

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica-Geotecnia

TESIS

**MODELACION HIDROLOGICA USANDO ARCGIS Y SUS
EXTENSIONES PARA LA CUENCA DEL RIO MAURE REGION
TACNA**

PRESENTADO POR

Bach. SANDRA GABRIELA VALDIVIA BARRALES

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE
INGENIERO GEOLOGO-GEOTECNICO**

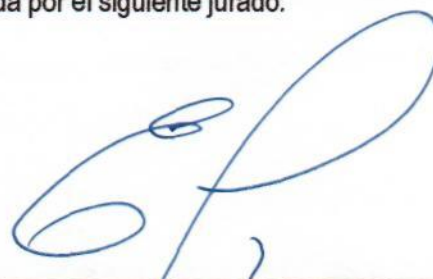
Tacna-Perú

2013

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA – GEOTECNIA
**“MODELACIÓN HIDROLÓGICA USANDO ARGIS Y SUS EXTENSIONES PARA LA CUENCA
DEL RÍO MAURE REGIÓN TACNA”**

Tesis sustentada y aprobada el 12 de abril del 2013, integrada por el siguiente jurado:

PRESIDENTE



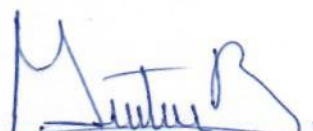
Ph. D. EDWIN M. PINO VARGAS

MIEMBRO – SECRETARIO



ING. PIO COILA VALDEZ

MIEMBRO



ING. MÁXIMO GUTIÉRREZ BERNAOLA

ASESOR DE TESIS



ING. LUIS A. CORNEJO NAVARRETTY

RESUMEN

El presente trabajo se basa exclusivamente en el modelamiento hidrológico de la Cuenca del río Maure, para ello se utilizó algunos software como ENVI, el cual nos ayudó en el procesamiento de imágenes satelitales para poder digitalizar la información de la zona de estudio utilizando ArcGis. Se pudo corroborar la geología y geomorfología de la zona de estudio, haciendo combinación de bandas.

Toda la información climática fue procesada en ArcGis, y se crearon mapas temáticos, lo cual nos sirvió para el modelamiento hidrológico de la Cuenca del Río Maure.

En ArcGis se pudo codificar toda la Cuenca del Río Maure, con la **Metodología Pfafstetter**, metodología utilizada en la actualidad por la Autoridad Nacional del Agua (ANA). La Cuenca del río Maure, se encuentra en la vertiente peruana del Titicaca, es por ello en el nivel 02, recibe la codificación 01, y en el nivel 03 recibe el código 014, en el nivel cuatro la Cuenca del río Maure se divide en tres cuencas: Cuenca Maure, Cuenca Uchusuma y Cuenca Caño, recibiendo los siguientes códigos respectivamente 0144, 0148, 0146. En el nivel 05 cada una de estas se dividen en sub cuencas. El ArcGis nos ayudó a procesar toda la codificación para cada una de las tres cuencas.

Luego se realizó el análisis geomorfológico de la Cuenca del río Maure determinando un área de 2 576,73 km², perímetro de 503,48 km, Cc de 4,82, Re de 0,58, Ff de 0,27. La altitud media de la cuenca fue de 4 502,32 m.s.n.m., se determinó el rectángulo equivalente, determinando así las longitudes de la cuenca 68,89 Km y 37,40 Km (L*I), esto con fines de transformación de la cuenca para modelos de escurrimiento superficial. Toda esta información fue analizada y se elaboraron mapas temáticos.

Se pudo determinar también la precipitación media de la Cuenca del río Maure y de sus tres cuencas, esta información fue procesada utilizando tres métodos: Promedio

aritmético se obtuvo un valor de 248,839 mm., Polígonos de Thiessen 351,96 mm. y Método de Isoyetas 359,24 mm, todos estos métodos fueron realizados utilizando ArcGIS, el cual nos ayudó a determinar este valor de manera fácil y sencilla. Realizando mapas temáticos de cada uno de los métodos.

Finalmente se realizó el modelamiento hidrológico utilizando el software HEC-HMS para determinar los datos de caudal para diferentes periodos de retorno (20, 50, 100), se obtuvo un caudal de 139,4 m³/s el valor más alto para la sub cuenca río Pamputa y el menor valor fue para la sub cuenca Media 06 con un valor de 5,1 m³/s.

Podemos decir entonces que los tres software utilizados nos ayudan a procesar la información de manera fácil y sencilla, pero siempre y cuando se tengan los conceptos básicos claros, para poder así darle una buena interpretación a los resultados obtenidos, es por ello en el trabajo se colocó un capítulo de conceptos básicos antes de empezar a procesar la información.

**MODELACION HIDROLOGICA USANDO ARCGIS Y SUS EXTENSIONES PARA LA
CUENCA DEL RIO MAURE REGION TACNA**

CONTENIDO

RESUMEN

INTRODUCCION	1
CAPITULO I ASPECTOS GENERALES	4
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.2. OBJETIVOS	4
1.2.1. OBJETIVO GENERAL	4
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.3. HIPÓTESIS PLANTEADA	5
1.4. JUSTIFICACIÓN	5
CAPITULO II REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	6
2.1. REVISIÓN DE INVESTIGACIONES REALIZADAS	6
2.2. MARCO TEÓRICO	6
2.3. MODELAMIENTO HIDROLÓGICO CON HEC – HMS	12
2.3.1. ASPECTOS GENERALES	12

2.3.1.1.	Modelo de cuenca	14
2.3.1.2.	Modelo meteorológico	16
2.3.1.3.	Especificaciones de control	17
2.3.1.4.	Simulación hidrológica	17
2.4.	INFORMACIÓN BÁSICA	24
2.4.1.	GEOLOGÍA LOCAL	24
2.4.1.1.	Depósitos Morrénicos	24
2.4.1.2.	Depósitos de Sinter	24
2.4.1.3.	Depósitos Eólicos	25
2.4.1.4.	Depósitos de Cenizas	25
2.4.1.5.	Depósitos Aluviales	25
2.4.1.6.	Depósitos Fluviales	26
2.4.1.7.	Depósitos Fluvioglaciares	26
2.4.1.8.	Volcánico Ichuralla	26
2.4.1.9.	Volcánico Paucarani	27
2.4.1.10.	Volcánico Purupuruni	27
2.4.1.11.	Volcánico Barroso	28
2.4.1.12.	Volcánico Chila	28
2.4.1.13.	Formación Capillune	28
2.4.1.14.	Formación Sencca	28
2.4.1.15.	Formación Maure	29
2.4.1.16.	Volcánico Huillacollo	30

2.4.1.17. Formación Puno	30
2.4.2. GEOMORFOLOGÍA	31
2.4.2.1. Arco Volcánico del Barroso	31
2.4.2.2. Altiplano	32
2.4.2.3. Planicies	33
2.4.2.4. Zona de conos volcánicos	35
2.4.2.5. Lomadas	36
2.4.3. INFORMACIÓN CLIMÁTICA	38
2.4.3.1. Temperatura	38
2.4.3.2. Humedad Relativa	39
2.4.3.3. Radiación Solar	39
2.4.3.4. Climas	40
2.4.3.5. Evaporación	40
2.4.3.6. Evapotranspiración	40
CAPITULO III: EVALUACIÓN HIDROLOGICA DE LA CUENCA DEL RIO MAURE	41
3.1. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	41
3.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA	41
3.1.2. UBICACIÓN POLÍTICA	41
3.1.3. DIVISIÓN HIDROGRÁFICA Y SUPERFICIE	41
3.2. SISTEMA HIDROGRÁFICO E HIDRÁULICO	44
3.2.1. SISTEMA HIDROGRÁFICO	44

3.2.2. SISTEMA HIDRÁULICO	67
3.2.1. SISTEMA UCHUSUMA	67
3.2.2. SUB SISTEMA KOVIRE	74
3.3. INFORMACIÓN EXISTENTE	75
3.3.1. INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA	75
3.3.2. INFORMACIÓN METEOROLÓGICA	78
3.3.3. INFORMACIÓN HIDROMÉTRICA	80
CAPITULO IV: CARACTERISTICAS FISIOGRAFICAS DE LA CUENCA	81
4.1. ASPECTOS GENERALES	81
4.2. GEOMORFOLOGÍA DE LA CUENCA	81
4.2.1. CODIFICACIÓN INTERNACIONAL DE CUENCAS	81
4.2.2. ÁREA DE LA CUENCA	87
4.2.3. FORMA DE LA CUENCA	87
4.2.4. CURVA HIPSOMÉTRICA DE LA CUENCA	90
4.2.4.1. Cuenca del Río Maure	90
4.2.4.2. Cuenca Maure	93
4.2.4.3. Cuenca Uchusuma	96
4.2.4.4. Cuenca Caño	99
4.2.5. RECTÁNGULO EQUIVALENTE	102
4.2.5.1. Cuenca del Río Maure	102
4.2.5.2. Cuenca Maure	103

4.2.5.3. Cuenca Uchusuma	104
4.2.5.4. Cuenca Caño	105
4.2.6. PENDIENTE DE LA CUENCA	106
4.2.7. DENSIDAD DE DRENAJE	109
4.3. PRECIPITACIÓN	110
4.3.1. PROMEDIO NO PONDERADO O PROMEDIO ARITMÉTICO	110
4.3.1.1. La precipitación media anual de la Cuenca del río Maure	111
4.3.1.2. La precipitación media anual de la Cuenca Maure	112
4.3.1.3. La precipitación media anual de la Cuenca Uchusuma	113
4.3.1.4. La precipitación media anual de la Cuenca Caño	114
4.3.2. POLÍGONOS DE THIESSEN	114
4.3.2.1. Cuenca del río Maure	114
4.3.2.2. Cuenca Maure	115
4.3.2.3. Cuenca Uchusuma	116
4.3.2.4. Cuenca Caño	116
4.3.3. MÉTODO DE LAS ISOYETAS	117
4.3.3.1. Cuenca Maure	120
4.3.3.2. Cuenca Uchusuma	120
4.3.3.3. Cuenca Caño	120
4.4. MODELAMIENTO HIDROLÓGICO CON HEC – HMS	121
4.4.1. MODELO DE CUENCA	123
4.4.2. EL MODELO METEOROLÓGICO	125

4.4.3. ESPECIFICACIONES DE CONTROL	126
CAPITULO V: DISCUSION DE RESULTADOS	127
5.1. USO DE ENVI 4.7	127
5.2. USO DE ARCGIS 10	127
5.3. USO DE HEC-HMS 3.5	132
CONCLUSIONES	136
RECOMENDACIONES	138
BIBLIOGRAFIA	139
ANEXOS	140

