como también el río localizado en la zona de Kayu y los ríos localizados en el sector de Villacota.

Este tipo de unidad se caracteriza por ser una superficie elongada, plana a suavemente ondulada, limitada por escarpes de diferente altura, que se presenta en forma alterna no paralela, a lo largo del cauce de un río. Su origen es relacionado a procesos de erosión fluvial que afectan al sustrato rocoso (S.G.C., 2012).

c. Ambiente Antropogénico

En este ambiente se incluyen las geoformas originadas como producto de la intervención del hombre sobre el terreno, en la mayoría de los casos con el objetivo de realizar construcción de vivienda, obras ingenieriles, disposición de desechos o escombros y adecuación de nuevas vías, modificando la morfología natural (S.G.C., 2012).

De la misma manera, se dividió el ambiente antropogénico en la totalidad de Superficies de explanación en el área de estudio, que fueron clasificadas por extensión (Tabla 24).

Tabla 24

Unidades de origen Antropogénico por área y porcentaje

Nombre	Símbolo	Área [ha]	Área [%]
Superficies de explanación	Asp	8.31	23.37%
Superficies de explanación	Asp	10.25	28.82%
Superficies de explanación	Asp	11.65	32.77%
Superficies de explanación	Asp	5.35	15.05%
Total		35.56	100

- **Superficies de explanación (Asp):** Planos de allanamiento hecho en laderas de sustrato rocoso y/p materiales inconsolidados con el fin de adecuar el terreno para la construcción o con fines de estabilización de laderas, mediante la explanación o terraceo que disminuyen la pendiente del terreno (S.G.C., 2012).

Las unidades se registran al este de la cuenca; estas superficies fueron realizadas sobre los depósitos de barro (Qb) y se diferencian por cortar de manera abrupta las geoformas sobre las que se encuentran.

Foto 14

Superficies de explanación (Asp)



4.1.3. Morfodinámica

El proceso morfodinámico se refiere a todos los productos activos en el presente o aquellos que se pueden activar en el futuro y que pueden modificar las geoformas existentes. Los procesos pueden ser erosivos (denudativos, denudacionales) o constructivos (agradacionales) y la interacción entre ellos modifica el relieve.

La dinámica actual de la cuenca de estudio, tiene su origen, en causas naturales principalmente, teniendo en cuenta que los fenómenos geodinámicos como la erosión y la remoción en masa están afectados por variables como la composición litológica, grado de meteorización de las rocas y suelos aflorantes, pendientes, cobertura vegetal, interacción con agentes meteorológicos, y uso del suelo.

Entre los principales procesos se incluye la erosión en sus diferentes modalidades como la erosión pluvial, que se inicia con el efecto de las gotas de lluvia que poco a poco van disgregando el material, dejándolo expuesto para ser transportado por la escorrentía superficial que genera inicialmente un escurrimiento difuso y luego una erosión laminar sobre la superficie del suelo. En etapas posteriores la escorrentía superficial se va acentuando, dando origen a la formación de surcos y cárcavas; y en estados más avanzados de los procesos de erosión severa, que finalmente y debido al uso del suelo, genera los movimientos de remoción en masa (Consortio Pomca Quindio, 2017).

El inventario de movimientos en masa y procesos erosivos (ver Tabla 25 y Figura 33), fue generado mediante el reconocimiento del área de estudio, en donde se fueron registrando en la planilla de campo. La mayoría de movimientos identificados cubren áreas pequeñas, por lo que no presentan las dimensiones necesarias para ser cartografiados individualmente; se presentan casi en su totalidad al oeste del área de estudio, sobre el escarpe de erosión mayor; los procesos erosivos en cambio, se encuentran distribuidos casi por toda el área.

a. Erosión pluvial

Se identificaron cuatro diferentes tipos de erosión pluvial en diferentes grados, tal y como se muestra en la Figura 33, se describe cada uno de ellos a continuación:

- **Laminar:** Según el IDEAM (2015), la erosión laminar es la remoción más o menos uniforme del suelo de un área sin el desarrollo de canales de agua conspicuo. Se encuentra principalmente distribuido en la zona central y al Este de la cuenca, sobre terrazas de erosión y depósitos de flujo de lodo
- **Surcos:** Un surco es una depresión lineal o canal vacío en el suelo que acarrea agua luego de las precipitaciones. Los surcos se alinean en general de forma perpendicular a la pendiente y se forman en series de líneas paralelas (IDEAM, 2015).

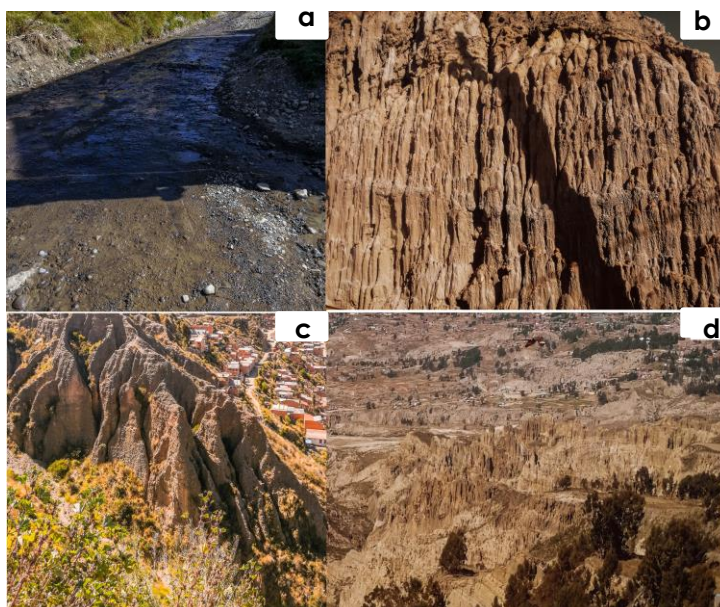
Este tipo de erosión se la localizó en el área central de la cuenca, muy presente en terrazas erosivas

- **Cárcavas:** Es la consecuencia del agua que arrastra y corta el suelo a lo largo de una línea de flujo. La cárcava es la forma producida por la socavación repetida sobre el terreno, debida al flujo incontrolado de los escurrimientos superficiales (IDEAM, 2015). Se detectó cárcavamiento sobre el lomo denudado moderado de longitud larga y la colina residual disectada.
- **Tierras Malas:** De acuerdo con el IDEAM (2015), las tierras malas se presentan como una red de surcos y cárcavas intrínsecos. Las funciones bióticas originales fueron completamente destruidas y la vegetación es muy rala o nula.

Este proceso se lo identificó al Norte y Este sobre la serranía denudada y el lomo denudado moderado de longitud larga.

Figura 33

Erosión pluvial en el área de estudio



Nota. Tipos de erosión: a. laminar, b. surcos, c. cárcavas y d. tierras malas.

b. Movimientos en masa

Se detectaron tres tipos de movimientos en masa en el área de estudio (Figura 35), se describe cada uno a continuación:

- **Deslizamiento traslacional:** Se presenta con frecuencia en ambientes sedimentarios, en rocas de diferente edad y litología asociados a planos de estratificación. Los deslizamientos planares también se presentan en masas coluviales o de suelos residuales relativamente delgados y de espesor uniforme (S.G.C., 2017).

En el área de estudio, se encuentran a lo largo del escarpe principal, así como en conos de deslizamiento traslacional

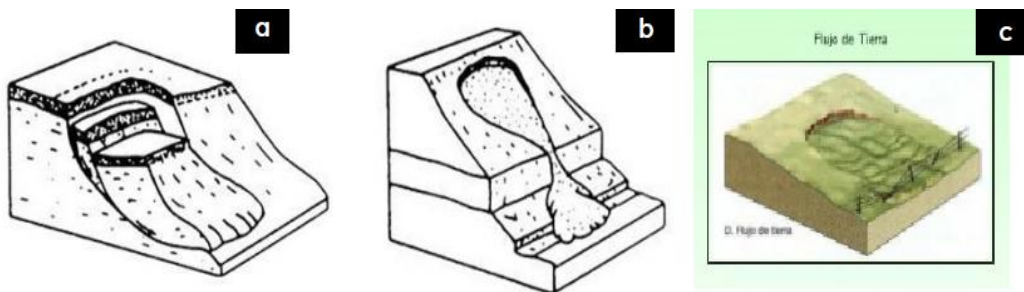
- **Flujo de tierra:** Es un flujo intermitente de un suelo arcillo plástico. Se presenta en laderas con pendiente entre 5° y 25°. No supera el nivel “rápido” de velocidad a menos que haya un incremento significativo en la presión de poros relacionada con colapso estructural (S.G.C., 2017).

Se encontró este tipo de deslizamiento al Oeste del área de estudio, sobre una terraza de erosión.

- **Flujo de detritos:** Deslizamiento de tipo flujo que comprende movimientos viscosos, generados en muchos casos a partir de deslizamientos de masas en la parte superior de las laderas, los cuales recorren luego trayectos den forma canalizada (S.G.C., 2017). Localizado de manera particular al oeste de la cuenca, sobre el escarpe de erosión mayor.

Figura 34

Movimientos en masa detectados en el área de estudio



Nota. a. Deslizamiento traslacional; b. Flujo de detritos (SGS 2017) c. Flujo de tierra (IHCIT, 2012)

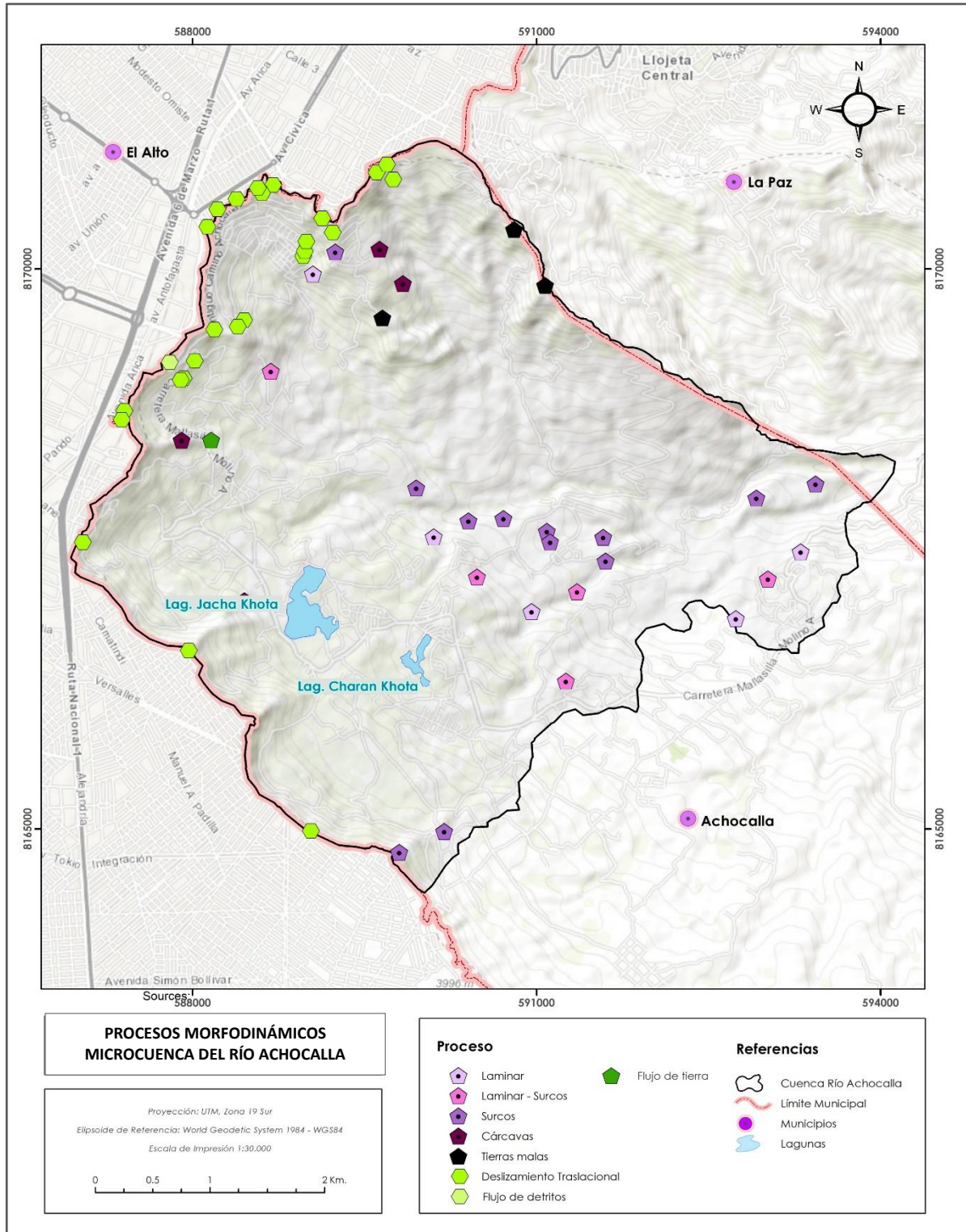
Tabla 25*Inventario de procesos morfodinámicos de la microcuenca del Río Achocalla*