LISTA DE FIGURAS

FIGURA N° 01 ENTRADA PRINCIPAL PARA DESCARGAR HEC-HMS	12
FIGURA N° 02 FASES DE TRABAJO DEL HEC-HMS	13
FIGURA N° 03 IMAGEN SATELITAL 002-072	75
FIGURA N° 04 IMAGEN SATELITAL 002-072. BANDAS: 7-4-2.	76
FIGURA N° 05 IMAGEN SATELITAL 002-072. BANDAS: 4-1-3.	76
FIGURA N° 06 IMAGEN SATELITAL 002-072. BANDAS: 7-5-1	77
FIGURA N° 07 IMAGEN SATELITAL 002-072. RATIOS 4/3, 5/7, 3/1.	78
FIGURA N° 08 CODIFICACIÓN PFAFSTETTER NIVEL 1	82
FIGURA N° 09 CODIFICACIÓN PFAFSTETTER EN EL PERÚ NIVEL 1	83
FIGURA N° 10 CODIFICACIÓN PFAFSTETTER EN EL PERÚ NIVEL 2	83
FIGURA N° 11 CODIFICACIÓN PFAFSTETTER EN EL PERÚ NIVEL 3	84
FIGURA N° 12 CODIFICACIÓN PFAFSTETTER EN EL PERÚ NIVEL 4	84
FIGURA N° 13 CODIFICACIÓN PFAFSTETTER EN EL PERÚ NIVEL 5	85
FIGURA N° 14 CURVA HIPSOMÉTRICA DE LA CUENCA DEL RÍO MAURE	91
FIGURA N° 15 HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS DE LA CUENCA DEL RÍO MAURE	91
FIGURA N° 16 CURVA HIPSOMÉTRICA DE LA CUENCA DEL RÍO MAURE	92
FIGURA N° 17 CURVA HIPSOMÉTRICA DE LA CUENCA MAURE	94
FIGURA N° 18 HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS DE LA CUENCA MAURE	94
FIGURA N° 19 CURVA HIPSOMÉTRICA DE LA CUENCA MAURE	95
FIGURA N° 20 CURVA HIPSOMÉTRICA DE LA CUENCA UCHUSUMA	97
FIGURA N° 21 HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS DE LA CUENCA UCHUSUMA	97
FIGURA N° 22 CURVA HIPSOMÉTRICA DE LA CUENCA UCHUSUMA	98

FIGURA N° 23 CURVA HIPSOMÉTRICA DE LA CUENCA CAÑO	100
FIGURA N° 24 HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS DE LA CUENCA CAÑO	100
FIGURA N° 25 CURVA DE HIPSOMÉTRICA DE LA CUENCA CAÑO	101
FIGURA N° 26 DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE LA CUENCA DEL RÍO MAURE	111
FIGURA N° 27 DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE LA CUENCA MAURE	112
FIGURA N° 28 DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE LA CUENCA UCHUSUMA	113
FIGURA N° 29 DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE LA CUENCA CAÑO	114
FIGURA N° 30 ESQUEMA HIDROGRÁFICO DE LA CUENCA MAURE	122

LISTA DE CUADROS

CUADRO N° 01 DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS HIDROLÓGICOS.....	15
CUADRO N° 02 MÉTODOS DE CÁLCULO PARA SUBCUENCAS.....	15
CUADRO N° 03 DESCRIPCIÓN DE LOS MÉTODOS EN EL MODELO METEOROLÓGICOS	17
CUADRO N° 04 ESTACIONES DE PRECIPITACIÓN SELECCIONADAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO:	79
CUADRO N° 05 ESTACIONES DE DESCARGAS SELECCIONADAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO.....	80
CUADRO N° 06 CODIFICACIÓN PFAFSTETTER PARA LA CUENCA MAURE	86
CUADRO N° 07 CODIFICACIÓN PFAFSTETTER PARA LA CUENCA CAÑO	86
CUADRO N° 08 CODIFICACIÓN PFAFSTETTER PARA LA CUENCA UCHUSUMA	86
CUADRO N° 09 DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA DE ACUERDO A SU ÁREA.	87
CUADRO N° 10 DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA MAURE DE ACUERDO A SU ÁREA.	87
CUADRO N° 11 CLASIFICACIÓN DE LA CUENCA DE ACUERDO A SU ÍNDICE DE COMPACIDAD	88
CUADRO N° 12 CLASIFICACIÓN DE LA CUENCA MAURE DE ACUERDO A SU CC.....	88
CUADRO N° 13 CLASIFICACIÓN DE LA CUENCA DE ACUERDO A SU RELACIÓN DE ELONGACIÓN...89	89

CUADRO N° 14 CLASIFICACIÓN DE LA CUENCA MAURE DE ACUERDO A SU FACTOR DE FORMA. .	89
CUADRO N° 15 RESULTADOS DE LA CURVA HIPSOMÉTRICA.....	90
CUADRO N° 16 RESULTADOS DE LA CURVA HIPSOMÉTRICA DE LA CUENCA MAURE	93
CUADRO N° 17 RESULTADOS DE LA CURVA HIPSOMÉTRICA DE LA CUENCA UCHUSUMA	96
CUADRO N° 18 RESULTADOS DE LA CURVA HIPSOMÉTRICA DE LA CUENCA CAÑO.....	99
CUADRO N° 19 RECTÁNGULO EQUIVALENTE DE LA CUENCA DEL RÍO MAURE	102
CUADRO N° 20 RESULTADOS DEL RECTÁNGULO EQUIVALENTE DE LA CUENCA MAURE	103
CUADRO N° 21 RESULTADOS DEL RECTÁNGULO EQUIVALENTE DE LA CUENCA UCHUSUMA	104
CUADRO N° 22 RESULTADOS DEL RECTÁNGULO EQUIVALENTE DE LA CUENCA CAÑO	105
CUADRO N° 23 RESULTADOS DE LA RED DE DRENAJE DE LA CUENCA MAURE	109
CUADRO N° 24 RESULTADOS DE LA PRECIPITACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO MAURE.....	111
CUADRO N° 25 RESULTADOS DE LA PRECIPITACIÓN DE LA CUENCA MAURE	112
CUADRO N° 26 RESULTADOS DE LA PRECIPITACIÓN DE LA CUENCA UCHUSUMA.....	113
CUADRO N° 27 RESULTADOS DE LA PRECIPITACIÓN DE LA CUENCA CAÑO	114
CUADRO N° 28 POLÍGONOS DE THIESSEN DE LA CUENCA DEL RÍO MAURE	115
CUADRO N° 29 RESULTADOS LA PRECIPITACIÓN MEDIA DE LA CUENCA DEL RÍO MAURE	115
CUADRO N° 30 RESULTADOS DE LOS POLÍGONOS DE THIESSEN DE LA CUENCA MAURE	115
CUADRO N° 31 RESULTADOS LA PRECIPITACIÓN MEDIA DE LA CUENCA MAURE	116
CUADRO N° 32 RESULTADOS DE LOS POLÍGONOS DE THIESSEN DE LA CUENCA UCHUSUMA.....	116
CUADRO N° 33 RESULTADOS LA PRECIPITACIÓN MEDIA DE LA CUENCA UCHUSUMA	116
CUADRO N° 34 RESULTADOS DE LOS POLÍGONOS DE THIESSEN DE LA CUENCA CAÑO.....	117
CUADRO N° 35 RESULTADOS LA PRECIPITACIÓN MEDIA DE LA CUENCA CAÑO.....	117
CUADRO N° 36 RESULTADOS DEL MÉTODO DE ISOYETAS MEDIA DE LA CUENCA MAURE	120
CUADRO N° 37 RESULTADOS DEL MÉTODO DE ISOYETAS MEDIA DE LA CUENCA UCHUSUMA...	120

CUADRO N° 38 RESULTADOS DEL MÉTODO DE ISOYETAS MEDIA DE LA CUENCA CAÑO.....	120
CUADRO N° 39 MÉTODOS DE CÁLCULO PARA SUBCUENCAS.....	121
CUADRO N° 40 TABLA PARA DETERMINAR LA CURVA NÚMERO	124
CUADRO N° 41 DATOS DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS	125
CUADRO N° 42 DATOS DE PESOS DE CADA ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA	126

LISTA DE MAPAS

MAPA N° 01 MAPA GEOLÓGICO DE LA CUENCA DEL RÍO MAURE.	
MAPA N° 02 MAPA GEOMORFOLÓGICO DE LA CUENCA DEL RÍO MAURE.	
MAPA N° 03 MAPA DE TEMPERATURA MÁXIMA DE LA CUENCA DEL RÍO MAURE.	
MAPA N° 04 MAPA DE TEMPERATURA MEDIA DE LA CUENCA DEL RÍO MAURE.	
MAPA N° 05 MAPA DE TEMPERATURA MÍNIMA DE LA CUENCA DEL RÍO MAURE.	
MAPA N° 06 MAPA DE HUMEDAD RELATIVA DE LA CUENCA DEL RÍO MAURE.	
MAPA N° 07 MAPA DE CLIMAS DE LA CUENCA DEL RÍO MAURE.	
MAPA N° 08 MAPA DE EVAPORACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO MAURE.	
MAPA N° 09 MAPA DE EVAPOTRANSPIRACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO MAURE.	
MAPA N° 10 MAPA DE UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA CUENCA DEL RÍO MAURE.	
MAPA N° 11 MAPA DE DIVISIÓN HIDROGRÁFICA Y SUPERFICIE DE LA CUENCA DEL RÍO MAURE.	
MAPA N° 12 MAPA DEL SISTEMA HIDROGRÁFICO DE LA CUENCA DEL RÍO MAURE.	
MAPA N° 13 MAPA DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS DE LA CUENCA DEL RÍO MAURE.	
MAPA N° 14 MAPA DE LA GEOMORFOLOGÍA DE LA CUENCA DEL RÍO MAURE.	
MAPA N° 15 MAPA DE LA CURVA HIPSOMÉTRICA DE LA CUENCA DEL RÍO MAURE.	
MAPA N° 16 MAPA DE LA CURVA HIPSOMÉTRICA DE LA CUENCA MAURE.	

MAPA N° 17 MAPA DE LA CURVA HIPSOMÉTRICA DE LA CUENCA UCHUSUMA.

MAPA N° 18 MAPA DE LA CURVA HIPSOMÉTRICA DE LA CUENCA CAÑO.

MAPA N° 19 MAPA DE PENDIENTE DE LA CUENCA DEL RÍO MAURE.

MAPA N° 20 MAPA DE ORIENTACIÓN DE PENDIENTE DE LA CUENCA DEL RÍO MAURE.

MAPA N° 22 MAPA DE POLÍGONOS DE THIESEN DE LA CUENCA DEL RÍO MAURE.

MAPA N° 23 MAPA DE POLÍGONOS DE THIESEN DE LA CUENCA MAURE.

MAPA N° 24 MAPA DE POLÍGONOS DE THIESEN DE LA CUENCA UCHUSUMA.

MAPA N° 25 MAPA DE POLÍGONOS DE THIESEN DE LA CUENCA CAÑO.

MAPA N° 26 MAPA DE ISOYETAS DE LA CUENCA DEL RÍO MAURE.

MAPA N° 27 MAPA DE ISOYETAS DE LA CUENCA MAURE.

MAPA N° 28 MAPA DE ISOYETAS DE LA CUENCA UCHUSUMA.

MAPA N° 29 MAPA DE ISOYETAS DE LA CUENCA CAÑO.

INTRODUCCION

El agua es la sustancia más abundante en la Tierra, es el principal constituyente de todos los seres vivos y es una fuerza importante que constantemente está cambiando la superficie terrestre. También es un factor clave en la climatización de nuestro planeta para la existencia humana y a la vez tiene influencia en el progreso de la civilización. La hidrología cubre todas las fases del agua en la tierra, es una materia de gran importancia para el ser humano y su ambiente. El papel de la hidrología aplicada es ayudar a analizar los problemas relacionados con estas labores y proveer una guía para el planeamiento y el manejo de los recursos hidráulicos.

La región comprendida por los departamentos de Moquegua y Tacna se caracteriza, entre otros aspectos, por una extremada escasez de recursos hídricos.

El estado actual del conocimiento del potencial de los recursos hídricos de escurrimiento superficial de dicha región es parcial concentrándose la mayor parte de la información existente en los puntos de aprovechamiento (captación o regulación) de algunos de los proyectos hidráulicos que se han propuesto, existiendo muchas áreas con poca o ninguna información.

La hidrología versa sobre el agua en la tierra, su existencia y distribución, sus propiedades físicas y químicas y su influencia sobre el medio ambiente, incluyendo su relación con los seres vivos. El dominio de la hidrología abarca la historia completa del agua sobre la tierra.

La complejidad geográfica del territorio peruano exige que el hombre deba aprender a dominar sus relaciones con el hábitat que lo sustenta. Dicho aprendizaje implica la adecuación permanente a las exigencias de preservar lo que existe y de aprovechar racionalmente las ventajas que el medio ofrece, evitando, por lo tanto, la utilización irreversible de la tierra, agua, bosques y praderas.

La alteración de las relaciones del hombre con su medio ocurre principalmente por la presencia de fenómenos que perturban el equilibrio del clima y del medio ambiente en general. El fenómeno de "El Niño" constituye uno de tales eventos que con mayor severidad afecta dicho equilibrio, ya que modifica radicalmente variables como las de temperaturas extremas y las precipitaciones pluviales con su secuela de avalanchas y crecidas que ocasionan inundaciones, erosión del suelo, destrucción de taludes y obras de defensa así como la modificación de los cauces, etc.

La Escorrentía Superficial es el fenómeno más importante desde el punto de vista de ingeniería, y consiste en la ocurrencia y el transporte de agua en la superficie terrestre. La mayoría de estudios hidrológicos están orientados al aprovechamiento del agua superficial y a la protección contra los fenómenos provocados por su movimiento. De la precipitación que alcanza el suelo, parte queda retenida ya sea en depresiones o como película en torno a partículas sólidas. Del excedente de agua retenida, parte se infiltra y parte escurre superficialmente. Se define como exceso de precipitación a la precipitación total caída al suelo menos la retenida e infiltrada.

Puede ocurrir que el agua infiltrada venga, posteriormente, a aflorar en la superficie como fuente de una nueva escorrentía superficial. La Escorrentía Superficial comprende el exceso de la precipitación que ocurre después de una lluvia intensa se mueve libremente por la superficie del terreno, la escorrentía es una corriente de agua que

puede ser alimentada tanto por el exceso de precipitación como por las aguas subterráneas.

El agua es un factor determinante en el desarrollo de los pueblos, motivo por el cuál es necesario su adecuado manejo. Al sur del Perú, en el departamento de Tacna, la oferta hídrica actual no abastece los requerimientos actuales por lo que se presenta un estado de déficit que no ha sido superado a la fecha. Conscientes de esta problemática recurrimos a la ingeniería para evaluar la calidad de vida frente al aprovechamiento económico, teniendo en cuenta que la explotación de un recurso natural es económicamente rentable en la medida que pueda ser recuperado físicamente.

Antiguamente sólo se pensaba en la cantidad de agua disponible, sin embargo su calidad es un factor muy importante, ya que puede decidir si es apto o no para cierto uso o si el tratamiento correctivo necesario va a ser económicamente viable.

El agua es capaz de incorporar gran cantidad de sustancias al entrar en contacto con terrenos por donde circula. Estas sustancias naturales o de actividades humanas, pueden contaminar el acuífero, siendo las consecuencias posiblemente graves y llegar a situaciones de remedio muy costosas. La calidad del agua está en función de sus características químicas, físicas, bacteriológicas, biológicas y radioactivas, que pueden afectar su adaptabilidad al uso poblacional (agua potable) y agrícola.

CAPITULO I ASPECTOS GENERALES

1.1. Planteamiento del Problema

En la actualidad, se han generado modelos avanzados para realizar los análisis hidrológicos o en análisis de las cuencas hidrográficas.

Por tanto habría que especificar que un análisis hidrológico se define como un estudio en el que la cuenca total de estudio se divide en un número de sub cuencas, en las que se considera una globalización de los parámetros geométricos, hidrológicos, etc., para cada una de las sub cuencas que componen el área de drenaje total. En tal sentido planteamos la modelización hidrológica usando ARCGIS y sus Extensiones, con el fin de modelar hidrológicamente la cuenca Maure.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

- Efectuar la modelación hidrológica usando el ARCGIS y sus extensiones para contar con una herramienta de gestión para el uso adecuado del agua en la cuenca del río Maure.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Llevar a cabo la Modelación Hidrológica de la Cuenca del río Maure apoyándonos en el software ARCGIS 10.0.
- Analizar las variables que intervienen para la estimación de caudales utilizando el Sistema de Información Geográfica.
- Recopilar registros históricos e información de mediciones de caudal en campo, en puntos estratégicos de los afluentes que

conforman la Cuenca del rio Maure.

- Determinar caudales instantáneos en el punto de interés usando HEC-HMS.

1.3. Hipótesis Planteada

La implementación del modelo hidrológico de las sub cuencas concurrentes de la cuenca del rio Maure, permitirá estudiar el comportamiento hidrológico de dicha cuenca y contar con una herramienta de gestión del uso de los recursos hídricos en la cuenca.

1.4. Justificación

Dado que uno de los objetivos de la ingeniería es dotar al ser humano de las herramientas necesarias para protegerse del poder de los fenómenos naturales y de su carácter, a veces, destructivo, los modelos hidrológicos podrían utilizarse para realizar predicciones de avenidas más ajustadas a la realidad. Dentro de este marco, se podrían mencionar las grandes avenidas provocadas por episodios de lluvia especialmente intensos y/o duraderos que se han sucedido a lo largo de la historia y que han causado multitud de pérdidas tanto materiales como de vidas humanas. Estos sucesos, en algunos casos, han provocado las peores catástrofes que han asolado, en los últimos años, algunos puntos de la geografía mundial. En el ámbito regional y nacional también se puede apreciar esta situación, cuando se presentan periodos lluviosos, y en el caso específico se busca efectuar el modelamiento hidrológico del sistema para la cuenca del rio Maure.

CAPITULO II REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Revisión de investigaciones realizadas

El presente trabajo tiene como base, los siguientes estudios:

Estudio Hidrológico, “Evaluación Y Ordenamiento de los Recursos Hídricos en las Cuencas de los ríos Caplina y Uchusuma”. Ministerio de Agricultura en el año 2002.

El análisis estadístico, utilizó la información disponible de descargas y precipitación.

La precipitación media de la cuenca fue determinada utilizando la información de estaciones cercanas dentro y fuera de la cuenca y con información consistente. Utilizó SURFER y AUTOCAD, para facilitar los cálculos y obtener mayor precisión en el trazo y en la determinación de áreas de polígonos que fueron necesarios para determinar la precipitación media de la cuenca.

Evaluación Hidrológica Cuenca Maure”. Proyecto Especial Tacna. INADE. Realizado por el *Ph.D. Edwin Pino Vargas en el año 2 000*, donde desarrollo La geomorfología superficial de la cuenca utilizando AUTOCAD.

2.2. Marco Teórico

FAUSTINO (2006) no indica que se denomina cuenca hidrográfica al área territorial de drenaje natural donde todas las aguas pluviales confluyen hacia un colector común de descarga. Los límites de una cuenca están determinados por la línea de «divortium aquarum» o divisoria de aguas.

Debemos señalar que no siempre los límites geográficos (superficiales) suelen coincidir con los límites del acuífero (subterráneo), pudiendo existir transferencias de masas líquidas entre una cuenca y otra adyacente o cercana.

La línea de divortium aquarum se inicia y termina en la cota más baja o de salida de la cuenca.

JIMÉNEZ (2006) Una cuenca hidrográfica puede dividirse atendiendo a diferentes criterios. Atendiendo al grado de concentración de la red de drenaje, define unidades menores como subcuencas y microcuencas

El funcionamiento de la escorrentía superficial y subterránea de la cuenca puede caracterizarse por su geología, morfología, por la naturaleza del suelo y por la cobertura vegetal.

La influencia de estos factores sobre la transformación de la precipitación en escorrentía es fácilmente intuible cualitativamente, estribando la dificultad en expresar estas influencias mediante parámetros sencillos y complejos de carácter cuantitativo. Sin embargo, es posible definir cierto número de índices o "parámetros" susceptibles de servir, al menos de referencia en la clasificación de cuencas y de facilitar los estudios del funcionamiento base hidrológica, hidráulica y de los movimientos del agua en la cuenca hidrográfica.

ALPÍZAR (2006) Las características fisiográficas de la cuenca pueden ser explicadas a partir de ciertos parámetros o constantes que se obtienen del procesamiento de la información cartográfica y conocimiento de la topografía de la zona de estudio. La cuenca como unidad dinámica natural

es un sistema hidrológico en el que se reflejan acciones recíprocas entre parámetros y variables. Las variables pueden clasificarse en variables o acciones externas, conocidas como entradas y salidas al sistema, tales como: precipitación, escorrentía directa, evaporación, infiltración, transpiración; y variables de estado, tales como: contenido de humedad del suelo, salinidad, cobertura vegetal, entre otros. Los parámetros en cambio permanecen constantes en el tiempo y permiten explicar las características fisiomorfométricas de la cuenca.

En general, las variables del sistema hidrológico cambian de tormenta a tormenta, en contraste con los parámetros que permanecen invariables. En hidrología superficial existe una relación muy estrecha entre parámetros y variables, relaciones que son muy bien aprovechadas por el ingeniero para solucionar problemas cuando se carece de información hidrológica en la zona de estudio.

Núñez (2005) La elaboración de una base digital de cuencas hidrográficas para todo el Perú es una necesidad. La utilización del método Pfafstetter para clasificación y subsecuente codificación de las cuencas hidrográficas es plenamente justificable, dadas a sus características únicas.

De esta manera, permite que el código de cada unidad hidrográfica sea única dentro de un continente.

La totalidad del territorio es codificado por el Sistema de Pfafstetter. No deja ningún área del territorio sin codificar. Tanto cuencas e intercuencas son codificadas con este sistema.

El método de codificación de Pfafstetter, hace un uso mínimo de la cantidad de dígitos en los códigos, cuyas cantidades, solamente, dependen del nivel que se está codificando.

Carabias y Landa, (2008) La cuenca hidrográfica es el espacio geográfico que contiene los escurrimientos del agua y que la conducen hacia un punto de acumulación terminal. Incluye ecosistemas terrestres (selvas, bosques, matorrales, pastizales, manglares, entre otros) y ecosistemas acuáticos (ríos, lagos, humedales, etc.) y sus límites se establecen por el parteaguas desde donde escurre el agua que se precipita en el territorio delimitado por éste, en un punto de salida.

Campos, (2006) Es cada vez más común una visión integral y no sólo biofísica que considera a las cuencas como: territorios donde se produce la interrelación e interdependencia entre los sistemas físicos y bióticos, y el sistema socioeconómico, formado por los usuarios de las cuencas.