N°	Tipo de proceso	Coordenadas		
		X	Y	Z
1	Deslizamiento traslacional	588964	8170112	3921
2	Deslizamiento traslacional	588977	8170157	3926
3	Deslizamiento traslacional	588991	8170243	3950
4	Deslizamiento traslacional	589131	8170450	4041
5	Deslizamiento traslacional	589221	8170323	4032
6	Deslizamiento traslacional	588701	8170749	4076
7	Deslizamiento traslacional	588604	8170675	4048
8	Deslizamiento traslacional	588568	8170722	4063
9	Deslizamiento traslacional	588382	8170623	-9999
10	Deslizamiento traslacional	588215	8170531	4072
11	Deslizamiento traslacional	587405	8168732	4038
12	Deslizamiento traslacional	587381	8168654	-9999
13	Deslizamiento traslacional	589032	8164982	4025
14	Deslizamiento traslacional	587966	8166591	-9999
15	Deslizamiento traslacional	587043	8167559	4010
16	Deslizamiento traslacional	587920	8169023	3950
17	Deslizamiento traslacional	587895	8169007	3950
18	Deslizamiento traslacional	588018	8169178	3959
19	Deslizamiento traslacional	588189	8169457	3999
20	Deslizamiento traslacional	588129	8170375	4060
21	Flujo de detritos	587801	8169166	4022
22	Deslizamiento traslacional	588449	8169543	3919
23	Deslizamiento traslacional	588393	8169484	3942
24	Deslizamiento traslacional	589604	8170859	4090
25	Deslizamiento traslacional	589695	8170931	4088
26	Flujo de tierra	588160	8168473	3866
27	Cárcavas	587903	8168471	3943
28	Surcos	589242	8170150	3996
29	Laminar	589048	8169954	3884
30	Tierras malas	589654	8169562	3888
31	Deslizamiento traslacional	589749	8170799	4044
32	Tierras malas	590803	8170351	4008
33	Laminar - Surcos	588681	8169086	3847
34	Surcos	589950	8168043	3693
35	Surcos	590710	8167771	3635
36	Surcos	591580	8167604	3608

N°	Tipo de proceso	Coordenadas		
		X	Y	Z
37	Surcos	591601	8167392	3602
38	Laminar - Surcos	591352	8167117	3613
39	Laminar	590955	8166940	3668
40	Laminar	593302	8167473	3562
41	Laminar - Surcos	593016	8167232	3565
42	Laminar	592736	8166878	3608
43	Laminar - Surcos	591254	8166320	3732
44	Laminar - Surcos	590479	8167250	3707
45	Laminar	590102	8167608	3694
46	Surcos	590193	8164979	3891
47	Cárcavas	588450	8167037	3844
48	Surcos	592916	8167954	3523
49	Surcos	593432	8168080	3466
50	Surcos	591088	8167656	3620
51	Surcos	591117	8167562	3610
52	Surcos	590404	8167750	3636
53	Tierras malas	591072	8169851	3947
54	Cárcavas	589834	8169868	3885
55	Cárcavas	589629	8170175	3949
56	Surcos	589800	8164792	3996

Figura 35

Procesos morfodinámicos microcuenca del río Achocalla



4.2. Problemas ambientales en el área de estudio

Las cuencas hidrográficas y sus áreas de inundación proporcionan tierra fértil para la agricultura, agua para consumo, riego o en algunos casos indebidos para disponer residuos. Con el rápido desarrollo de la economía de las ciudades, los efectos de las actividades antropogénicas sobre los ecosistemas fluviales están aumentando y la contaminación por fuentes no puntuales es cada vez más problemática (Wang, Li, & Shen, 2014).

Una de las formas para mitigar los problemas ambientales es generar una transformación cultural en la población, para lo cual se plantea el uso de la educación ambiental como herramienta básica. Esa tiene como principal misión la formación de un vínculo entre los valores, conocimientos, habilidades, para permitir a los individuos la unión al entorno al que pertenecen (Vargas & Briones, 2013).

Durante el reconocimiento en campo del área de estudio, se identificaron diferentes problemáticas ambientales que se repiten de manera recurrente en la cuenca; estos problemas se registraron en la planilla de campo, a continuación, en la Tabla 26, se enlistan los que se lograron identificar, así como algunas propuestas para contrarrestar los mismos.

Tabla 26

Listado de problemas - propuestas ambientales en la microcuenca del río Achocalla

Problemas Ambientales	Propuestas
<ul style="list-style-type: none">• Acequias con aguas negras que desembocan en la laguna principal de Achocalla.	Controlar y depurar de las aguas residuales que desembocan en la laguna principal.
<ul style="list-style-type: none">• Reducción del área de bofedal por asentamientos humanos.	Controlar los procesos constructivos, estableciendo áreas de protección, para evitar futuras ampliaciones de las parcelas o construcciones.
<ul style="list-style-type: none">• Eliminación de la cubierta arbórea para cambios de uso del suelo	Promover acciones de conservación y protección de la comunidad forestal y faunística.
<ul style="list-style-type: none">• Aumento de la presión urbanística	Desarrollar una propuesta de planeación urbana sostenible.
<ul style="list-style-type: none">• Viviendas sin sistema de alcantarillado sanitario que vierten sus excretas al medio natural.	Desarrollar políticas públicas e inversión para el uso de sistemas ecológicos de saneamiento.

<ul style="list-style-type: none"> • Puntos de vertidos de escombros y residuos de origen doméstico 	<p>Control y recogida de residuos de las áreas urbanas; eliminación y recuperación de las áreas afectadas por los vertederos (ríos, cultivos, cuerpos de agua). La falta de control podría significar un aumento en la presencia de vectores (ratones, moscas, mosquitos), problemas de olor, y una degradación de la belleza paisajística</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Pozos sépticos artesanales contruidos cerca de fuentes de agua natural. 	<p>Para evitar problemas ambientales y de salud pública, lo ideal sería la construcción de un sistema de alcantarillado, pero como medidas inmediatas se podría realizar un control en la construcción de pozos sépticos, capacitación en el correcto mantenimiento de los mismos para evitar colapsos, así como evaluar lugares óptimos de construcción sin que tengan afectaciones ambientales.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Actividades recreativas no controladas con una fuerte afección ambiental a nivel de flora y fauna. 	<p>Control de las actividades recreativas. Campañas de sensibilización a la población y visitantes de la importancia del cuidado ambiental.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de la escasa vegetación por la transformación del espacio natural. 	<p>Actuaciones de revegetación con especies de flora autóctona para reducir los niveles de erosión.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de suelos por extracción de áridos. 	<p>Regular la actividad económica para reducir el impacto negativo de la extracción, adecuándolo al ritmo de la renovación de recursos. Actuaciones correctoras de recuperación del suelo para una mejora de la cubierta vegetal natural.</p>

4.3. Identificación de Unidades Ambientales

Una Unidad Ambiental (UA), es una unidad territorial jerárquica que sintetiza las características del medio natural y que es homogénea con respecto a sus características geomorfológicas a su interior. En lo que respecta a otros de sus parámetros sintéticos ambientales, es heterogénea, por lo que se distingue de las áreas con las que limita; está constituida a su interior por unidades homogéneas jerárquicas más pequeñas (subunidades y catenas). Que no son cartografiables a la escala de trabajo, espacialmente es equivalente a una unidad geomorfológica. La obtención de las UA debe basarse en

una división natural del relieve, en este caso los límites de las unidades geomorfológicas individuales, obtenidas por medio de una regionalización geomorfológica, son los límites de las UA, pues es sobre las formas del relieve en donde ocurren las interacciones ambientales (geología, clima, suelo, vegetación, etc.) y las actividades humanas (Arellano, 2001).

En base a las unidades geomorfológicas se identificaron un total de 52 UA, cada una de ellas cuenta con un código numérico con el que se realizó el “cruce” con los mapas temáticos generados; se agruparon a su vez en unidades mayores UM apreciables en el mapa de la Figura 36, de acuerdo al origen de las mismas, facilitando así su entendimiento y presentado en una tabla sintética (Ver Tabla 27), en la que se puede observar la relación que existe con los componentes ambientales seleccionados para el presente estudio.

A continuación, se detallan las unidades mayores (UM)

- **UM 1:** De origen exógeno de inundación, compuesto por dos UA (ambas lagunas) de la cuenca del río Achocalla, esta unidad se encuentra en una altitud entre 3809 y 3828 [m.s.n.m.], con una pendiente de entre 2 a 7% y un relieve relativo muy bajo de 33.97 a 45.17 (m). La textura sobre la que se desarrolla varía de Franco arcillosa (FY) a Limosa (L). Ambas unidades se desarrollaron sobre Deslizamientos de terreno (Qd), y presentan una litología variada entre gravas, arenas, limos y arcillas. Entre los problemas ambientales figuran los usos recreativos no regulados que derivan en la acumulación de residuos, como también problemas mayores como lo son la contaminación con aguas residuales de la laguna “Jacha Khota” o Pacajes.
- **UM2:** Unidad de origen exógeno acumulativo; está conformada por 6 UA (Conos o lóbulos Rotacionales). Se localiza en una variación altitudinal de 3909 a 3954 [m.s.n.m.], con una pendiente aproximada de 7 a 30%. El relieve relativo se encuentra entre 90.37 a 114.22 (m). La textura de suelo que predomina es la Franca (F) y Franco arcillosa (FY). La vegetación se compone por: Cultivos con pastizales (Ct/P), Cultivos con parches de árboles (Ct/A) y Gramíneas con arbustos dispersos (G/Ad). En esta unidad la mayoría de los sitios se caracterizan por tener uso de suelos perteneciente a un sistema agrosilvopastoril (Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales), seguido del Zonas urbanas (continuas y discontinuas). Geológicamente está conformada por Depósitos glaciales, Fluvio – glaciales (Qfg), seguido de Deslizamientos de terreno (Qd) y parte del cauce pertenece a la Formación

La Paz (Tlpz). Litológicamente se caracteriza por el predominio de bloques (gravas), arenas, limos y arcillas. Se identificaron también deslizamientos en las unidades ambientales 47 y 49. De manera general, como problemáticas ambientales existe una pérdida del área del bofedal en la unidad 44, además de tala de árboles por cambios de uso de suelo.