Duarte (2006), los socioecosistemas son sistemas naturales que, de una forma compleja se vinculan e interactúan de manera dinámica e interdependiente con uno o más sistemas sociales. Este concepto aporta una visión integral de la complejidad de los problemas ambientales, dentro de los cuales se inserta la gestión del agua o de una cuenca, ya que permite tender puentes entre las ciencias biogeofísicas, sociales y las tecnologías, generando un marco interdisciplinario gracias al cual ecólogos, economistas, sociólogos, antropólogos e ingenieros comparten no sólo el objeto de estudio sino sobre todo un marco conceptual y metodológico. Considerar una cuenca como un socioecosistema permite

orientar la toma de decisiones partiendo de un análisis que integra el conocimiento sobre los componentes biofísicos y su estructura que determinan su funcionamiento, con los aspectos económicos, sociológicos y políticos que actúan sobre ella.

Poats, (2007) Una cuenca social es, entonces, un espacio delimitado por los nacimientos de los cursos de agua y las zonas altas que los protegen y nutren, y se extiende hasta donde llegan las aguas 'naturalmente' y hasta donde se conduce el agua por los hilos contruidos por las sociedades. Se puede decir que es una composición compleja que comprende la cuenca geográfica y sus zonas de influencia, determinadas por los usuarios y usuarias del agua.

Una cuenca social suele implicar un traslape de varias cuencas geográficas entrelazadas por el tejido social que construyen los múltiples usuarios.

Cotler (2004) nos dice que en la búsqueda de instrumentos de gestión que faciliten la transversalidad de políticas sectoriales, diversos países han encontrado en el Manejo integral de cuencas un instrumento de planeación y de gestión adecuado.

Dourojeanni (2002). Si hablamos de gestión de una cuenca además de percibir los recursos hídricos como parte de un sistema funcional considerando las complejas interconexiones entre los componentes físicos y bióticos, se debe tomar en cuenta dos grupos de acciones complementarias: Un grupo de acciones orientadas a aprovechar los recursos naturales (usarlos, transformarlos, consumirlos) presentes en la

cuenca para asistir al crecimiento económico, y otro grupo de acciones orientadas a manejarlos (conservarlos, recuperarlos, protegerlos) con el fin de asegurar una sustentabilidad del ambiente. Podría agregarse además que estos dos grupos de acciones deben ejecutarse con la participación de los actores, habitantes o con intereses en la cuenca, con el fin de tender hacia la equidad

En la evolución del concepto de Manejo e incluso de Gestión integral de cuenca se ha ido incorporando cada vez más la necesidad de considerar los aspectos sociales y la participación. Sin embargo, más allá de las declaraciones y de las intenciones, la cuestión fundamental finalmente es si existe una verdadera posibilidad de autodeterminación o si la participación se limita a decisiones tomadas desde arriba, por los actores con más poder, o simplemente para aparentar cumplir con un marco normativo.

2.3. Modelamiento Hidrológico con HEC – HMS

2.3.1. Aspectos generales

El objetivo principalmente es la generación de los caudales máximos empleando HEC-HMS, por tanto se podrá simular la respuesta hidrológica utilizando los componentes referidos a modelos de la cuenca, modelos meteorológicos, especificaciones de control y datos de entrada.

HEC-HMS

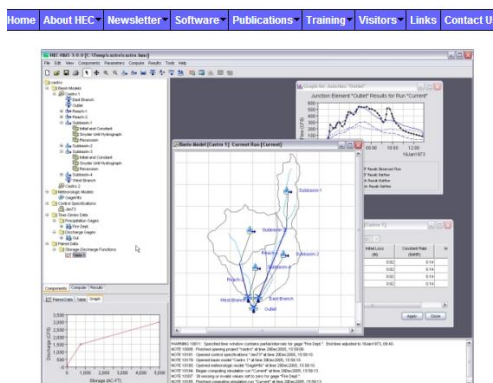


Figura N° 01 entrada principal para descargar HEC-HMS

En tanto para este tipo de cuenca que no cuenta con información o registros de descargas instantáneas en los puntos de interés, es recomendable que podamos utilizar este tipo de modelos que nos permitan transformar datos de lluvia en descargas en el modelo de cuenca, dado el modelo meteorológico preestablecido.

HEC-HMS es un programa complejo que calcula el hidrograma producido por una cuenca si le facilitamos datos físicos de la cuenca y datos de precipitación.

Las diversas fases del trabajo del programa pueden esquematizarse así:

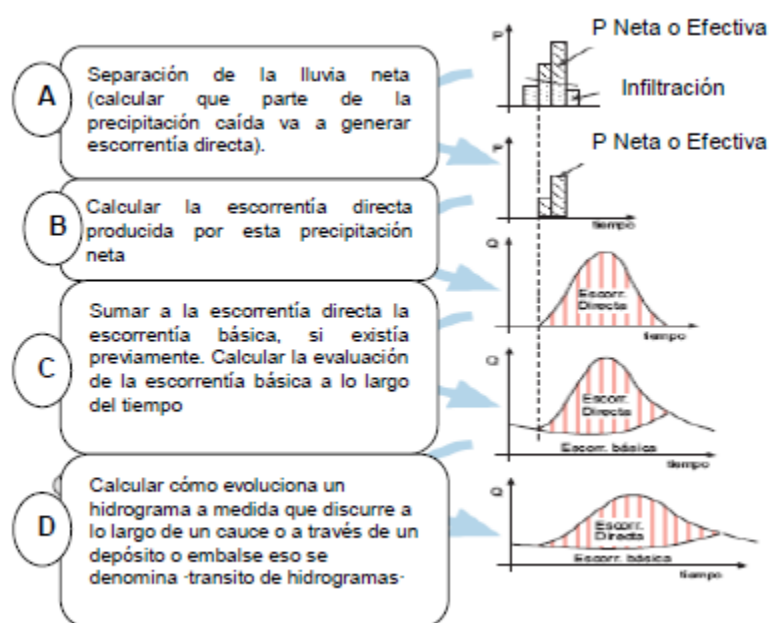


Figura N° 02 Fases de trabajo del HEC-HMS

HMS permite establecer varias subcuencas. El programa realiza los cálculos de las tres primeras fases (A, B, C) para cada subcuenca, y calcula la última fase (D) para cada tránsito a lo largo de un cauce (la evolución del hidrograma que, generado en una subcuenca, circula por otra distinta). Al final suma todos los caudales generados y transitados a lo largo del recorrido y nos proporciona (en tabla y en gráfico) el hidrograma en la salida de la cuenca.

Para simular la respuesta hidrológica de una cuenca, HEC-HMS utiliza los siguientes componentes: modelos de cuenca, modelos meteorológicos, especificaciones de control y datos de entrada.

Una simulación calcula la transformación de lluvia a caudal en el modelo de la cuenca, dada la entrada del modelo meteorológico.

Las especificaciones de control definen el periodo de tiempo durante el cual se realizará la simulación y el intervalo de tiempo a utilizar. Los componentes de los datos de entrada, tales como las series temporales, tablas y datos por celdas son requeridos como parámetros o condiciones de contorno tanto en el modelo de la cuenca como en el meteorológico.

2.3.1.1. Modelo de cuenca

El modelo de la cuenca representa la cuenca física. El usuario desarrolla el modelo de la cuenca incluyendo y conectando elementos hidrológicos.

Los elementos hidrológicos usan modelos matemáticos para describir los procesos físicos que se producen en la cuenca.

El cuadro 34 describe tales elementos hidrológicos.

Los métodos de cálculo que se usan en las subcuencas se describen en el cuadro 35.

Los métodos de cálculo que se usan en los tramos son los relativos a la propagación de caudales y son: Onda

cinemática, Retardo, Puls modificado (embalse a nivel),
Muskingum y Muskingum-Cunge.

Cuadro Nº 01 Descripción de los elementos hidrológicos

Elemento Hidrológico	Descripción
Subcuenca (Subbasin)	Se usa para representar la cuenca física. Dada la precipitación, la salida de agua de la subcuenca se calcula restando las pérdidas a la precipitación y transformando el exceso de precipitación en caudal en el punto de salida de la subcuenca, sumando finalmente el caudal base.
Tramo (Reach)	Se usa para transportar el agua generada en algún punto de la cuenca hacia aguas abajo hasta otro punto de la cuenca, definidos ambos en el modelo de la cuenca. La respuesta de este transporte es un retardo y una atenuación del hidrograma de entrada.
Unión (Junction)	Se usa para sumar flujos de agua que provienen de elementos hidrológicos situados aguas arriba de la unión. La respuesta es simplemente la suma de los hidrogramas de todos los elementos conectados a la unión.
Fuente (Source)	Se usa para introducir agua dentro del modelo de la cuenca. Este elemento no tiene entrada y la salida está definida por el usuario.
Sumidero (Sink)	Se usa para representar el punto de salida de la cuenca. La entrada puede provenir de uno o más elementos situados aguas arriba del sumidero. Este elemento no tiene salida.
Depósito (Reservoir)	Se usa para modelar la retención y atenuación de un hidrograma causado por un embalse o depósito de retención. La entrada puede provenir de uno o varios elementos hidrológicos situados aguas arriba del depósito. La salida puede calcularse de 2 maneras: el usuario define una relación almacenamiento-salida, cota-almacenamiento-salida o cota-área-salida o bien el usuario define una relación cota-almacenamiento o cota-área y una o más estructuras de salida.
Derivación (Diversion)	Se usa para modelar un flujo de agua que abandona un tramo de cauce. La entrada proviene de uno o varios elementos de aguas arriba. La salida de este elemento consiste un flujo derivado y otro no derivado (que sigue por el cauce). El flujo derivado se define por el usuario. Tanto los flujos derivado como no-derivado se pueden conectar aguas abajo con otros elementos.

Cuadro Nº 02 Métodos de cálculo para subcuencas

Tipo de modelo	Método
Pérdidas	Déficit y tasa constante (DC) Inicial y tasa constante Exponencial Número de curva CN SCS Green y Ampt Consideración de la humedad del suelo (SMA) DC por celdas CN SCS por celdas SMA por celdas
Transformación lluvia-caudal	Hidrograma Unitario (HU) de Clark Onda cinemática ModClark HU SCS HU Snyder HU especificado por el usuario Hidrograma en S del usuario
Flujo Base	Recesión restringida Constante mensual Depósito lineal Recesión

Para éste caso particular se han utilizado los siguientes modelos:

- Modelo de pérdida de agua: Modelo del número de curva (SCS Curve Number).
- Modelo de transformación: Modelo de Clark.

Para el modelo SCS o número de curva ha sido relevante conocer el tipo de cobertura que tiene la cuenca y el tipo de suelo relacionado al grado de infiltración que poseen, para ello se ha efectuado el reconocimiento de campo correspondiente.

De acuerdo al US Soil Conservation Service, el escurrimiento superficial acumulado Q en mm (equivalente a la lluvia en exceso P_{ex}), tiene la siguiente expresión:

2.3.1.2. Modelo meteorológico

El modelo meteorológico calcula la entrada de precipitación que requiere un elemento de subcuenca. El modelo meteorológico puede usar precipitación puntual o por celdas y puede modelar precipitación sólida y líquida junto con la evapotranspiración. Los métodos de evapotranspiración incluyen el método constante mensual y el de Priestley Taylor. Un método de evapotranspiración se requiere únicamente cuando se desee una respuesta de la cuenca continua o a largo

plazo. Un abreviado descripción de los métodos disponibles para calcular la precipitación media en la cuenca o celda a celda se incluye en el cuadro 36.