- **UM3:** Se conforma por tres unidades ambientales que son de origen exógeno mixto: gravitacional, meteorización y erosión. Presenta altitudes entre 4104 a 3991 [m.s.n.m.]. y una pendiente de 30 a 70%; el relieve relativo se encuentra entre 93.02 a 95.07 (m). La textura del suelo es Franca (F) y Franco arcillosa (FY). Se compone de vegetación Herbácea-arbustiva (H/A), que a su vez como uso corresponde "Protección", ya que también tendría áreas de tierras desnudas y degradadas. Se desarrolla sobre depósitos Glaciales, Fluvio Glaciales (Qfg), y que litológicamente está compuesto por limos, arenas, gravas, arcillas, guijarros, cantos y bloques. Se detectaron además procesos morfodinámicos relacionados con deslizamientos, flujo de detritos y erosión en surcos. Una de las problemáticas ambientales más frecuente es el vertedero de escombros y residuos domésticos, además de la presión urbana.
- **UM4:** Se compone de 12 UA de origen exógeno denudativo, con una amplia variación altitudinal de 3692 a 3886 [m.s.n.m.], de pendiente 2 a 15% en promedio y aproximadamente de 47.85 a 105.5 (m) de relieve relativo. En cuanto a textura de suelo, la que predomina es la Franco Arcillosa (FY), seguida de la Limosa (L). La vegetación presente es bastante heterogénea, debido a que se presentan cultivos con parches de árboles (Ct/A) de manera dominante, matorrales – gramíneas (M/G) y cultivos temporales con pastizales (Ct/P). La cobertura y uso de suelo que predomina se encuentra en la categoría de "zonas urbanas" con áreas urbanizadas discontinuas, como también sistema agrosilvopastoril (mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales). La temporalidad del relieve varía de depósitos de Deslizamiento de Terreno (Qd), a estar desarrollado en gran parte de la Formación La Paz (Tlpz). La litología es variada, con presencia de gravas, arenas, limos, arcillas y arcillas limosas. Se detectaron también en 2 UA procesos morfodinámicos relacionados con deslizamientos, y erosión pluvial: laminar, surcos, cárcavas y tierras malas. Los problemas ambientales identificados son: presencia de residuos sólidos, aumento de la presión urbanística, actividades recreativas no controladas y pozos sépticos artesanales construidos cerca de fuentes de agua natural.

- **UM5:** La unidad mayor está compuesta por 2 UA, que tienen un tipo de relieve de depósitos de Flujo de lodo, por lo que son de origen exógeno de transporte. Presentan una altitud de 3488 y 3588 [m.s.n.m.], con una pendiente que oscila entre 7 a 15% y de relieve relativo de 70.72 a 59.63 (m). La textura de suelo presente en las unidades va de Franca (F) a Franco Arcillosa (FY). La vegetación del área se compone principalmente de suelos desnudos con herbazales dispersos (S/Hd) y herbazales con arbustos dispersos (Ha/Bd), por lo que la cobertura y uso actual del suelo corresponde a protección al tratarse principalmente de tierras desnudas y degradadas, seguido de uso residencial con áreas urbanas discontinuas. El relieve se desarrolló sobre depósitos de la Formación La Paz (Tlpz), como sobre el torrente de barro (Qb). La litología que predomina son las arcillas limosas, arcillas y gravas. Ambas unidades presentan erosión pluvial en distintos grados como ser: laminar y surcos. Como problemática ambiental se tiene la pérdida de la escasa vegetación por la transformación del espacio natural por ser habilitado para futuras construcciones urbanas.
- **UM6:** El relieve que domina esta unidad mayor son las superficies de explanación (4 UA), que en altitud varían de 3506 a 3737 [m.s.n.m.], con una pendiente de 7 a 15%; el relieve relativo es de 65.11 a 72.47 (m) aproximadamente. La textura de suelo de esta unidad es la Franca arcillosa (FY). Los suelos desnudos predominan las UA, entrando en la categoría de “protección” (en cobertura y uso actual del suelo) al tratarse de áreas de tierras desnudas y degradadas. La geología sobre la que se desarrolla son depósitos de la Formación La Paz (Tlpz) y el Torrente de Barro (Qb). Litológicamente se encuentran: arcillas limosas, arcillas y gravas. Entre los problemas ambientales presentes, se encuentra el elevado riesgo de erosión por la nulidad de vegetación debido a la misma habilitación de espacios para construcciones, además de una importante transformación del paisaje natural.
- **UM7:** Unidad mayor conformada por 11 UA que deben su origen a procesos exógenos de meteorización y erosión. Las altitudes varían desde 3676 a 4022 [m.s.n.m.], la pendiente oscila de 2 al 70%; el relieve relativo va de 60.36 a los 135.05 (m). El tipo de textura de suelos que predomina son Francos arcillosos (FY) y Limosos (L). En la unidad predominan los Suelos desnudos (S) y Herbazales con arbustos dispersos (Ha/Bd), y solo en parte de las UA existirían cultivos con parches de árboles (Ct/A). La cobertura y uso actual del suelo se caracterizaría por ser protección al existir tierras desnudas y degradadas y vegetación herbácea, solo parte de ella se conformaría de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales. Geológicamente,

las UA se desarrollan en depósitos de la Formación La Paz (Tlpz), Depósitos de deslizamiento de terreno (Qd) y una pequeña parte sobre depósitos glaciales y fluvio glaciales (Qfg); de esta manera la litología también varía de limos, arenas, gravas, arcillas, bloques, y arcillas limosas. Se identificaron distintos procesos morfodinámicos en 7 UA, que van de erosión laminar, surcos, cárcavas a deslizamientos. Uno de los principales problemas del área es la acumulación de residuos sólidos y escombros.

- **UM8:** Se compone de dos UA del tipo de relieve: Cauce aluvial, se encuentra entre altitudes de 3757 a 3867 [m.s.n.m.], la pendiente va desde 7 a 15%, y el relieve relativo sin variación significativa apreciable de 79.91 a 80 (m), se compone de suelos con textura Franco arcillosa (FY) y Limosa principalmente. La cobertura y uso actual del suelo pertenece a la categoría de protección al ser zonas arenosas naturales. Las unidades ambientales se desarrollan sobre depósitos de deslizamiento (Qd), torrente de barro (Qb), y una mayor parte en la formación La Paz (Tlpz). Predomina la litología compuesta por arcillas limosas, arcillas y gravas. En 5 UA se detectaron procesos morfodinámicos de: erosión en surcos y deslizamiento traslacional. Una problemática frecuente en las UA es que en muchas de ellas se encontraron desechos sólidos cercanos a cultivos.
- **UM9:** Esta unidad mayor se compone de 10 UA de tipo terraza de erosión de origen fluvial exógeno de erosión; su altitud varía entre 3607 a 3828 [m.s.n.m.], y se encuentra entre pendientes de 2 a 15%; el relieve relativo que presenta va de 57.22 a 98.15 (m). La textura de suelos sobre la que se desarrolla varía de Limosa a Franco arcillosa; la vegetación que predomina son los Cultivos temporales con parches de árboles (Ct/A), aunque también se logra encontrar Suelos desnudos con herbazales dispersos (S/Hd); su categoría de uso pertenece al sistema agrosilvopastoril y al de protección al tener tierras desnudas y degradadas. Litológicamente se compone de manera predominante de arcillas limosas, arcillas y gravas, y geológicamente se desarrolla sobre la Formación La Paz (Tlpz) y Depósitos de deslizamiento (Qd). Se identificaron procesos morfodinámicos en 5 UA, entre los que se encuentran erosión en surcos y flujo de tierra. La problemática ambiental recurrente en el área es la cercanía a los cultivos de desechos sólidos.