Cuadro N° 03 Descripción de los métodos en el modelo meteorológicos

Métodos de Precipitación	Descripción
Tormenta asociada a frecuencia	Se usa para desarrollar un evento de precipitación donde los volúmenes correspondientes a distintas duraciones tienen una probabilidad de excedencia consistente.
Pluviómetros con pesos	Este método aplica pesos definidos por el usuario a los pluviómetros que el usuario desee.
Precipitación por celdas	Este método permite usar productos con precipitación por celdas, como por ejemplo los datos de Radar.
Inversa de la distancia	Se usa para calcular la precipitación media en una subcuenca aplicando una ponderación basada en la inversa de la distancia al cuadrado.
Tormenta del SCS	Este método aplica una distribución temporal tipo SCS a un volumen total de lluvia en 24 horas.
Hietograma especificado	Este método aplica un hietograma definido por el usuario a un elemento de subcuenca.
Tormenta de proyecto estándar	Este método aplica una distribución temporal a un volumen índice de precipitación (este índice se extrae de un Manual del Corps of Engineers y es válido sólo para Estados Unidos. Está actualmente en desuso).

Fuente: Manual de Hec-Hms versión en español

2.3.1.3. Especificaciones de control

Las especificaciones de control se refieren al tiempo de duración de la simulación, incluyendo también fecha y hora de comienzo y fin del proyecto e intervalo de cálculo.

2.3.1.4. Simulación hidrológica

El HEC-HMS es un programa de simulación hidrológica desarrollado para estimar los hidrogramas de salida en una cuenca o varias subcuencas ó microcuencas a partir de información de lluvia, aplicando para ello métodos de

cálculo de transformación de lluvia a escorrentía, pérdidas por infiltración y caudal base.

El programa incluye una interfaz gráfica para el usuario (GUI) que le permite introducir la información necesaria para una simulación, manejar los componentes de análisis hidrológico a través de módulos integrados, y obtener respuestas gráficas o tabuladas de fácil comprensión e impresión. El documento de ayuda incorporado en el programa aclara la utilización de las opciones del programa.

Los archivos de extensión DSS (Data Storage System) se utilizan para almacenar y trabajar con series de tiempo, funciones emparejadas y datos de grilla en una forma muy transparente para el usuario.

Para definir la estructura de las cuencas, el programa considera los siguientes elementos (ver las indicaciones de la ayuda del programa):

- Subcuencas (subbasins)
- Tramos de tránsito (routing reach)
- Uniones (junctions)
- Embalses (reservoirs)
- Fuentes (Sources)
- Sumideros (sinks)
- Derivaciones (diversions)

Con estos siete componentes, el usuario puede elaborar una cuenca tan compleja como requiera el problema que está tratando y como permita la información de campo disponible. Si se cuenta con información digital de campo, el HMS incluye la opción de trabajar la cuenca con subdivisiones en grillas o celdas, cada una de las cuales almacena información pertinente respecto a la precipitación, área, pendientes y condición de humedad del suelo.

Los elementos anteriores se disponen en forma de redes dendríticas con un orden o secuencia lógica para realizar los cálculos desde las subcuencas que conforman las cabeceras aguas arriba hasta el punto de salida de todo el caudal aguas abajo. El usuario debe prestar atención a este criterio, ya que los cálculos siguen rigurosamente esta secuencia (por ejemplo si tienen en cuenta una derivación no pueden entregar las aguas derivadas en un punto aguas arriba, aunque técnicamente esto sea factible). Por tal motivo, el primer paso en la preparación de la información consiste en definir correctamente la estructura de la cuenca que se pretende simular.

Estos tres módulos deben definirse completamente antes de iniciar la corrida de la simulación.

El programa HEC-HMS permite simular eventos aislados de crecientes asociados con un patrón de tormenta de diseño para un cierto período de retorno. La suposición de que el período de retorno de la tormenta es coincidente con el período de retorno de

la creciente respectiva ha despertado muchas controversias entre los investigadores en hidrología, haciendo evidente que el tratamiento probabilístico de los dos fenómenos, aunque no es mutuamente excluyente si depende de otros factores, entre ellos el área de la cuenca considerada, las condiciones antecedentes de humedad en los suelos para períodos largos y los cambios introducidos por el hombre en el uso y conservación de los suelos. Pensando en ello, el programa permite en la actualidad considerar las condiciones antecedentes de humedad para un registro de precipitación de muchos días a partir de unas condiciones iniciales, lo que puede asemejarse en parte a un modelo continuo y distribuido de humedad en los suelos, ya que se trabaja con un modelo tipo celdas.

Los resultados arrojados por HEC-HMS permiten:

- Dimensionar obras de control de inundaciones como pondajes, piscinas de amortiguamiento de crecientes y embalses.
- Establecer dimensiones preliminares de ponederos, alcantarillas viales y sistemas de drenaje pluvial.
- Estudiar el impacto ambiental de las crecientes, causado por la transformación del uso de los suelos en cuencas rurales y urbanas.

Por otro lado, los resultados de HEC-HMS **NO** permiten:

- Establecer un balance hidrológico confiable de la cuenca.

- Hacer estudios de calidad de agua, erosión ni sedimentación.
- Trabajar con flujos diferentes al agua, v.gr. flujos de lodos o de detritos, que pueden estar asociados directamente con las crecientes pero que tienen diferentes comportamientos geológicos.

¿Qué tipo de información requiere el programa?

La información que necesita el programa está relacionada directamente con los métodos de cálculo que maneja. Existen cinco grupos básicos de información que deben suministrarse a HEC-HMS para efectuar las simulaciones:

- Información acerca de la precipitación histórica o de diseño.
- Información acerca de las características del suelo.
- Información morfométrica de las subcuencas.
- Información hidrológica del proceso de transformación de lluvia en escorrentía.
- Información hidráulica de los tramos de canal y de las capacidades de los embalses (métodos de tránsito).

Para la calibración, validación y análisis de sensibilidad del modelo, además de la información anterior se necesitan:

- Registros concordantes de precipitación y caudales de salida (hietogramas e hidrógrafas)

- Determinación de las condiciones iniciales de humedad en los suelos (difícil de lograr).

¿Cómo calibrar y validar los resultados arrojados por HEC-HMS?

Como en todo modelo, para que los resultados de la simulación en HEC-HMS representen con algún grado de confiabilidad el comportamiento de la cuenca que se está analizando, es necesario someterlos a pruebas de calibración, validación y análisis de sensibilidad de los parámetros involucrados.

La calibración o estimación de parámetros y la validación se basan en dos o más registros históricos de precipitación y caudales para un mismo evento. Estos registros son escasos en la mayoría de las cuencas, así que no se puede hacer mucho juego con las posibilidades. Si se cuenta sólo con dos registros lluvia-caudal por ejemplo, entonces uno debe ser usado en la calibración y el otro en la validación. En la medida en que el número aumente, se deben discriminar los dos grupos de datos para que la validación no resulte viciada con los datos de la calibración.

En HMS la estimación de los parámetros se hace automáticamente a partir de una selección inicial de todos los valores por parte del usuario, hasta producir un ajuste óptimo de los valores calculados con los observados. El programa permite calibrar los parámetros asociados con:

- Las pérdidas por infiltración
- Los métodos de transformación de la lluvia en escorrentía

- El flujo base y
- El tránsito de caudales desde las subcuencas localizadas aguas arriba del sitio de donde proviene el registro.

Las funciones objetivo que utiliza HMS para la calibración son las siguientes (consultar la ayuda del programa):

- Ajuste ponderado por mínimos cuadrados
- Sumatoria del cuadrado de los residuos (no ponderada)
- Suma de los valores absolutos de los residuos
- Porcentaje de error respecto al caudal pico

HMS emplea dos métodos de búsqueda y aproximación a los valores óptimos: El método del gradiente univariado que cambia un parámetro por iteración y el método de Nelder & Mead que los cambia todos en una misma iteración. Aunque el segundo suele ser más dispendioso, por lo general parece aproximar a un mejor valor del óptimo. Por otro lado, existen restricciones o rangos para los valores de los parámetros con el fin de evitar que se produzcan respuestas poco razonables en la optimización (consultar la ayuda del programa). Para evaluar la confiabilidad de los resultados de la calibración se utiliza una medida de la sensibilidad de la función objetivo respecto a los parámetros. La función objetivo se calcula cambiando el valor de uno de los parámetros ya optimizados entre 0,995 y 1,005 veces su óptimo, mientras todos los demás se conservan invariantes.

La medida de sensibilidad es el cambio en porcentaje del valor de la función objetivo como resultado del cambio en 1% del óptimo del parámetro.

La validación de los resultados del modelo después de calibrados los parámetros se hace directamente con la simulación del programa al cual se le introduce un registro de precipitación de verificación y se compara la hidrógrafa de salida calculada con la registrada para el mismo evento.

2.4. Información básica

2.4.1. Geología Local

Las características de las formaciones geológicas se describen a continuación (Información recolectada de la Comisión Geológica Nacional, Boletín N°10, Geología de los cuadrángulos de Maure y Antaje):

2.4.1.1. Depósitos Murrénicos

Son depósitos que se ubican en las partes altas e intermedias de los conos volcánicos, mostrando formas alargadas o lomadas aisladas, que evidencian los avances glaciares ocurridos en el Pleistoceno.

2.4.1.2. Depósitos de Sinter

Son depósitos producto de concentraciones de sílice y boratos que tiene su origen en la actividad hidrotermal. Las aguas termales cargadas de sílice, boratos y eventualmente carbonatos, poco a

poco forman costras de sílice formando depósitos de Sinter que dan la apariencia de ser rocas antiguas que causan confusión algunas veces.

El Sinter se forma durante el proceso de petrificación de las borateras, formado estratos muy duros de color marrón claro. Generalmente se encuentran en las borateras más antiguas, que están en proceso de extinción, como en Pilar Pampa, Juntupujo, etc.

2.4.1.3. Depósitos Eólicos

Estos depósitos provienen de la erosión producida por el viento de las rocas adyacentes no tienen mucho espesor.

2.4.1.4. Depósitos de Cenizas

En el sector de cerro Blanco, se observa materiales volcánicos mayormente finos (cenizas) con lapilli y otros más gruesos no consolidados, que al parecer han sido depositados por las últimas fases volcánicas explosivas del sur andino. Configuran terrenos áridos de suelos arenosos y porosos de aspecto terroso infértil.

2.4.1.5. Depósitos Aluviales

En la zona del altiplano cubren extensas pampas formando terrazas y llanuras aluviales, dentro de este grupo se incluyen a los depósitos netamente fluviales conformados por materiales heterogéneos, bien redondeados, con cierta selección, de naturaleza y composición variable que se ubican en el lecho del río.

2.4.1.6. Depósitos Fluviales

Estos depósitos están constituidos por acumulaciones de gravas poligénicas, de forma subangulares o subredondeadas, arenas gruesas que se encuentran rellenando los lechos de los ríos y quebradas. Estos materiales carecen de consolidación y selección.

2.4.1.7. Depósitos Fluvioglaciares

Son rocas que se encuentran alrededor de los centros volcánicos en sus sectores intermedios y bajos, extendiéndose en algunos casos hacia las pampas. Estos depósitos están formados por materiales mayormente volcánicos, sin estratificación y escasa selección de sus fragmentos, variando en los tamaños de arena gruesa, gravilla, grava, bloques grandes y eventualmente bloques heterogéneos, cuya dimensión refleja la capacidad de transporte y erosión sufrida.

2.4.1.8. Volcánico Ichuralla

Se trata de una secuencia de piroclásticos masivos, cenizas y lapillis con estratificación pobre, tonalidades amarillo ocre y contenido abundante de fragmentos de pómez de hasta 6 cm. En la parte media presenta bancos de brecha piroclástica con fragmentos angulosos o bloques de hasta 0.50 m, estratificados con buzamiento variable, duros y cementados. En la parte superior se expone cenizas o arenas volcánicas finas con estructuras de flujo, lapillis de pómez en estratos intercalados de color amarillo.

Hacia el norte y nordeste sus afloramientos paulatinamente se disipan frente a Azancallani y Pinahue, cubriendo los depósitos aluviales y fluvio-glaciares indicando su posición encima de una morfología moderna.

2.4.1.9. Volcánico Paucarani

Comprende derrames lávicos a partir de conos de volcanes recientes bien formados y los piroclastos, que forman pedimentos estructurales concéntricos; como los derrames de la localidad de Paucarani.

2.4.1.10. Volcánico Purupuruni

Aflora en un sector de la cordillera, reposando con discordancia sobre el Volcánico Barroso. Las localidades típicas son los Cerros Purupuruni y Palluta. Litológicamente consiste de derrames dacíticos con alto contenido de fenocristales (más de 50%) de plagioclasa y biotita, textura porfírica con poca matriz y de baja densidad debido a su característica débilmente esponjosa.

Estas tobas con contenido característico de líticos se interpreta como precursores de la extrusión final de los domos Purupuruni, teniendo el mismo centro de origen. También se incluye algunos mantos de arena volcánicas de grano fino a medio de coloración gris que se encuentran adosadas en el flanco oeste y noroeste del cerro Jucure.

2.4.1.11. Volcánico Barroso

Tiene amplia distribución en la zona de influencia, se le encuentra constituyendo una serie de conos volcánicos. Estas superficies generalmente se encuentran tapizadas por materiales fluvio-glaciares y soportando disección incipiente por concentración de la escorrentía superficial.

2.4.1.12. Volcánico Chila

Corresponde a efusiones lávicas y piroclásticos que conforman la base del Barroso. Está constituido por series alternantes de derrames andesíticos de color gris y piroclásticos.

En el Cerro Chila, presenta una litología que consiste de alternancia de bancos de brechas, conglomerados con clastos grandes y en niveles superiores hay presencia de derrames andesíticos de textura porfirítica.

2.4.1.13. Formación Capillune

Mendível (1965) señala como Formación Capillune a sedimentos con estratificación horizontal constituidas por intercalaciones de areniscas, limolitas y piroclásticos, afloramientos más conspicuos se ha observado al noreste de La Boratera, aguas arriba de Kovire.

2.4.1.14. Formación Sencca

Consiste de tobas blanquecinas que aparecen principalmente en los cortes de los ríos Maure y Caño. Son de naturaleza riolítica y

como algo característico engloban fragmentos de pómez y gránulos de cuarzo de tonalidad violácea.

Se encuentra reposando casi concordantemente sobre la Formación Maure e infrayace a volcánicos presumiblemente del Barroso y a depósitos fluvioglaciares.

2.4.1.15. Formación Maure

Su descripción como Grupo considera volcánicos interestratificados (Ignimbritas, tobas aéreas, lavas, andesitas basálticas) y sedimentos lacustres donde predominan tobas retrabajadas, limolitas, fangolitas, calizas con algunas areniscas, conglomerados y lutitas negras.

Se establece que este Grupo es de ámbito regional y se le asigna un espesor entre 500 y 1 000 m.

Una buena exposición se encuentra en el lugar de Pocuyo donde se puede observar una columna de aproximadamente 70 m predominantemente de piroclásticos, constituida en su parte superior por cenizas finas de color beige, arenas volcánicas, horizontes delgados de lapilli de pómez color crema, areniscas tufáceas, cenizas blancas dacíticas y lentes de flujos piroclásticos color marrón.

Esta unidad reposa discordantemente sobre el Grupo Puno e infrayace con discordancia no muy pronunciada a los Volcánicos Sencca y con ligera discordancia a los Volcánicos Barroso, se observa una mayor difusión en territorio boliviano.

2.4.1.16. Volcánico Huillacollo

Como tal se considera a una serie volcánica compuesta de derrames lávicos andesíticos y riolíticos, con algo de piroclastos y tufos; que por lo general se les relaciona con las fases volcánicas superiores del Grupo Toquepala.

Se le diferencia por haber sido identificado en las inmediaciones del cerro Huillacollo donde adquiere una especial configuración.

2.4.1.17. Formación Puno

Presenta una secuencia de areniscas, brechas y derrames lávicos con intercalaciones de conglomerados con clastos de diferentes naturaleza.

Como los afloramientos no son muy extensos no ha sido posible establecer una columna estratigráfica completa, a estas secuencias se les considera perteneciente al Grupo Puno y por tanto se asigna a una edad Cretácico Superior – Terciario Inferior. En los cortes naturales del río Caño, al sureste de Chiluyo Chico se observa que éste grupo infrayace con fuerte discordancia a la Formación Maure.

Cerca de Pocuyo se observa una secuencia de brechas volcánicas andesíticas, algo violáceas conteniendo clastos de hasta 0,70 m, luego conglomerados con clastos bien trabajados, con cierto grado de meteorización adoptando tonalidades algo rojizas por oxidación, luego un grueso banco de areniscas bien estratificadas, algo friables de grano medio y tonalidad rojiza. La secuencia

descrita está cruzada transversalmente al rumbo de las capas por numerosos diques andesíticos.

En el sector del cerro Huancarama, en ambas márgenes del río Maure, este grupo, está constituido predominantemente por areniscas de grano medio a grueso algo friables, con intercalaciones de horizontes conglomerádicos.

Esta información se encuentra en el anexo de mapas. **(Mapa N° 01).**

2.4.2. Geomorfología

2.4.2.1. Arco Volcánico del Barroso

Se da esta denominación a la cadena de montañas agrestes de origen volcánico que atraviesan por el lado SO del cuadrángulo, siguiendo un alineamiento claramente semicircular con su concavidad hacia el Pacífico, la misma que se prolonga por muchos kilómetros fuera de la hoja.

Esta cadena constituye la divisoria de aguas entre la cuenca cerrada del altiplano peruano-boliviano y la cuenca del Pacífico. Las cumbres más elevadas de la región, algunas de ellas cubiertas de nieve (nevados de Coruña, Iñuma, etc.), quedan a lo largo de esta cadena montañosa formada por rocas volcánicas, mayormente horizontales o de muy poca inclinación. Los derrames volcánicos por efecto de la denudación presentan una configuración incipiente de gradines y otras veces ofrecen superficies rugosas de extensiones algo reducidas, terminando frecuentemente en bordes escarpados.

Numerosos conos volcánicos sobresalen nítidamente dentro del conjunto formando majestuosas montañas, algunos de los cuales conservan su forma y estructura primarias bastante definidas, tal como el Yucamane (hoja de Tarata 35-V); en cambio otros han sido destruidos en mayor o menor grado por la glaciación cuaternaria como el Pizarane (5 400 m) y e Iscampu (5 320 m).

El Arco del Barroso está disectado por una serie de valles y quebradas de tipo consecuente en estado netamente juvenil, con perfiles transversales en “V” y en gran parte simétricos y de poco fondo.

Estos valles tienen una disposición radial en los conos volcánicos y adquieren formas dentríticas en las partes más bajas. La parte occidental del Arco del Barroso ofrece mayor pendiente y por consiguiente es más escarpado, los numerosos circos glaciares le dan un aspecto muy particular cuya descripción se hace aparte.

También a lo largo de esta unidad se encuentran varias lagunas pequeñas de origen glaciar, siendo la más grande la laguna Casiri.

La parte correspondiente a esta unidad está completamente despoblada y casi desprovista de vegetación, salvo uno que otro sitio donde se observa una escasa flora típico de estos lugares.

2.4.2.2. Altiplano

La unidad geomorfológica que se extiende al Este del Arco del Barroso, a excepción de la pampa de Mamaraya, corresponde al borde occidental del Altiplano peruano-boliviano.

En esta parte del Altiplano se han diferenciado las siguientes formas topográficas: planicies, zonas de conos volcánicos y lomadas.

2.4.2.3. Planicies

En la parte del altiplano abarcada por las hojas de Maure y Antajave se encuentra numerosas planicies de relieve suave, ondulado y con espacios interfluviales moderadamente convexos.

Estas superficies son conocidas en la región con la denominación de "Pampas", con más o menos extensas, de contornos irregulares y delimitadas por formas topográficas positivas, entre las cuales destacan los conos volcánicos

Las altitudes de las pampas fluctúan entre 4 050 y 4 600 m.s.n.m. y ofrecen de una manera general una suave inclinación hacia el Este y Sureste. Estas planicies o pampas son llanuras aluviales o también lacustres, producidas por relleno parcial de cuencas relativamente cerradas. En algunos casos estas acumulaciones reflejan la superficie de suaves pendientes pre-existentes, y en otros han rellenado depresiones de fondos irregulares.

Posteriormente estos depósitos han sido afectados por la erosión fluvial y actualmente muchos de los valles que atraviesan las pampas están en un proceso acelerado de encañonamiento, acción que va destruyendo su morfología típica.

Un ejemplo muy claro de este proceso se encuentra en las pampas que se extienden al Este de la cadena Condorpico-

Jucure, en cambio, en Mocco-Mocco Pampa, Caypajapu, Añotocoña, Jihuaña, Capazo, Llaitire, Achapate, Títire y Pilarpampa, la labor destructiva de los ríos está pasando por una etapa de inactividad relativa, gracias a obstáculos naturales que han ocasionado la formación de niveles de base locales y transitorios, prevaleciendo los ríos divagantes y principalmente anastomosados, razón por la que frecuentemente inundan las pampas y en algunos casos dan lugar a la formación de bofedales.

Las pampas que se hallan alrededor de las lagunas Vilacota y Tacatta, parecen haberse originado por el relleno de una laguna mucho más extensa que habría sido la antecesora de aquellas, cuya cubeta fue reduciéndose dando lugar a una llanura lacustre, quedando como remanentes las lagunas antes citadas.

En esta zona el valle más grande y mejor definido es el Maure, éste comienza a la altura del caserío Taccata, entre los cerros Chimingo y Ancocollo, cerca al borde Oeste de la hoja de Maure, a la cual cruza íntegramente con dirección SE, pasando a la hoja de Antajave para luego continuar un territorio boliviano. En todo este trayecto el valle presenta anchos y profundidades variables, marcadas inflexiones y una gradiente promedio de 0,4%.

En muchas de estas pampas se encuentran ubicados caseríos y cabañas de pastores, de preferencia en los lugares aledaños a los bofedales y manantiales; también estas superficies son los sitios más apropiados para el crecimiento de pastales, que constituyen

la base de la crianza del ganado lanar, representando especialmente por alpacas, llamas y en menor escala ovinos.

El clima en general es frío y con grandes variaciones de temperatura entre el día y la noche; además está caracterizado por fuertes ventarrones y continuas nevadas durante la época de lluvias; estos fenómenos también se presentan ocasionalmente en cualquier época del año, pero rara vez llegan a tener la intensidad y duración de las que se producen durante el verano austral, en que todos los campos se cubren con espesores considerables de nieve.

En cambio, durante la época de sequía se producen frecuentemente heladas con intensidades variables.