Figura 36

Unidades Mayores – Ambientales de la microcuenca del río Achocalla

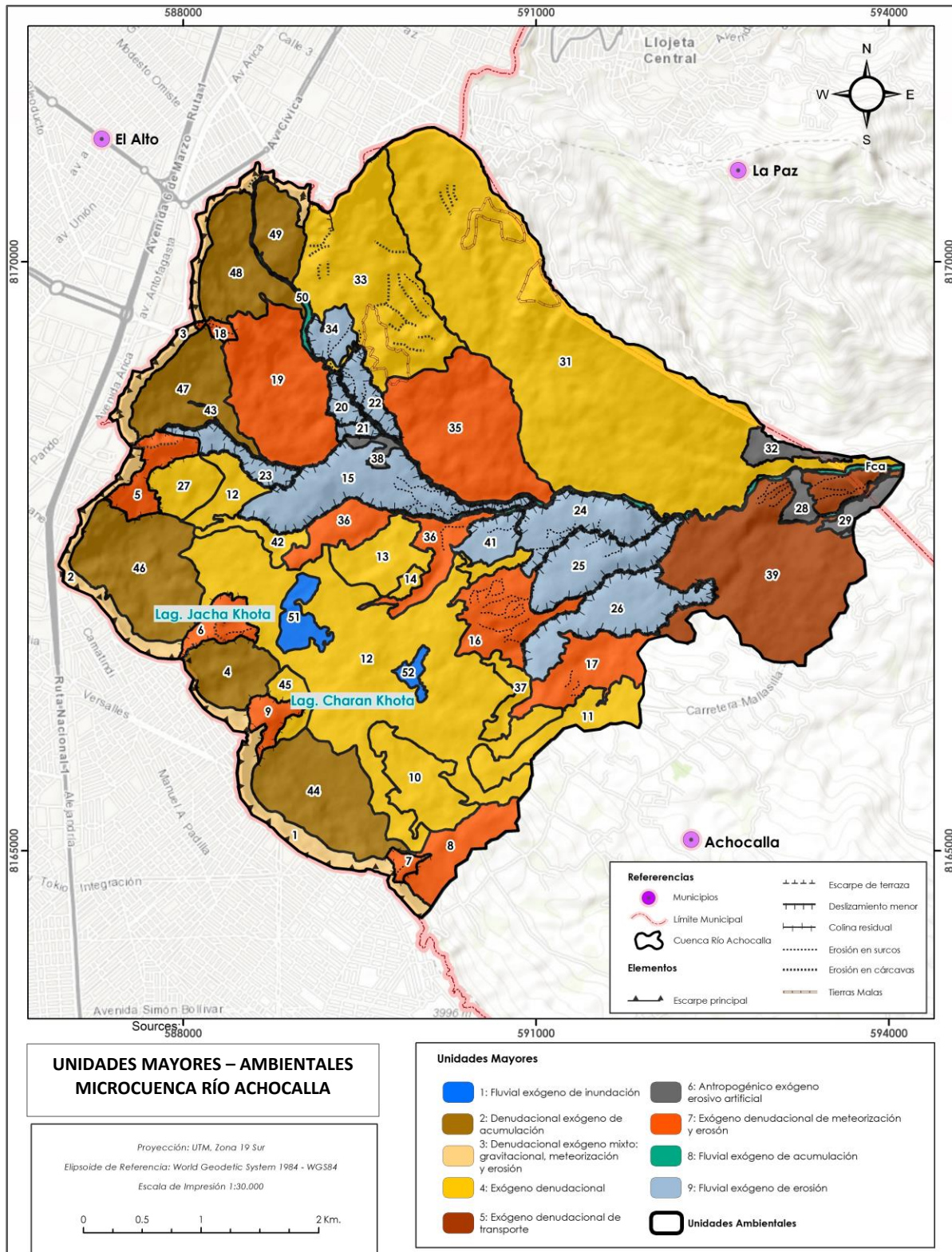


Tabla 27

Características de las unidades ambientales de la microcuenca del río Achocalla

UM	ORIGEN	N° Unidad Ambiental	Tipo de Relieve	Morfometría			Textura del Suelo	Vegetación	Cobertura y Uso Actual	Temporalidad		Procesos Morfodinámicos	Problemáticas Ambientales	Recomendaciones de uso
				Altitud [m.s.n.m.]	Pendiente [%]	RR [m]				Geología	Litología			
1	Fluvial exógeno de inundación	51	Laguna Achocalla	3828	2-7	45.17	FY, L	-	CAN	Qd	Bloques (gravas), arenas, limos y arcillas	-	-Acequias con aguas negras que desembocan en la laguna principal de Achocalla. -Desarrollo de actividades recreativas incontroladas que generan además acumulación de residuos.	-UA: 51, 52. Ambas lagunas son los principales atractivos turísticos del municipio, por lo que es importante mantener la dinámica económica que existe, teniendo en cuenta la adecuación de espacios turísticos que ayuden a mantener la belleza de los espacios naturales y su biodiversidad.
		52	Laguna Marquirivi	3809	2-7	33.97	FY, L	-	CAN	Qd	Bloques (gravas), arenas, limos y arcillas	-		
2	Denudacional exógeno de acumulación	4	Cono o lóbulo Rotacional	3929	15-30	108.46	FY, F, L	Ct/A, H/A, S/Hd, U	MCPE, TDD, AUD, VH-A	Qd, Qfg	Bloques (gravas), arenas, limos y arcillas	-	-Reducción del área de bofedal por asentamientos humanos. -Eliminación de la cubierta arbórea para cambios de uso del suelo.	- UA: 4, 44, 46, y 47 Se desarrollan actividades agropecuarias, sin embargo, se observó que no cuentan con sistema de riego alguno, por lo que se recomienda su implementación para potenciar la producción de los cultivos. -UA: 48, 49 se debe establecer un control de los asentamientos humanos en ambas UA, debido a las altas pendientes y escasa de vegetación.
		44	Cono o lóbulo Rotacional	3926	7-15	90.98	FY, F	Bo, Ct/A, Ct/P, H/A, S/Hd, U	MCPE, TDD, VH-A	Qd, Qfg	Limos, arenas, gravas y arcillas	-		
		46	Cono o lóbulo Rotacional	3929	7-15	99.37	FY, F	Ct/A, H/A, S/Hd, U	AUD, MCPE, TDD, VHA	Qd, Qfg	Bloques (gravas), arenas, limos y arcillas	-		
		47	Cono o lóbulo Rotacional	3909	7-15	112.24	FY, F, L	Ct/A, G/Ad, H/A, Ha/Bd, S/Hd, U	AUD, MCPE, TDD, VH-A	Qa, Qd, Qfg	Limos, arenas, gravas y arcillas	Deslizamiento traslacional		
		48	Cono o lóbulo Rotacional	3954	15-70	111.92	FY, F, L	Ct/P, G/Ad, H/A, Ha/Bd, S, S/Hd, U	AUC, HD, MCPE, TDD, VH-A	Qd, Tlpz, Qfg	Arcillas limosas, arcillas y gravas	-		
		49	Cono o lóbulo Rotacional	3989	15-70	114.22	F	E, Ha/Bd, S, S/Hd, U	AUC, AUD, B, HD, TDD	Tlpz, Qfg	Limos, arenas, gravas y arcillas	Deslizamiento traslacional		
3	Denudacional exógeno mixto: gravitacional, meteorización y erosión	1	Escarpe de erosión mayor	3991	30-70	93.02	FY, F	Ct/A, Ct/P, H/A, Ha/Bd, S/Hd	MCPE, TDD, AUD, VH-A	Qfg	Limos, arenas, gravas, arcillas, guijarros, cantos y bloques	Deslizamiento traslacional, Surcos	-Aumento de la presión urbanística. Vertederos de escombros y residuos de origen doméstico. -Viviendas sin sistema de alcantarillado sanitario que vierten sus excretas al medio natural.	- UA: 1, 2, 3 Al ser unidades riesgosas (suelos, pendientes), quedarían restringidos los asentamientos humanos, en cambio se deberían reforestar para prevenir deslizamientos y procesos erosivos.
		2	Escarpe de erosión mayor	3991	30-70	95.07	FY, F	Ct/A, H/A, S/Hd	MCPE, TDD, AUD, VH-A	Qfg	Limos, arenas, gravas, arcillas, guijarros, cantos y bloques	Deslizamiento traslacional		
		3	Escarpe de erosión mayor	4104	30-70	95.5	FY, F, L	Aa, H/A, S, S/Hd, U	B, TDD, AUC, VH-A, ZAN	Qfg	Limos, arenas, gravas, arcillas, guijarros, cantos y bloques	Deslizamiento traslacional, Flujo de detritos		
4	Exógeno denudacional	10	Planicie colinada residual	3859	2-7	60.61	FY, F	Ct/P, Bo, U	Bo, MCPE, AUD	Qd, Qfg	Bloques (gravas), arenas, limos y arcillas	-	-Puntos de vertidos de escombros y residuos de origen doméstico. -Aumento de la presión urbanística entorno al núcleo urbano. -Pozos sépticos artesanales construidos cerca de fuentes de agua natural.	- UA: 10, 11, 12, 13, 14, 27, 37, 40, 42, 45 Las UA se encuentran ocupadas por espacios urbanos, por lo que es recomendable aplicar programas dirigidos al desarrollo social y poder elevar la calidad de vida de los habitantes e implementación de servicios básicos. Estas áreas son potencialmente urbanizables debido a su aparente estabilidad.
		11	Planicie colinada residual	3751	7-15	47.85	FY, F	Ct/P, Ha/Bd, S/Hd, U	HD, MCPE, TDD, AUD	Qd	Bloques (gravas), arenas, limos y arcillas	-		
		12	Planicie	3824	2-7	57.03	FY, F, L	Bo, Ct, Ct/A, Ct/P, Ha/Bd, S/Hd, U	HD, Bo, MCPE, TDD, AUD, VH-A	Qd, Qfg, Tlpz	Arcillas limosas, arcillas y gravas	-		
		13	Planicie colinada residual	3751	7-15	70.23	FY, F	Ct/A, S/Hd, U	MCPE, TDD, AUD	Qd, Tlpz	Bloques (gravas), arenas, limos y arcillas	-	-Actividades recreativas no controladas con una fuerte afección ambiental a nivel de flora y fauna. -Transformación del paisaje natural	En el caso de los cultivos, se recomienda implementar sistemas de riego permitiéndose así mejorar las técnicas agropecuarias y
		14	Planicie	3772	2-7	73.31	FY, F	Ct/A, U	MCPE	Qd, Tlpz	Arcillas limosas, arcillas y gravas	-		
		27	Planicie colinada residual	3882	7-15	94.43	FY, L	Ct/A, Ct/P, U	AUD, MCPE, VH-A	Qd	Bloques (gravas), arenas, limos y arcillas	-		

UM	ORIGEN	N° Unidad Ambiental	Tipo de Relieve	Morfometría			Textura del Suelo	Vegetación	Cobertura y Uso Actual	Temporalidad		Procesos Morfodinámicos	Problemáticas Ambientales	Recomendaciones de uso
				Altitud [m.s.n.m.]	Pendiente [%]	RR [m]				Geología	Litología			
4	Exógeno denudacional	31	Serranía Denudada	3799	7-15	104.13	FY, F, L	E, M/G, S, S/Hd	AUD, B, M-G, TDD, ZAN	Qa, Tlpz, Qfg, Qb	Arcillas limosas, arcillas y gravas	Tierras malas, Deslizamiento traslacional	-UA: 31, 33. Ambas presentan escasa presencia de vegetación, además de procesos morfodinámicos activos. Se deben controlar y en lo posible evitar los asentamientos humanos.	
		33	Lomo denudado moderado de longitud larga	3909	7-15	126.9	FY, F, L	E, Ct/P, Ha/Bd, M/G, S, S/Hd	AUD, B, HD, M-G, MCPE, TDD, ZAN	Qa, Qd, Tlpz, Qfg	Bloques (gravas), arenas, limos y arcillas	Deslizamiento traslacional, Surcos, Laminar, cárcavas, Tierras malas		
		37	Planicie colinada residual	3753	7-15	74.04	F, FY	Ct/P, Ha/Bd, U	AUD, HD, MCPE	Qd, Tlpz	Arcillas limosas, arcillas y gravas	-		
		40	Planicie colinada residual	3692	7-15	82.09	F	Ct, Ha/Bd, U, S/Hd	AUD, HD, MCPE, TDD	Tlpz	Arcillas limosas, arcillas y gravas	-		
		42	Planicie colinada residual	3810	2-7	54.94	FY, L	Ct/A, S/Hd, U	AUD, MCPE, TDD	Qd, Tlpz	Bloques (gravas), arenas, limos y arcillas	-		
		45	Planicie colinada residual	3886	7-15	105.35	FY, F	Ct/A, Ct/P, U	AUD, MCPE, VH-A	Qd, Qfg	Limos, arenas, gravas y arcillas	-		
5	Exógeno denudacional de transporte	30	Depósitos de Flujo de Lodo	3488	7-15	70.72	FY, F	S, S/Hd	TDD, ZAN	Tlpz, Qb	Arcillas limosas, arcillas y gravas	Surcos	-Transformación del paisaje natural.	-UA: 30, 39 Ambas unidades presentan procesos erosivos activos, se suma a ello la escasa vegetación y transformaciones del paisaje, se sugiere reforestar las áreas con especies nativas u árboles.
		39	Depósitos de Flujo de Lodo	3588	7-15	59.63	FY, F	Ct/A, Ha/Bd, P/Bd, S, S/Hd, U	AUD, HD, M-G, MCPE, TDD, ZAN	Qd, Tlpz, Qb	Arcillas limosas, arcillas y gravas	Laminar, Laminar-Surcos, Surcos		
6	Antropogénico exógeno erosivo artificial	28	Superficies de explanación	3506	7-15	72.47	FY, F	S, S/Hd	TDD, ZAN	Tlpz, Qb	Arcillas limosas, arcillas y gravas	-	-Incremento del riesgo de erosión derivado de la ausencia de vegetación y la habilitación de espacios para construcciones. -Transformación del paisaje natural.	-UA: 28, 29, 32, 38 Unidades que se encuentran proceso de urbanización. No se debe subestimar las condiciones del suelo y los procesos erosivos artificiales a los que se encuentran sujetos; se debe además controlar la densidad de asentamientos en estas áreas y de manera ideal adelantar obras de mitigación.
		29	Superficies de explanación	3515	7-15	69.8	FY, F	S, S/Hd, U	AUD, TDD, ZAN	Tlpz, Qb	Arcillas limosas, arcillas y gravas	-		
		32	Superficies de explanación	3515	7-15	67.11	FY, F, L	M/G, S	M-G, TDD	Tlpz, Qb	Arcillas limosas, arcillas y gravas	-		
		38	Superficies de explanación	3734	7-15	65.11	FY	Ct/A, Ha/Bd, S	HD, MCPE, ZAN	Qd, Tlpz	Arcillas limosas, arcillas y gravas	-		
7	Exógeno denudacional de meteorización y erosión	5	Colina Residual Disectada	3949	15-30	107.5	FY, F	S/Hd	MCPE, TDD, AUD, VH-A	Qd, Qfg	Limos, arenas, gravas, arcillas, bloques	Cárcavas Deslizamiento traslacional, Cárcavas	-Pérdida de la escasa vegetación por la transformación del espacio natural.	-UA: 5, 6, 7, 9, 18, 36 Unidades en las que es altamente recomendable promover su conservación y protección debido a los procesos morfodinámicos existentes, el tipo de suelo y la geoforma misma. - UA: 8, 36, 17, 19, 35 Se debe consolidar el uso actual que estaría enfocado en actividades agropecuarias. Respecto a los procesos morfodinámicos identificados, se deben emprender acciones de mitigación.
		6	Colina Residual Disectada	3929	15-30	97.88	FY, L	H/A, S/Hd	MCPE, TDD, VH-A	Qd, Qfg	Bloques (gravas), arenas, limos y arcillas	-		
		7	Colina Residual Disectada	3969	30-70	86.29	FY, F	S/Hd	MCPE, TDD, VH-A	Qd, Qfg	Bloques (gravas), arenas, limos y arcillas	-		
		8	Lomo Denudado	3907	2-7	60.36	FY, F	S/Hd, U	MCPE, TDD, AUD	Qd, Qfg	Limos, arenas, gravas, arcillas, guijarros, cantos y bloques	Surcos		
		9	Colina Residual	3929	15-30	135.05	FY, F	Ct/A, H/A, Ha/Bd, S/Hd, U	MCPE, TDD, VH-A	Qd, Qfg	Limos, arenas, gravas, arcillas, guijarros, cantos y bloques	-		