2.4.2.4. Zona de conos volcánicos

Bordeando a las planicies y a veces levantándose aisladamente en ellas se encuentra una serie de conos volcánicos que alcanzan altitudes máximas de 5 400 m con respecto al nivel del mar y alturas de 600 a 800 m sobre el nivel de las planicies. Los flancos de los conos tienen pendientes que oscilan entre 14 y 32%.

También dentro de esta unidad se han considerado a las rocas volcánicas más o menos horizontales que circundan a los conos, los cuales forman colinas cortadas por un gran número de quebradas y a veces terminan en bordes casi verticales.

Todos los conos volcánicos se hallan disectados por numerosas quebradas, que en muchos casos dan lugar a sistemas radiales

bien definidos. Generalmente los conos volcánicos se presentan cubiertos de morrenas, quedando los afloramientos de rocas “in situ” restringidos casi siempre a las partes más altas, a esto se debe que la topografía de los flancos sea más suave que la de las cumbres, donde se aprecia escarpas bien pronunciadas, alto grado de fragmentación de las rocas y una parcial destrucción del aparato volcánico.

En cuanto a su distribución los conos se disponen siguiendo determinadas direcciones, en algunos casos guardan entre sí un marcado paralelismo, por ejemplo la cadena integrada por los cerros Condorpico, Silpicota, Barahuarani, Jucure, Chile y Soravico es paralela al Arco del Barroso. En otros casos la distribución de los conos es irregular, esta modalidad es notoria en la parte nororiental del área. Los mejores ejemplos de aparatos volcánicos están representados por los conos Condorpico, Chila, Huancure, Toccoraque, Soravico, etc.

2.4.2.5. Lomadas

Esta clase de morfología está representada por una sucesión de pequeñas colinas bajas y alargadas, cuyas partes superiores son en unos casos aplanadas y en otros ligeramente convexas o hasta levemente onduladas. También se presentan como protuberancias aisladas o en grupos pequeños de poca altura, de contornos algo circulares y flancos muy inclinados.

En el área de Maure y Antajave existen dos sectores importantes con esta clase de topografía, que son las lomadas de Alcocollopampa y las lomadas de Pichacane. El sector de Alcocollopampa comprende el extremo Sureste de la hoja de Maure y toda la parte Sur de la hoja de Antajave, el paisaje es ondulado, con características de topografía madura y cuya inclinación general es hacia el Este-Sureste. Las lomadas están labradas en rocas de distinta composición y dureza. La parte más occidental de la zona indicada se halla cubierta por morrenas o materiales fluvioglaciares que conforman pequeñas colinas generalmente alargadas, está atravesada por valles anchos de poca altura, fondo plano y laderas fuertemente inclinadas hasta verticales. En general, estos valles y quebradas son de tipo consecuente y casi siempre con perfiles transversales simétricos.

En esta zona existen numerosas bofedales y las condiciones climáticas son las mismas de las planicies, en ella quedan ubicados varios caseríos y cabañas de pastores.

El sector de Pichacane comprende el extremo Noreste de la hoja de Maure y la parte Norte de la hoja de Antajave, las lomadas de este sector se han desarrollado en depósitos lacustres, de compactación moderada y de posición horizontal a suavemente inclinada. La sucesión de colinas da un aspecto ondulado al paisaje que en conjunto tiene una pendiente hacia los valles principales. Las colinas son bajas y algo alargadas con flancos de

inclinación suave, aunque a veces existen pequeñas escarpas que son el producto de determinadas condiciones de carácter local.

En el área de esta lomadas existen numerosos valles y quebradas con una distribución marcadamente radial, cuyos perfiles transversales son simétricos y algunos de ellos tienen fondo plano con abundancia de extensos bofedales. La vegetación y las condiciones climáticas en general son similares a las que se presentan en el sector de Alcocollapampa.

Esta información se encuentra en el anexo de mapas. **(Mapa N° 02).**

2.4.3. Información climática

2.4.3.1. Temperatura

La temperatura de la cuenca del ámbito del estudio obedece a un gradiente inverso, es decir que a mayor altitud menor temperatura. La información de temperatura presenta poca variabilidad interanual. La recolección de esta información se realiza a través termómetros y termógrafos de las estaciones meteorológicas.

Las temperaturas máximas alcanzan valores de 8,9 a 14,8 ° C en verano, los valores más altos se registran en la Cuenca Maure.

Esta información se encuentra en el anexo de mapas. **(Mapa N° 03).**

Las temperaturas medias alcanzan valores de 0,6 – 8 °C, los valores más altos se registran en la Cuenca Uchusuma, Caño y en la parte baja de la Cuenca Maure.

Esta información se encuentra en el anexo de mapas.

(Mapa N° 04).

Las temperaturas mínimas alcanzan valores de -11,4 a -5,03, los valores mínimos se registran en la parte alta de la Cuenca Maure.

Esta información se encuentra en el anexo de mapas.

(Mapa N° 05).

2.4.3.2. Humedad Relativa

La humedad relativa es más alta en la zona baja debido a su proximidad al Océano Pacífico. Esta información es registrada mediante los higrógrafos.

La humedad relativa oscila entre valores de 42 a 57%.

Esta información se encuentra en el anexo de mapas.

(Mapa N° 06).

2.4.3.3. Radiación Solar

Este parámetro describe el número de horas de sol durante un día o un mes, el mismo que es medido a través de los heliógrafos.

Las horas de sol media anual en la zona de estudio son de 5,5 hr/día con medias mensuales máximas de 7 hr/día en los meses de verano.

2.4.3.4. Climas

Las cuencas de los ríos Uchusuma, Caño y Maure, pertenecientes a la vertiente del lago Titicaca, están gobernados predominantemente por una zona de formación ecológica páramo sub húmedo y frígido, con épocas de otoño, invierno y primavera secos, en la parte alta de la cuenca Maure y en la Cuenca Uchusuma. En la cuenca Caño y en la Cuenca Maure tenemos un clima sub húmedo y semi frígido, con otoño, invierno y primavera secos. Esta información se encuentra en el anexo de mapas.

(Mapa N° 07).

2.4.3.5. Evaporación

La evaporación suele ser medida por evaporímetros de Tanque Clase A. La determinación de este parámetro es importante, en el cálculo de la evaporación de embalses así como en el cálculo de la Evapotranspiración en la cuenca. Se registran valores de 1,471 a 1,795 %. Esta información se encuentra en el anexo de mapas.

(Mapa N° 08).

2.4.3.6. Evapotranspiración

Para las Cuencas de los ríos Maure y Uchusuma se ha determinado una Evapotranspiración potencial media mensual sobre la base de 3 estaciones del Maure y 1 estación del Uchusuma. Los valores varían entre 1,38 a 1,48 %.

Esta información se encuentra en el anexo de mapas. **(Mapa N° 09).**

CAPITULO III: EVALUACIÓN HIDROLOGICA DE LA CUENCA DEL RIO MAURE

3.1. Ubicación de la zona de estudio

3.1.1. Ubicación Geográfica

Cuenca de los Ríos Maure, Uchusuma y Caño

Las Cuencas de los Ríos Maure, Uchusuma y Caño hasta los límites de frontera se ubican entre los paralelos 16°58 y 17°39 de latitud sur y los meridianos 69°24 y 70°07 de longitud Oeste, teniendo como límites:

Por el Norte: Cuenca del río llave, Cuenca Mauri Chico.

Por el Sur: Cuenca del río Caplina y Chile

Por el Este: República de Bolivia.

Por el Oeste: Cuencas de los ríos Sama y Locumba.

Esta información se encuentra en el anexo de mapas. **(Mapa N° 10)**.

3.1.2. Ubicación Política

Cuenca de los Ríos Maure, Uchusuma y Caño

Políticamente las cuencas de los Ríos Maure, Uchusuma y Caño se ubican en la zona altiplánica del departamento de Tacna incluyendo parte del departamento de Puno.

3.1.3. División Hidrográfica y Superficie

El ámbito del estudio hidrológico abarca un área de 2 577,09 km² repartidos en las cuencas Uchusuma, Caño y Mauri los mismos

que a su vez se subdividen en sub cuencas que se describen a continuación:

Cuenca del Río Uchusuma

Hidrográficamente la Cuenca del Río Uchusuma se ha delimitado en 5 Sub cuencas

Principales, 3 de las cuales son Sub cuencas tributarias:

- Quebrada Carini.
- Quebrada Uncalluta.
- Laguna Blanca

Y 2 de ellas conforman el cauce principal

- Subcuenca Media 1 (desde la confluencia de las Quebradas Carini y Uncalluta hasta la Bocatoma Uchusuma).
- Subcuenca Media 2 (de la Bocatoma Uchusuma hasta la frontera con Chile)

El área que encierra la cuenca desde sus nacientes hasta la llegada del Río Uchusuma a la frontera con Chile es de 488,28 km² con un perímetro de 114,766 km.

Cuenca del Río Caño

Esta cuenca se ha delimitado desde sus nacientes hasta la frontera con la República de Bolivia, encerrando un área de 314,00 km², con un perímetro de 82,16 km.

Cuenca del Río Maure

Hidrográficamente la Cuenca del Río Maure se ha delimitado en 15 Sub cuencas Principales, 8 de las cuales son Subcuencas tributarias:

- Río Pamputa
- Río Ancoaque
- Río Maure
- Río Chiliculco
- Río Ancomarca
- Quebrada Mamuta
- Río Kaño
- Río Kallapuma
- Río Huañamaure

4 de ellas conforman el cauce principal

- Sub cuenca Media 1 (desde la confluencia de los Ríos Pamputa y Ancoaque hasta la Bocatoma Ancoaque)
- Subcuenca Media 2 (desde la Bocatoma Ancoaque hasta la Estación Hidrométrica de Challapalca)
- Sub cuenca Media 3 (desde la Estación Hidrométrica de Challapalca hasta la Estación Hidrométrica de Chuapalca)
- Sub cuenca Media 4 (desde la Estación Hidrométrica de Chuapalca hasta la Estación Hidrométrica La Frontera)

Y dos (2) de ellas conforman parte del cauce principal hasta la frontera con Bolivia

- Sub cuenca Media 5
- Sub cuenca Media 6

El área que encierra la cuenca desde sus nacientes hasta la llegada del Río Maure a la frontera con la República de Bolivia es de 1773,925 km² con un perímetro de 306,615 km.

El área que encierra desde sus nacientes hasta la Bocatoma Ancoaque es de 352,3km², desde sus nacientes hasta la Estación de Challapalca es de 760,2km², desde sus nacientes hasta la Estación de Chuapalca es de 1 515,1km² y desde sus nacientes hasta la Estación La Frontera es de 1 689,17km². En este caso la cuenca húmeda corresponde a la cuenca total.

Esta información se encuentra en el anexo de mapas. **(Mapa N° 11).**

3.2. Sistema Hidrográfico e Hidráulico

3.2.1. Sistema Hidrográfico

Cuenca del río Uchusuma

El cauce principal del río Uchusuma se desplaza predominantemente en dirección Noroeste-Sureste hasta las fronteras con Chile. El río Uchusuma nace de la confluencia de las Quebradas Carini y Uncalluta que tienen sus nacientes en los nevados de Coruña, Auquitaípe, Casiri, Mamuta, Paucarani,

Barrosos, Huancune y en las Lagunas Paucarani, Sitpicota y Condorpico. Antes de su llegada a la frontera con Chile el río Uchusuma recibe el aporte de Subcuenca Laguna Blanca.