UM	ORIGEN	N° Unidad Ambiental	Tipo de Relieve	Morfometría			Textura del Suelo	Vegetación	Cobertura y Uso Actual	Temporalidad		Procesos Morfodinámicos	Problemáticas Ambientales	Recomendaciones de uso
				Altitud [m.s.n.m.]	Pendiente [%]	RR [m]				Geología	Litología			
7	Exógeno denudacional de meteorización y erosión	16	Montículos y ondulaciones denudacionales	3711	7-15	78.67	FY, F	Ct, Ct/A, Ct/P, Ha/Bd, S/Hd, U	AUD, HD, MCPE, TDD	Qd, Tlpz	Bloques (gravas), arenas, limos y arcillas	Laminar, laminar- Surcos		
		17	Montículos y ondulaciones denudacionales	3691	7-15	70.17	FY, F	Ct/A, Ct/P, Ha/Bd, S/Hd, U	AUD, HD, MCPE, TDD	Qd, Tlpz	Bloques (gravas), arenas, limos y arcillas	Laminar - Surcos		
		18	Colina Residual Disectada	4022	7-15	126.19	L, F	G/Ad, H/A, Ha/Bd, S/Hd	AUD, HD, TDD, VH-A	Qd, Qfg	Limos, arenas, gravas, arcillas, guijarros, cantos y bloques	-		
		19	Montículos y ondulaciones denudacionales	3858	7-15	90.73	FY, F, L	Ct/A, Ct/P, G/Ad, Ha/Bd, S, S/Hd, U	AUD, HD, MCPE, TDD, VH-A, ZAN	Qd, Tlpz	Arcillas limosas, arcillas y gravas	Deslizamiento traslacional, Laminar - Surcos		
		35	Montículos y ondulaciones denudacionales	3676	7-15	81.37	FY, F, L	Ct/P, M/G, S, S/Hd	M-G, MCPE, TDD, ZAN	Qd, Tlpz	Bloques (gravas), arenas, limos y arcillas	-		
		36	Montículos y ondulaciones denudacionales	3731	7-15	69.02	FY, F, L	Ct, Ct/A, S, S/Hd, U	AUD, MCPE, TDD, ZAN	Qd, Tlpz	Bloques (gravas), arenas, limos y arcillas	Laminar, Surcos		
8	Fluvial exógeno de acumulación	43	Cauce aluvial	3867	7-15	80	FY, L	S	ZAN	Qd, Qfg	Bloques (gravas), arenas, limos y arcillas	-	-Pérdida de suelos por extracción de áridos. -Contaminación de cursos de agua por el depósito de residuos sólidos.	-UA: 43, 50 Unidades propicias para la intervención por medio de obras de mitigación, así como el control de actividades económicas (extracción de áridos).
		50	Cauce aluvial	3757	7-15	79.91	FY, F, L	S	ZAN	Qd, Tlpz, Qfg, Qb	Arcillas, limos, arenas y gravas	-		
9	Fluvial exógeno de erosión	15	Terraza de erosión	3715	7-15	64.37	FY, F, L	Ct/A, Ha/Bd, M/G, S, S/Hd, U	HD, M-G, MCPE, TDD, AUD, ZAN	Qd, Tlpz	Arcillas limosas, arcillas y gravas	Surcos		
		20	Terraza de erosión	3753	2-7	73.08	L, FY	Ct/P, Ha/Bd	HD, MCPE, ZAN	Qd, Tlpz	Arcillas limosas, arcillas y gravas	-		
		21	Terraza de erosión	3727	7-15	62.95	L, FY	Ct/A, Ha/Bd, S	HD, MCPE, ZAN	Qd	Arcillas limosas, arcillas y gravas	-		
		22	Terraza de erosión	3772	7-15	91.39	FY	Ct/P, M/G, S, S/Hd	M-G, MCPE, ZAN	Qd, Tlpz	Arcillas limosas, arcillas y gravas	-		
		23	Terraza de erosión	3867	7-15	68.52	FY, L	Ct/A, Ct/P, U	AUD, MCPE	Qd, Tlpz, Qfg	Limos, arenas, gravas, arcillas, guijarros, cantos y bloques	Flujo de tierra		
		24	Terraza de erosión	3607	2-7	68.39	FY, F	Ct, S, S/Hd, U	AUD, HD, MCPE, TDD, ZAN	Tlpz	Arcillas limosas, arcillas y gravas	Surcos		
		25	Terraza de erosión	3607	2-7	65.14	FY, F	Ct, Ha/Bd, S, S/Hd	MCPE, TDD, ZAN	Tlpz	Arcillas limosas, arcillas y gravas	Surcos		
		26	Terraza de erosión	3671	2-7	57.22	FY, F	Ct/A, Ha/Bd, S/Hd	HD, MCPE, TDD	Qd, Tlpz	Arcillas limosas, arcillas y gravas	-		
34	Terraza de erosión	3828	7-15	98.15	FY, F, L	Ct/P, Ha/Bd, M/G, S	HD, M-G, MCPE, ZAN	Tlpz	Arcillas limosas, arcillas y gravas	-				
41	Terraza de erosión	3671	7-15	75.6	F	Ct, S, S/Hd, U	MCPE, TDD, ZAN	Tlpz	Arcillas limosas, arcillas y gravas	Surcos				

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

De acuerdo a los resultados presentados, a continuación, se señalan las conclusiones específicas obtenidas:

- Se realizó una caracterización de unidades físico ambientales del área de estudio en base a un enfoque geomorfológico, que como se pudo evidenciar proporciona información valiosa del orden y disposición del relieve en tiempo y espacio. La vinculación de los factores del paisaje como lo son la geología, relieve, textura de suelos, vegetación, cobertura y uso actual de suelos, proporcionan un panorama resumido de las condiciones individuales en cada unidad, obteniendo así un mapa de unidades mayores - ambientales con atributos del medio físico, entorno natural y las actividades socio-económicas desarrolladas en las mismas; aún a pesar de ser obtenida de cartografía temática. La información obtenida muestra en forma sencilla la vocación natural y potencial de cada unidad aparte de visualizar sus atributos de forma integrada.
- En base al uso de sistemas de información geográfica, se generó cartografía temática de acuerdo a la escala de trabajo, siguiendo lineamientos metodológicos, constituyéndose una herramienta fundamental para el desarrollo y síntesis del estudio.
- Se realizó un inventario de procesos morfodinámicos en el área de estudio; los procesos morfodinámicos se identificaron durante el recorrido en campo, encontrándose deslizamientos de manera recurrente en gran parte de la cabecera de la microcuenca del río Achocalla, a este proceso se le suma la presión urbana con viviendas que no cuentan con alcantarillado sanitario, pudiendo tener consecuencias fatales a futuro. Se identificaron procesos de erosión pluvial en distintos grados, gran parte de ellos concentrados de manera cercana al río Achocalla, así como al sur de área de estudio, lo que a su vez podría entenderse como una pérdida de suelos de manera gradual y constante.
- La información físico ambiental (geología, vegetación, cobertura y uso actual del suelo, textura de suelos, etc.) contenida en cada UA, dio como resultado una base de datos tabulares a manera de inventario, pudiéndose esta modificar, ampliar o actualizar según las necesidades y los objetivos de futuras investigaciones a realizarse.

5.2. Recomendaciones

Como resultado del trabajo realizado, se recomienda:

- Se recomienda tomar cuenta las UA como espacios que se comportan de manera homogénea al tratarse de posibles impactos, gestión o manejo de la microcuenca del río Achocalla. Se recomienda también emplear la información generada para producir información referente a estudios más específicos.
- Como una medida de mitigación es recomendable realizar una reforestación integral con especies nativas donde existan procesos morfodinámicos para reducir los niveles de erosión, especialmente en el escarpe de erosión mayor que por las condiciones del mismo relieve, podría significar un deterioro aún mayor del área en general. También como medida preventiva inmediata, realizar proyectos de mitigación puntuales teniendo en cuenta los factores ambientales de cada UA, ya que existe una constante amenaza a la población y las actividades económicas que se desarrollan en la cuenca.
- Llevar a cabo un control en el recojo y eliminación de residuos de la cuenca en general, para la recuperación de las áreas naturales.

BIBLIOGRAFÍA

- Ambrosio, G., & Gonzáles, J. (2002). *uma.es*. Recuperado el 15 de Agosto de 2020, de Universidad de Málaga:
https://www.researchgate.net/profile/Vicente_Arevalo2/publication/266478620_Correccion_Radiometrica_y_Geometrica_de_Imágenes_para_la_Deteccion_de_Cambios_en_una_Serie_Temporal_in_spanish/links/5a5f506b0f7e9b964a1cb547/Correccion-Radiometrica-y-Geometrica-
- Arellano, M. (2001). *Delimitación de Unidades Ambientales por Medio de una Regionalización Geomorfológica del Mesobloque "El Encantado", Oaxaca*. México D.F.: Facultad de Filosofía y Letras - COLEGIO DE GEOGRAFÍA.
- Arteaga, C. (2010). *Modelo de Valoración Ambiental para el Mejoramiento de la Laguna de Achocalla*. La Paz.
- Bahena, J. (2014). *Cartografía Temática de la Cuenca Hidrográfica del Sistema Lagunar Montebello, Chiapas*. Taxco El Viejo Guerrero.
- Carvajal, J. H. (2012). *Propuesta de la Estandarización de la Cartografía Geomorfológica en Colombia*. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.
- Castro, C. (12 de Enero de 2005). *Pontificia Universidad Católica de Chile*. Obtenido de UC-CL:
http://www7.uc.cl/sw_educ/geografia
- Cerignoni, F. J., & Rodrigues, V. A. (30 de Abril de 2015). PRONTUBEAM. *Cuadernos de la sociedad Española de Ciencias Forestales*, 42. Obtenido de PRONTUBEAM: <http://secforestales.org>
- Chakana. (2007). *Estudio Socio Económico e Identificación de necesidades y Potencialidades en 14 Comunidades del Municipio de Achocalla*. La Paz: Centro Integral de Desarrollo Socioeconómico y Agroecológico CHAKANA.
- Chow, V. T. (1994). *Handbook of Applied Hydrology. A Compendium of Water Resources Technology*. New York: Mc Graw - Hill Book Company.
- Chuvieco, E. (1990). *Fundamentos de Teledetección Espacial*. Madrid, España: RIALP,S.A. Recuperado el Agosto de 2020, de <http://pdfhumanidades.com/sites/default/files/apuntes/FUNDAMENTOS-DE-TELEDETECCION-EMILIO-CHUVIECO.pdf>
- Consortio Pomca Quindío. (2017). *Actualización POMCA Río La Vieja*. Bogotá D.C.: MINAMBIENTE.
- CORCUENCAS. (2019). *POMCA Río Luisa y Otros Directos al Magdalena*. Ibagué: Corporación de Cuencas del Tolima.
- De León, L. (2012). *Evaluación de la calidad de agua del río Cuareim, periodo 2006-2010. Proyecto DINAMA-PNUD. RU/07/012-TDR 3.12*.

- Dolores Garay, D. (2018). Delimitación Hidrográfica y Caracterización Morfométrica de la Cuenca del Río Anzulón. *INTA Ediciones*, 15.
- Earth Explorer. (25 de 3 de 2021). *Earth Explorer*. Obtenido de USGS: <http://earthexplorer.usgs.gov/>
- Enviromental Ingenieros Consultores LTDA. (2005). *Plan de Ordenación y Manejo de la cuenca Río Cravo Sur*. Bogotá: Consorcio POMCA.
- ESRI. (16 de Mayo de 2022). *ArcGis Pro*. Obtenido de esri.com: <https://pro.arcgis.com/>
- F, F. (2008). *Amenazas naturales en el sector oriente de la Región Metropolitana de Santiago de Chile: Los Movimientos en Masa. Tesis Doctoral*. Universidad de Zaragoza, España.
- FAO. (2001). *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*. Recuperado el 13 de Agosto de 2020, de http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/opinion/anterior/2001/vanleew.htm
- FAO. (2005). *Sistema de Clasificación de la Cobertura de la Tierra - Conceptos de Clasificación y manual para el usuario*. Italia: SDRN.
- Faustino, J. (2006). *Documento base. Manejo de Cuencas II. Curso de Postgrado*. Turrialba.
- Francois Mas, J., Reyes Diaz Gallegos, J., & Pérez Vega, A. (2003). Evaluación de la confiabilidad temática de mapas o de imágenes clasificadas: una revisión. *Investigaciones Geográficas*(51), 53-72.
- Galoppo von Borries, E. (21 de 12 de 2017). *ResearchGate*. Obtenido de ResearchGate: <https://www.researchgate.net/publication/321973941>
- GAMEPA. (2017). *Carta Orgánica del Gobierno Autónomo Municipal de Achocalla*. La Paz: Órgao Electoral Plurinacional.
- Gómez O., D. (1993). *Ordenación del Territorio - Una aproximación desde el Medio Físico*. Madrid, España: Agrícola Española S.A.
- Gomez Orea, D., & Gómez Villarino, A. (2013). *Ordenación Territorial*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Hund, L., Bedrick, E., E., J., & Pagano, M. (2015). Choosing a cluster sampling design for lot quality assurance sampling surveys. *PLoS One*, 6.
- I.G.N. (10 de Abril de 2018). *Instituto Geográfico Nacional de España*. Obtenido de Centro Nacional de Investigaciones: <http://www.ign.es/web/ign/portal>
- IDEAM. (2015). *Protoco para la identificación y Evaluación de la degradación de suelos. IDEAM-MADS-U.D.C.A*. Bogotá D.C.: IDEAM.

- IGAC. (2008). *Mapa de Cobertura de la Tierra Cuenca Magdalena-Cauca, Metodología CORINE Land Cover*. Bogotá: Publicaciones IDEAM.
- Juárez, G. M. (2016). *Delimitación de la Cuenca y Unidades Hidrográficas del Arroyo La Encantada Saltillo Coahuila Mediante el Método Pfafstetter*. Buenavista: UAAAN.
- Klaus, T., & Janssen, L. (2009). *Principles of Remote Sensing*. Enschede: The International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (ITC), The Netherlands.
- Klingebiel, A., & Montgomery, P. (1961). *Land capability classification*. Washington D.C., USA: US Government Printing Office.
- Londoño, A. C. (2001). *Cuencas hidrográficas: Bases conceptuales - Caracterización - Planificación - Administración*. Colombia: Universidad de Tolima.
- Lopez Blanco, J. (1998). Sistemas de información geográfica (SIG): conceptos, definiciones y contexto metodológico que involucra su uso. *Quivera(0)*, 27-38.
- Lux Cordona, B. (2016). *Conceptos básicos de Morfometría de Cuencas Hidrográficas*. Guatemala: Universidad de San Carlos.
- Martinez Martinez, J., & Casas Ripoll, D. (1997). Geomorfología Ambiental. *Las Palmas de Gran Canaria: Universidad, SERVICIO DE PUBLICACIONES, III*, 196.
- Martínez, S. (1 de Junio de 2020). *Grupo TYC GIS*. Obtenido de CURsos de teledetección.com: <https://www.cursosteledeteccion.com/caracteristicas-de-las-diferentes-misiones-de-sentinel/>
- Matteucci, S., & Colma, A. (1982). *Metodología para el estudio de la vegetación*. Buenos Aires: Secretaría .
- MMAyA. (2018). *Avances y Desafíos de los Organismos de Gestión de Cuenca*. La Paz: MMAyA.
- Naciones Unidas. (2002). *Naciones Unidas*. Recuperado el 13 de Agosto de 2020, de https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/WSSDsp_PD.htm
- NCGIA. (1991). *SPACE - Spatial Perspectives on Analysis for Curriculum Enhancement*. Recuperado el 20 de Agosto de 2020, de National Center for Geographic Information and Analysis: <http://www.csiss.org/SPACE/>
- Nolasco, M. (2014). Clasificación del uso de suelo en agricultura a partir de series temporales de imágenes LANDSAT. *Sociedad Argentina de Informática e investigación Operativa*, 64-73.
- Orsag C., V., León, P., Pacosaca, Y., & Castro R., E. (2013). Evaluación de la fertilidad de los suelos para la producción sostenible de quinua. *T'inkazos. Revista Boliviana de Ciencias Sociales*, 89-112.

- PDM Achocalla. (2001). *Plan de Desarrollo Municipal Achocalla 2001-2005*. La Paz.
- Pedraza. (1996). *Geomorfología, Principios, Métodos y Aplicaciones*. Madrid: Rueda.
- Pérez, S. (2019). *Plan Municipal de Fomento a la Producción Ecológica Achocalla 2019-2024*. La Paz: Practical Action Bolivia.
- Perez, S. (2019). *Practical Action Bolivia*. Recuperado el 11 de Marzo de 2021, de Practical Action Bolivia: <http://practicalaction.org.bo>
- PERU LNG S.R.L. (2 de Abril de 2017). *Programa de Evaluación y Monitoreo de la Biodiversidad (BMAP)*. Obtenido de BMAP: <https://www.bmap.pe/>
- Picone, N. (2017). *Comparación de imágenes satelitales Sentinel 2 y Landsat 8 en el estudio de áreas Urbanas*. Buenos Aires: inproceedings.
- PTDI GAM Achocalla. (2019). *Plan Territorial de Desarrollo Integral del Gobierno Autonomo Municipal Ecológico Productivo de Achocalla*.
- Richards, J. A. (1993). *Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction*. Berlin: Springer-Verlag.
- S.G.C. (2012). *Glosario de subunidades geomorfológicas*. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.
- S.G.C. (2017). *Clasificación de movimientos en masa y su distribución en terrenos geológicos de Colombia. Publicaciones especiales Geológicas*. Bogotá, D.C.: Grupo de Participación Ciudadana y Comunicaciones.
- Sanchovarto, R. (30 de Abril de 2016). *Aprender de Vino*. Obtenido de aprender de vino.es: <https://www.aprenderdevino.es/suelos-textura/>
- SEIE-ME. (12 de 2019). *SEIE-ME*. Recuperado el 2 de 3 de 2021, de Ministerio de Educación: <http://seie.minedu.gob.bo>
- SIE-ME. (2 de Marzo de 2021). *Ministerio de Educación*. Recuperado el 2 de 3 de 2021, de SIGEE: <https://sigee.sie.gob.bo/>
- SI-SPIE. (2017). *MPD*. Recuperado el 2 de 3 de 2021, de Viceministerio de Planificación y Coordinación: <http://si-spie.planificacion.gob.bo>
- Soria F., A. (1990). *Informe de Reconocimiento Hidrogeológico del Valle de Achocalla*. La Paz: Servicio Geológico de Bolivia.
- Strecker, M. (2011). Los Petroglifos de Achocalla, La Paz - patrimonio perdido. *Textos Antropológicos*, 16(1), 97-124.

- Suárez, N., & Suárez, J. (2006). *Caracterización, análisis y diagnóstico de los flujos de lodos y detritos en la cuenca de la quebrada angulito en girón, Santander*. Bucaramanga: U.I.S.
- Tapia Valera, G., & Lopez Blanco, J. (2001). Mapeo geomorfológico analítico de la porción central de la cuenca de Mexico: unidades Morfogenéticas a escala 1:100.000. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 19(1), 50-65.
- Thornbury, W. (1966). *Principios de Geomorfología*. Buenos Aires: Kapelusz.
- Valenzuela, C. O. (2006). Contribuciones al análisis del concepto de escala como instrumento clave en el contexto multiparadigmático de la Geografía Contemporánea. *Investigaciones Geográficas (Mx)*(59), 123-134.
- Van Zuidam. (1986). *Aerial Photointerpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping*. Holanda: Smits Publisher the Hague.
- Van Zuidam, R. A. (1973). *Guide to Geomorphological photointerpretation, Subdepart. Geography*. ITC, Enschede.
- Vargas, C., & Briones, C. (2013). Conciencia ambiental de los habitantes de la colonia Emilio Portes Gil en la H. Matamoros, Tamaulipas. *Revista Luna Azul*, 15-22.
- Vásquez V., A. (2016). *Manejo y Gestión de Cuencas Hidrográficas*. Lima: UNALM.
- Verstappen, H. T., & Van Zuidam. (1991). The ITC System of Geomorphologic Survey. *ITC Publicatios*(10), 28-41.
- Viers, G. (2005). *Geomorfología*. Oikos Tau.
- Villota, H. (2005). *Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de Tierras*. Bogotá: NACIONAL.
- Wang, X., Li, Y., & Shen, Z. (2014). Is urban development an urban river killer? A case study of Yongding Diversion Channel in Beijing. *Journal of Enviromental Sciences*, 1232-1237.
- World Vision. (2013). *Manual de Manejo de Cuencas*. Canadá.
- Zink, J. (2012). *Geopedología. Elementos de geomorfología para estudios de suelos y riesgos naturales*. Enschede: ITC Special Lecture Notes Series.

ANEXOS

Anexo 1 Cronograma de Actividades

ACTIVIDADES	MESES																											
	SEMANAS																											
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
FASE I: PRE-CAMPO																												
Preparación del perfil	■	■	■	■	■	■																						
Recopilación de Información					■	■	■	■																				
Actualización de base cartográfica								■																				
Procesamiento DEM, Imagen satelital								■																				
Delimitación de unidades geomorfológicas y otras temáticas; generación de cartografía base y temática preliminar									■	■																		
Generación de planilla de campo										■																		
FASE II: CAMPO																												
Levantamiento y validación de información. Reconocimiento e identificación de problemáticas ambientales												■	■	■	■													
FASE III: POST-CAMPO																												

ACTIVIDADES	MESES																											
	SEMANAS																											
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Sistematización de información recopilada en campo; generación de cartografía temática																												
Diagnóstico de la cuenca de estudio																												
Delimitación de Unidades Morfogenéticas. Identificación de las Unidades Ambientales																												
Preparación del primer borrador																												

Anexo 2 Planilla de campo

PLANILLA DE CAMPO				
Fecha:			Fotografía N°:	
Posición Geográfica		X:	Y:	Altura:
Cobertura y uso actual del Suelo	(%)	Vegetación	(%)	Geoforma (Croquis y descripción)
Cultivos Heterogéneos - Pastos		Árboles		
Forestal - Arbustal		Arbustos		
Herbazal disperso		Herbazal		
Suelos desnudos		Cultivos		
Construcciones		Pastizal		
Zonas arenosas		Suelo desnudo		
Cuerpos de agua		Otro:		
EROSIÓN PLUVIAL				Descripción de problemas ambientales:
Tierras malas		Surcos		
Cárcavas		Laminar		
Otro:				
MOVIMIENTO EN MASA				Croquis del movimiento
Tipo de Movimiento		Tipo de Material		
Deslizamiento rotacional		Detritos		
Deslizamiento translación		Suelo		
Flujos		Lodo		
Otro:				

Anexo 3 Datos de precipitación diaria (mm) SENAMHI 2011-2021

Estación:	Achocalla	Latitud Sud:	16° 34' 52"
Departamento:	La Paz	Longitud Oeste:	68° 9' 39"
Provincia:	Murillo	Altitud m/s/n/m:	3764

DATOS DE: PRECIPITACIÓN DIARIA (mm)

AÑO: 2011

DIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	0.0	0.9	4.2	0.0	0.0	0.0	4.7	0.0	0.0	0.0	2.0	6.4	18.2
2	0.0	0.5	4.0	0.2	5.1	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	11.4
3	2.7	5.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	0.0	10.0
4	0.0	8.2	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.7
5	0.0	5.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0
6	0.0	0.2	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	2.2
7	0.0	19.7	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	24.8
8	1.3	12.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.4	0.0	0.0	28.4
9	0.0	2.4	20.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	22.9
10	0.0	8.3	0.3	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	10.2
11	4.2	1.4	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.3	7.0
12	22.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	23.2
13	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.2	28.4
14	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.8	18.2
15	5.5	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	4.3	14.5
16	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.3	12.8
17	1.6	7.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	11.6
18	0.0	0.9	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	6.4	13.8
19	0.0	0.9	18.2	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	4.1	0.0	24.2
20	0.0	11.9	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	0.0	8.5	1.1	25.9

21	0.6	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.4	3.5
22	4.2	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	15.9	9.6	34.0
23	1.8	17.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	17.6	38.4
24	0.9	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0	20.0	26.4
25	6.1	41.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	0.0	0.0	13.2	62.3
26	7.1	17.6	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.3
27	0.0	10.3	9.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.7
28	8.4	4.1	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.4
29	0.0	****	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.4	10.1
30	7.1	****	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	2.5	0.0	1.3	13.3
31	6.4	****	0.0	****	0.0	****	0.0	0.0	****	1.6	****	0.4	8.4
SUM	80.0	188.3	75.4	0.2	6.3	0.0	7.3	0.2	15.1	21.4	36.1	148.9	579.2
MED	5.3	7.5	4.4	0.2	2.1	0.0	1.8	0.2	1.7	3.1	5.2	8.3	3.6
MAX	22.1	41.1	20.3	0.2	5.1	0.0	4.7	0.2	2.8	14.4	15.9	28.2	41.1
MIN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
N	15.0	25.0	17.0	1.0	3.0	0.0	4.0	1.0	9.0	7.0	7.0	18.0	107.0

AÑO: 2012

DIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	6.5	4.5	13.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.1	2.0	46.5
2	2.9	6.5	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	11.9
3	0.3	0.3	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.1
4	0.0	6.4	28.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.9	40.3
5	5.1	1.0	28.5	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	4.0	4.5	45.1
6	0.0	0.0	1.5	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.7	0.4	9.7
7	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	6.3
8	0.0	7.9	0.2	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0	0.0	1.9	0.0	0.0	13.3
9	20.1	18.3	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.3	41.1

10	1.4	5.1	0.0	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.2	0.0	1.1	27.1
11	4.8	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	8.3
12	2.0	7.7	0.0	0.2	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	12.2
13	0.0	10.1	0.0	7.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	17.8
14	4.1	10.6	4.7	8.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	28.3
15	0.0	8.7	0.3	12.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.2	22.3
16	0.0	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	4.5	0.8	10.1
17	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.6	10.3
18	0.3	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.7	17.5
19	0.0	20.5	****	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	2.9	27.6
20	0.0	9.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.6	0.0	30.1
21	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.9	1.3	5.8
22	34.0	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	36.7
23	3.3	4.7	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.7
24	20.1	1.2	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.8
25	5.1	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	1.1	7.0
26	10.3	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.1	23.6
27	1.1	0.0	13.8	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	18.0	34.5
28	12.3	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	17.8	30.8
29	4.4	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.1	13.2
30	1.0	****	7.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.1	0.0	19.8
31	2.1	****	2.1	****	0.0	****	0.0	0.0	****	10.6	****	0.0	14.8
SUM	145.7	133.0	107.7	44.2	2.1	3.3	5.9	1.2	0.3	29.5	73.6	104.1	650.6
MED	6.3	6.6	7.7	3.4	2.1	3.3	2.0	0.6	0.3	7.4	8.2	4.5	4.4
MAX	34.0	20.5	28.5	12.8	2.1	3.3	2.3	0.7	0.3	16.2	20.6	18.0	34.0
MIN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
N	23.0	20.0	14.0	13.0	1.0	1.0	3.0	2.0	1.0	4.0	9.0	23.0	114.0

AÑO: 2013

DIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	2.7	15.1	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.1
2	0.0	9.2	0.0	4.5	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.0
3	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.3	0.2	12.9
4	8.7	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	5.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.4
5	3.1	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.5	0.0	6.5
6	15.2	39.8	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	55.2
7	0.0	3.5	0.0	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.8
8	7.7	26.7	0.5	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.3	43.9
9	2.1	1.7	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1
10	0.8	30.9	12.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.8	58.7
11	0.0	1.8	6.8	0.0	0.0	6.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	16.9
12	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1
13	0.4	3.6	0.2	0.0	0.0	10.9	0.0	0.0	0.0	6.8	0.0	0.0	21.9
14	2.1	4.1	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.9	0.0	16.7	38.1
15	16.2	10.7	0.2	0.0	9.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.5	59.0
16	9.1	1.7	12.5	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	5.0	33.5
17	3.0	1.9	0.5	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	6.7
18	0.7	0.0	0.2	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.9	0.2	10.0
19	0.4	32.7	0.0	0.3	0.2	0.0	7.7	0.0	0.1	0.0	0.0	0.3	41.7
20	12.2	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	17.1
21	0.0	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	26.1	33.4
22	7.5	0.0	5.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	11.6	2.0	31.0
23	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.2	0.0	0.0	0.0	5.6	15.0
24	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	4.5	0.0	6.0	0.9	3.6	0.0	0.0	18.5
25	0.0	1.1	2.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.5	11.4	0.0	0.0	15.9
26	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0	15.1	19.9

27	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.8	0.0	0.0	1.9
28	4.8	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.9	0.0	0.0	31.1
29	3.4	****	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	0.0	0.5	0.0	0.0	7.0
30	7.5	****	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.3	0.9	7.6	23.3
31	0.4	****	0.0	****	0.0	****	0.0	0.0	****	0.0	****	8.0	8.4
SUM	111.3	193.9	46.6	9.0	20.1	26.9	13.1	18.1	1.6	77.1	37.9	133.4	689.0
MED	5.1	10.8	3.1	1.5	2.5	4.5	6.6	6.0	0.4	6.4	5.4	8.3	5.0
MAX	16.2	39.8	12.5	4.5	9.4	10.9	7.7	9.2	0.9	24.9	12.3	26.1	39.8
MIN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
N	22.0	18.0	15.0	6.0	8.0	6.0	2.0	3.0	4.0	12.0	7.0	16.0	119.0

AÑO: 2014

DIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	0.0	11.6	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.8	28.8
2	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	1.8
3	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	0.5	5.7
4	5.3	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	8.8
5	3.2	2.1	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	8.4
6	16.5	9.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.2	0.0	0.0	31.2
7	2.0	0.4	12.6	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.5	16.8
8	0.0	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1	0.0	0.0	13.1
9	0.0	9.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.9
10	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	4.1
11	0.0	0.0	20.8	0.0	7.2	0.0	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	4.6	34.7
12	0.0	3.7	0.0	0.0	17.8	0.0	0.0	0.0	12.6	0.0	0.0	4.9	39.0
13	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	12.8	13.7
14	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	5.5	0.0	7.8
15	6.2	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0

16	12.7	0.0	14.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4	10.0	41.1
17	1.5	0.3	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	3.4	6.1
18	8.3	0.0	4.3	0.5	0.0	0.0	1.5	0.0	1.1	0.0	0.0	2.2	17.9
19	2.5	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0	0.6	0.0	0.0	9.7
20	0.0	0.0	0.5	13.3	0.0	0.0	2.5	0.0	1.9	28.0	0.0	1.7	47.9
21	18.9	1.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0	24.7
22	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	41.4	6.8	50.6
23	5.3	0.0	0.0	2.2	8.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	4.0	20.8
24	0.6	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	3.5
25	3.4	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	6.0
26	0.6	0.0	8.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	11.1
27	5.9	0.0	11.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	3.2	21.5
28	2.7	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.5	2.1	0.0	8.9	24.4
29	4.3	****	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	6.9	0.0	0.0	4.9	20.3
30	1.2	****	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.3	0.0	0.0	4.9	3.0	18.4
31	1.3	****	0.0	****	0.0	****	0.0	7.7	****	0.0	****	0.8	9.8
SUM	104.2	52.4	82.1	20.8	33.9	0.0	5.6	25.8	47.9	43.7	57.8	90.4	564.6
MED	5.0	4.4	5.5	3.0	11.3	0.0	1.4	4.3	3.2	6.2	9.6	4.8	5.3
MAX	18.9	11.6	20.8	13.3	17.8	0.0	2.5	9.3	12.6	28.0	41.4	13.8	41.4
MIN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
N	21.0	12.0	15.0	7.0	3.0	0.0	4.0	6.0	15.0	7.0	6.0	19.0	115.0

AÑO: 2015

DIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	2.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0
2	8.7	0.0	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	31.3	7.4	3.5	53.7
3	0.0	0.0	5.3	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	1.6	5.5	0.0	0.0	14.6
4	2.8	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	11.5	0.0	8.1	0.0	0.0	1.2	25.0

5	3.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.0	0.0	0.0	0.0	18.2
6	6.3	15.5	7.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	29.1
7	7.0	0.0	9.5	17.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.9	0.0	37.6
8	3.7	0.0	5.8	5.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	15.5
9	11.1	20.8	1.9	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.1	0.0	43.6
10	9.2	20.0	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	1.7	34.6
11	10.5	14.4	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	4.2	0.0	0.0	7.6	2.6	39.8
12	25.1	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	6.2	0.0	0.0	7.2	0.0	40.5
13	0.7	3.3	18.9	0.8	0.0	0.0	0.0	8.0	0.0	0.0	7.4	0.0	39.1
14	0.0	12.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	0.0	15.7
15	0.0	3.0	0.0	6.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	0.8	12.3
16	0.0	3.6	0.8	4.1	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0
17	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.1
18	30.8	0.0	0.0	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	19.9	55.7
19	6.9	0.0	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5	0.0	0.0	2.1	19.1
20	0.0	1.9	0.6	5.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	3.6	0.0	1.1	13.4
21	3.5	0.0	5.9	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.9	16.0
22	0.9	0.0	0.6	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.2	8.0
23	0.0	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	5.1
24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.9	0.0	1.7	13.6
25	3.7	0.0	30.9	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	9.1	2.2	0.0	0.8	47.2
26	0.0	0.4	5.8	28.4	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	19.0	59.3
27	0.0	0.0	6.6	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	11.5
28	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	31.5	0.0	0.0	31.5
29	2.1	****	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.2	0.0	3.3	12.6
30	0.5	****	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
31	0.9	****	0.5	****	0.0	****	0.0	0.0	****	4.4	****	0.0	5.8
SUM	144.5	100.2	108.0	86.5	5.7	0.0	13.7	18.4	41.9	99.6	45.1	73.1	736.7

MED	6.9	8.3	6.4	5.1	1.9	0.0	6.8	6.1	5.2	11.1	5.0	4.6	6.1
MAX	30.8	20.8	30.9	28.4	3.7	0.0	11.5	8.0	14.0	31.5	7.6	19.9	31.5
MIN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
N	21.0	12.0	17.0	17.0	3.0	0.0	2.0	3.0	8.0	9.0	9.0	16.0	117.0

AÑO: 2016

DIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	0.0	4.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.4	0.0	9.3	20.6
2	0.0	10.7	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.2
3	31.8	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	35.7
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.5	13.5
5	0.0	0.0	0.0	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2
6	18.8	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.6
7	2.6	1.7	0.0	7.6	0.0	0.0	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	9.9	28.3
8	3.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.1	20.1
9	8.5	36.8	0.4	1.1	0.0	0.0	0.0	14.2	0.0	0.0	0.0	0.0	61.0
10	0.0	0.0	6.5	1.6	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	2.2	5.6	0.0	16.8
11	0.7	0.0	0.0	22.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.7	23.6
12	11.1	5.6	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.3
13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	0.0	13.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	0.0	0.0	16.3
16	2.5	25.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	12.3	0.0	0.0	42.2
17	9.5	0.5	0.0	9.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.8	0.0	0.0	34.5
18	20.3	0.0	0.0	16.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	36.8
19	0.0	0.7	0.0	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	8.7	0.0	0.0	1.6	15.6
20	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.1	0.0	0.0	9.7
21	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	1.9

22	0.0	8.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.6
23	0.0	16.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	4.2	0.0	22.8
24	0.4	17.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	18.8
25	0.0	54.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.8	0.0	60.0
26	0.7	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	0.0	6.8
27	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	15.7	17.4
28	0.0	11.1	0.0	0.0	0.0	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0	8.4	0.0	24.6
29	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.3	0.8	10.9	21.0
30	3.3	****	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	1.6	6.7
31	0.6	****	0.0	****	0.0	****	0.0	0.0	****	0.0	****	****	0.6
SUM	113.8	217.4	7.6	69.4	0.0	5.1	6.5	15.1	13.5	58.9	30.6	79.3	617.2
MED	8.1	11.4	2.5	6.3	0.0	5.1	6.5	7.6	3.4	5.9	3.8	8.8	6.3
MAX	31.8	54.2	6.5	22.0	0.0	5.1	6.5	14.2	8.7	14.8	8.4	16.1	54.2
MIN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
N	14.0	19.0	3.0	11.0	0.0	1.0	1.0	2.0	4.0	10.0	8.0	9.0	82.0

AÑO: 2017

DIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	0.0	0.6	0.0	0.0	7.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6	14.8
2	3.8	0.6	6.4	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.8
3	0.0	0.0	16.3	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.3
4	5.1	0.0	5.0	5.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.7	23.7
5	2.4	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.9	11.6
6	8.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	10.3
7	40.5	0.0	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8	59.2
8	15.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.7	0.0	0.0	0.0	28.2
9	5.2	0.0	0.0	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	0.0	0.0	0.0	14.6
10	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	1.7

11	0.5	0.0	2.3	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0
12	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	3.0
13	4.7	0.0	16.4	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	5.1	6.1	0.0	0.0	33.4
14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.2	22.2	0.0	0.0	28.4
15	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.5	0.0	0.0	0.0	14.5
16	0.9	0.0	9.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	2.3	0.0	0.0	15.9
17	0.0	6.7	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.4	0.0	0.0	24.3
18	0.0	2.6	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.3	0.0	0.0	7.6
19	10.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.3
20	0.0	5.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4
21	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6
22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	4.5
23	0.0	0.0	0.0	0.0	22.9	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	1.2	25.6
24	1.3	1.3	11.8	0.0	20.3	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.6	36.2
25	7.1	0.0	1.7	6.1	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	20.7
26	38.4	6.6	1.5	0.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	52.5
27	0.6	0.0	0.0	0.0	12.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	4.6	21.8
28	0.0	3.3	0.0	2.3	16.7	0.0	0.0	0.0	4.5	0.0	0.0	0.0	26.8
29	0.0	****	13.7	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7	15.9	38.0
30	0.0	****	0.5	10.9	12.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.8
31	0.0	****	2.4	****	1.8	****	0.0	0.0	****	0.0	****	0.4	4.6
SUM	144.8	28.7	111.8	40.8	104.9	0.0	4.0	0.0	54.8	45.3	10.0	57.0	602.1
MED	9.6	3.2	6.2	4.5	10.5	0.0	4.0	0.0	4.6	9.1	5.0	4.8	6.2
MAX	40.5	6.7	16.4	10.9	22.9	0.0	4.0	0.0	12.7	22.2	5.7	15.9	40.5
MIN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
N	15.0	9.0	18.0	9.0	10.0	0.0	1.0	0.0	12.0	5.0	2.0	12.0	93.0

AÑO: 2018

DIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	0.0	6.9	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.3
2	0.6	7.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	9.5
3	0.0	5.4	0.0	0.0	0.0	5.5	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	2.1	15.3
4	0.0	10.7	1.2	0.0	0.0	18.9	0.0	7.5	0.0	0.0	2.8	0.0	41.1
5	0.0	0.0	8.8	0.0	0.0	0.2	0.0	13.2	0.0	0.0	0.0	0.0	22.2
6	0.7	2.9	0.3	0.0	0.3	2.0	0.0	0.0	0.0	7.9	5.1	0.0	19.2
7	13.9	20.6	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.7	6.6	0.0	65.3
8	6.4	12.4	25.2	0.0	0.0	7.5	0.0	0.0	0.0	4.2	1.0	0.0	56.7
9	3.7	14.1	3.3	0.0	1.5	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.1
10	6.9	0.0	2.6	0.0	0.0	18.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.5
11	1.1	6.0	0.0	0.0	0.0	5.4	0.0	0.0	0.0	11.3	0.0	0.0	23.8
12	1.3	7.4	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	12.8
13	23.1	0.0	0.7	3.8	0.0	4.0	3.2	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	35.1
14	25.9	10.3	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	40.2
15	1.4	1.8	8.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.0	0.0	0.0	20.5
16	0.9	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.7	0.0	0.0	13.6
17	3.1	2.2	6.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.1	20.8
18	0.0	0.0	8.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	37.5	47.4
19	0.0	2.1	10.7	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	17.0	1.2	31.4	62.8
20	0.3	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	6.2	0.0	0.0	6.9	0.0	10.1	25.5
21	4.8	0.4	1.0	0.0	0.0	0.0	3.6	23.9	0.0	2.2	0.0	0.0	35.9
22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.3	0.0	0.0	0.0	3.1	0.0	11.4
23	0.6	6.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	3.3	3.9	15.4
24	10.9	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.9
25	4.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.3	1.2	0.0	0.0	15.4
26	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	4.8	0.0	0.4	8.7
27	6.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.4

28	3.7	0.0	11.7	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	0.3	1.4	19.7
29	18.1	****	0.0	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	4.3	26.8
30	2.1	****	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	0.0	0.0	0.0	10.9	16.4
31	0.0	****	5.8	****	0.0	****	0.0	0.0	****	0.0	****	0.5	6.3
SUM	140.4	125.0	119.2	6.8	1.8	69.0	24.7	48.0	10.4	96.6	27.5	111.6	781.0
MED	6.4	7.4	5.7	1.7	0.9	7.7	4.1	12.0	5.2	5.7	2.8	10.1	5.8
MAX	25.9	20.6	25.2	3.8	1.5	18.9	8.3	23.9	9.3	17.0	6.6	37.5	37.5
MIN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
N	22.0	17.0	21.0	4.0	2.0	9.0	6.0	4.0	2.0	17.0	10.0	11.0	125.0

AÑO: 2019

DIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	0.5	15.1	0.0	5.5	6.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.9
2	0.0	3.2	0.0	14.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	0.0	21.4	43.3
3	0.0	0.0	0.0	12.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.7	0.0	0.0	19.6
4	29.0	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.5	4.1	0.9	44.8
5	6.3	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	6.3	0.0	19.5
6	2.0	8.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.8	4.6	0.7	17.2	43.4
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.5	0.0	1.1	0.0	13.6
8	0.0	0.3	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	6.4	0.0	0.9	4.7	12.8
9	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	4.3
10	0.0	1.1	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4
11	0.0	8.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	0.0	38.3	0.0	50.6
12	1.4	1.2	0.0	4.0	5.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0	15.6
13	0.7	16.4	2.2	0.0	9.8	0.0	0.0	0.0	5.7	0.0	3.1	2.0	39.9
14	17.5	1.2	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	24.0
15	0.0	1.4	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	4.0	9.4	16.7
16	0.0	4.8	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.6

17	6.7	6.0	10.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.0
18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	1.4
20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	1.5	0.0	5.4	7.8
21	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	2.2
22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9	0.5	7.4
23	2.8	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	5.8
24	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2
25	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	0.0	8.6
26	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.2	7.9	0.0	18.1
27	0.0	0.0	7.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.7
28	11.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.7	14.7
29	5.8	****	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.8
30	1.3	****	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.1	8.4
31	7.7	****	0.0	****	0.0	****	0.0	0.0	****	0.8	****	0.0	8.5
SUM	96.7	72.5	30.7	48.0	24.2	0.0	8.9	0.0	47.9	35.2	79.4	71.1	514.6
MED	6.9	5.6	4.4	5.3	4.0	0.0	4.4	0.0	4.8	4.4	6.1	6.5	5.2
MAX	29.0	16.4	10.3	14.2	9.8	0.0	8.0	0.0	12.5	8.2	38.3	21.4	38.3
MIN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
N	14.0	13.0	7.0	9.0	6.0	0.0	2.0	0.0	10.0	8.0	13.0	11.0	93.0

AÑO: 2020

DIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1.7	0.0	0.0	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	41.5	45.1
2	9.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.7
3	0.0	0.4	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2
4	3.7	8.3	0.0	0.0	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	16.2
5	14.6	8.0	0.0	10.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	4.1	37.8

6	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	6.6
7	0.0	11.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.4	17.8
8	0.0	14.2	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.9
9	0.0	45.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	0.0	0.0	0.0	49.6
10	0.0	22.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.4	0.6	29.0
11	2.5	6.4	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.6
12	1.5	2.4	6.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.2	0.0	0.0	15.3
13	8.4	1.4	14.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	25.9
14	0.0	6.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	1.1	0.0	0.0	8.7
15	2.5	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.2	0.0	0.0	4.7
16	0.0	3.9	8.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.7
17	0.0	1.6	4.2	4.5	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.3
18	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.1	0.0	0.0	0.8	11.5
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	1.6
20	6.3	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.8
21	5.7	12.5	2.2	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.3
22	7.5	5.1	0.0	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	9.9	26.6
23	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4
24	0.0	5.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4
25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	32.1	32.9
27	0.0	1.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	3.8
28	7.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4	8.4	21.4
29	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.3	5.3
30	5.0	****	5.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0	12.4
31	18.8	****	4.2	****	0.0	****	0.0	0.0	****	0.0	****	31.9	54.9
SUM	100.0	163.9	47.9	21.3	2.9	0.0	0.0	2.0	23.1	9.7	11.8	143.8	526.4
MED	6.2	7.8	4.8	3.6	2.9	0.0	0.0	2.0	3.3	1.6	5.9	11.1	4.9

MAX	18.8	45.1	14.0	10.2	2.9	0.0	0.0	2.0	8.1	5.2	6.4	41.5	45.1
MIN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
N	16.0	21.0	10.0	6.0	1.0	0.0	0.0	1.0	7.0	6.0	2.0	13.0	83.0

AÑO: 2021

DIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	0.0	11.2	6.2	14.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	32.1
2	5.6	0.0	47.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	54.5
3	0.0	20.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.7	22.1
4	11.9	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	8.6	0.0	1.2	18.7	43.8
5	1.1	0.9	3.3	13.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	6.2	0.3	3.6	29.6
6	0.0	0.0	14.3	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	17.3
7	2.3	0.0	0.1	0.2	11.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	14.6
8	7.4	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	7.9	0.0	10.9	26.4
9	0.0	2.6	5.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	3.5	14.3
10	2.2	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	4.6	8.9
11	1.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.5	11.6	14.4
12	0.6	0.5	0.2	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.3	0.0	18.6
13	10.9	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.0
14	0.5	0.9	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
15	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4	4.7
16	2.7	10.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	14.1
17	15.8	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.1	23.1
18	22.7	8.3	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.2	20.7	61.8
19	8.2	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.3	15.3
20	0.0	0.1	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.8	9.0
21	1.8	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.0	17.9
22	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.4	0.0	0.0	24.0	36.2

23	0.0	0.0	9.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	0.0	10.5	22.3
24	0.0	0.0	0.0	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	2.0	5.7
25	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5
26	4.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.8	0.0	18.2
27	0.0	0.4	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.9	7.7	13.9
28	0.0	0.4	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	3.6
29	0.0	****	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	1.4
30	0.0	****	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	3.7	1.6	11.6
31	0.0	****	0.0	****	0.0	****	0.0	0.0	****	19.4	****	0.0	19.4
SUM	105.7	60.5	92.5	38.8	12.9	0.0	0.0	3.0	22.2	42.7	47.7	164.8	590.8
MED	5.9	3.8	5.8	5.5	4.3	0.0	0.0	1.0	4.4	7.1	4.3	7.8	5.0
MAX	22.7	20.9	47.5	14.7	11.8	0.0	0.0	1.3	9.4	19.4	13.8	24.0	47.5
MIN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
N	18.0	16.0	16.0	7.0	3.0	0.0	0.0	3.0	5.0	6.0	11.0	21.0	106.0