Debido a las condiciones climáticas en las zonas altas de las cuencas del Maure y Uchusuma no ha sido posible el desarrollo de la agricultura. No obstante estas comunidades han desarrollado una importante ganadería de camélidos con los pastos naturales de los bofedales y altiplanicie.

La principal actividad de las estancias es la ganadería extensiva constituida por camélidos sudamericanos y ovino en menor escala, que son alimentados con pastizales de los bofedales y vegetación natural de las pampas.

La población de la zona consume agua de manantiales, el cual es extraído en forma directa a través de recipientes; mientras que el ganado consume directamente de las aguas de riego del bofedal (alpacas, llamas, y ovino), donde es un poco o difícil su cuantificación debido a que estos animales toman agua en todo el recorrido de la fuente.

Los tipos de cobertura no varían mucho ya que debido a sus características climatológicas de la zona de frío seco en invierno, y en verano lluvias variables y húmedo, presentan dos tipos vegetaciones bien diferenciadas uno ubicado en los bofedales constituidos por pastos de tallo corto (gramíneas), áreas que requieren un riego permanente, exclusivo para el pastoreo de

alpacas y el otro es la vegetación de las pampas del altiplano constituidos por Paja brava, Tola, Ichu, las cuales no presentan una dotación de agua permanente, solo son beneficiados con agua de lluvia en los meses del verano de la subcuenca vegetación exclusivo para el ganado como es la llama.

Subcuenca Quebrada Carini

La Subcuenca de la Quebrada Carini se localiza al Noroeste del río Uchusuma entre los Nevados a 5730m.s.n.m. y su entrega al río Uchusuma a 4500m.s.n.m. En su confluencia se ha registrado un caudal de 923 l/s. en promedio multianual.

El recurso hídrico en esta subcuenca, donde nace el río Uchusuma, es producto de la precipitación y deshielo de los nevados de Mamuta, Paucarani, Casiri, Auquitape, Coruña, Barroso, Achacollo, Huancune mientras que el drenaje natural se produce a través de sus quebradas entre las principales Mamuta, Auquitape, Achuco, Carpate, Curimani, Huancune.

En esta subcuenca existe una microcuenca importante:

Microcuenca de Represa de Paucarani

En el bofedal Paucarani existen 22 manantiales de los cuales 5 son temporales o intermitentes. Entre los manantiales permanentes existen 3 termales cuyas temperaturas fluctúan entre 37°C y 60°C, teniendo el manantial Paucarani un caudal de 60 l/s., La mayor parte de los manantiales afloran de las rocas

volcánicas del Barroso y solo algunos nacen de los depósitos fluvioglaciares. El origen de los manantiales termales está asociado a las características volcánicas de toda la cordillera del Barroso. Esta microcuenca comprende diversos afluentes como son la quebrada Curimani, Achuco (Culcavira), Palcuma (Pacopacuni).

La Quebrada Curimani se origina de las aguas de los manantiales ubicados en la falda del cerro Curimani en la cordillera del Barroso, ubicados en la margen izquierda de la represa, en su recorrido irriga los bofedales del caserío de Paucarani, a su ingreso a la represa registra un caudal de 116 l/s. agua cristalina, de buena calidad. La Quebrada Achuco (Culcavira) se origina en el cerro Coparaje ubicado en la cordillera del Barroso, a través de manantiales, las aguas de este río en su trayecto irrigan los bofedales de Paucarani, está ubicado más al norte del Curimani, las aguas son ligeras turbidez debido a la presencia de sales, originando una mancha en los pastizales; registra un caudal de 238 l/s al ingresar a la represa de Paucarani. Quebrada Palcuma(Pacopacuni) se origina en el nevado de Mamuta, ubicado en la cordillera del Barroso, ubicado al margen derecho, presenta poca cantidad de agua, de periodo semipermanente, aguas cristalina de buena calidad, registra un caudal de 20 l/s, en su trayecto a la laguna irriga bofedales ubicados en su trayecto de menor extensión. La Laguna de Paucarani es un reservorio natural alimentado por el

escurrimiento de aguas de los nevados ubicado más al sur de la laguna, sus aguas no son aprovechadas para la irrigación de bofedales debido a que no tiene salida y solo es usado por los ganados.

Subcuenca Quebrada Uncalluta

La Subcuenca de la Quebrada Uncalluta se localiza al Noroeste del río Uchusuma entre las cadenas montañosas a 5241m.s.n.m. y su entrega al río Uchusuma a 4500m.s.n.m. El recurso hídrico en esta subcuenca, donde nace el río Uchusuma, es producto de la precipitación y el almacenamiento en sus principales Lagunas Sitpicota, Condorpico (nacen en el cerro Sallajincho y Condorpico respectivamente) mientras que el drenaje natural se produce a través de sus quebradas. En su en su trayecto irriga los bofedales del Uncalluta y en su entrega al río Uchusuma se ha registrado una descarga de 85 l/s de agua de buena calidad y cristalina.

En la laguna Condorpico existen 5 manantiales de los cuales 1 es temporal. Los cuales fluctúan un promedio entre 0,1 a 2 l/s., El agua aflora de los depósitos morrénicos y de las fracturas volcánico Barroso. En la quebrada de Uncalluta los manantiales emanan de las fracturas del volcánico Barroso. Sus caudales varían de 1 a 25 l/s. La Subcuenca de la Laguna Blanca se localiza al Suroeste del río Uchusuma entre las cadenas

montañosas y nevadas a 5 569m.s.n.m. y su entrega al río Uchusuma a 4 250m.s.n.m.

El recurso hídrico en esta subcuenca, donde nace el río Uchusuma, es producto de la precipitación, el deshielo de los nevados Huancune y El Fraile y el almacenamiento de la Laguna Blanca mientras que el drenaje natural se produce a través de sus quebradas Queñuta, Ancuyo.

Microcuenca quebrada Queñuta

Tiene su origen en el cerro Queñuta, fluye agua por manantial través de la quebrada Queñuta, abarca los niveles desde los 4 300 a 5 100 msnm, sus aguas irrigan los bofedales de pampa venada, de la estancia de Queñuta.

En esta microcuenca, existen 20 manantiales entre permanentes y temporales. Estos manantiales fluyen tanto de las fracturas así como de los contactos del volcánico Barroso y también de las acumulaciones detríticas fluvioglaciares. En esta quebrada las filtraciones provienen tanto de las precipitaciones así como de los deshielos de los nevados la Monja y Huancune. Sus caudales varían de 0,1 a 14 l/s.

Subcuenca Media

Entre las microcuencas que destacan en la subcuenca media del río Uchusuma tenemos:

Microcuenca de Ojos de Copapuquio

Tiene su origen en el cerro Achacirca, en si son dos manantiales que fluyen de las faldas del cerro, producto de filtraciones, y fluyen en forma permanente, irrigando los bofedales de la estancia de Calaparque un total de 60 ha. Sus características son C.E. 0,94, Sólidos: 0,47 gol,

PH 6,87, agua cristalina poco contenido de sólidos. Los pobladores dedicados a la ganadería de camélidos sudamericanos y ovino.

Microcuenca de la Quebrada de Vilapuraca

En esta zona existe el mayor número de manantiales. Su geomorfología es suave teniendo en su extremo inferior un estrangulamiento.

Manantiales de cauce permanente la mayor parte emanan de los depósitos no consolidados fluvioglaciares y también hacía el borde derecho fluyen de los estratos Maure, los caudales fluctúan entre 0,1 a 21 l/s.

Microcuenca de la quebrada Ancochaullane

Tiene su origen en el cerro Ancochaullane, fluyendo a través de la quebrada del mismo nombre, y la quebrada de Churevira, es alimentado en época de estiaje por manantiales, cuyas aguas irrigan la pampa de Huillana de mediana extensión, alimenta al río Uchusuma con una descarga de 108 l/s, presenta agua

cristalina, sin presencia de sales; en su trayecto se encuentra ubicado la estancia de Ancochaullane y San Pedro de Calacollo, dedicados a la crianza de ganado andino.

Cuenca del río Caño:

La cuenca de río Caño, se localiza en el margen derecho del Maure, está ubicado en los niveles de 4 100 a 5 000 m.s.n.m.

El cauce principal del río Caño, afluente del río Uchusuma en territorio boliviano, se desplaza predominantemente en dirección Noroeste-Sureste hasta las fronteras con Bolivia.

Las nacientes del río Caño se producen en las lagunas de Latacota y Parincuta y Tiapujo ubicados en Chiluyo Chico, recibiendo en su recorrido los aportes de las quebradas Pacahuauache, Tolapata, Huayllaputo y Challipina, esta última que nace en territorio peruano entrega sus aguas al río Caño en territorio Boliviano.

La pampa presenta cobertura vegetal natural de Tola, Paja Brava en mayor proporción y en menor escala el ichu.

La principal actividad de las estancias es la ganadería extensiva constituida por camélidos sudamericanos y ovino en menor escala, que son alimentados con pastizales de los bofedales y vegetación natural de las pampas.

La población de la zona consume agua de manantiales, el cual es extraído en forma directa a través de recipientes; mientras

que el ganado consume directamente de las aguas de riego del bofedal (alpacas, llamas, y ovino), donde es un poco o difícil su cuantificación debido a que estos animales toman agua en todo el recorrido de la fuente.

Los tipos de cobertura no varían mucho ya que debido a sus características climatológicas de la zona de frío seco en invierno, y en verano lluvias variables y húmedas, presentan dos tipos vegetaciones bien diferenciadas uno ubicado en los bofedales constituidos por pastos de tallo corto (gramíneas), áreas que requieren un riego permanente, exclusivo para el pastoreo de alpacas y el otro es la vegetación de las pampas del altiplano constituidos por Paja brava, Tola, Ichu, las cuales no presentan una dotación de agua permanente, solo son beneficiados con agua de lluvia en los meses del verano de la subcuenca, vegetación exclusivo para el ganado como es la llama.

Presenta dos microcuencas

Microcuenca del Río Caño en sus nacientes

Esta microcuenca tiene su origen en las lagunas de Latacota y Parincota y Tiapujo, las cuales se alimentan del cerro Jomimiña y los manantiales producto de deshielos y filtraciones, también recibe aportaciones de las quebradas Pacahuamache y Paravira por donde fluye el agua producto de manantiales de la cordillera. Debemos indicar que en esta microcuenca en un gran trecho del cauce no se encuentra bofedales esto debido a la textura del

suelo arenosa y fuerte viento factores que no favorecen el desarrollo de los pastizales, esto se observa al sur cerca del

CPM Río Caño, pero si se observa una buena vegetación de Tola alcanzando alturas de hasta 1,50 m. En la estación del río Caño se ha registrado un caudal de 200 l/s. Asimismo se puede decir que en esta microcuenca se encuentra la mayor cantidad de estancias y bofedales.

En esta zona se encuentran las estancias de Chiluyo Chico, Piapujo, Añapaca, Curipiña, Pacahuauache, Jachahuyo, Siquine y el CPM de Río Caño, todos dedicados a la crianza de ganado andino.

Microcuenca de la quebrada Tolapata, Huyllaputo y Challipina

Esta microcuenca tiene su origen en las quebradas de Huañacahua y Sencca, por donde escurre poca cantidad de agua producto de manantiales provenientes de los nevados; debido al escaso volumen solo satisfacen a los pequeños bofedales ubicados en su cauce, y registra ningún aporte al río Caño en época de estiaje. Solo se registran 30 l/s., al sur de esta microcuenca se encuentra una amplia meseta donde se observa las quebradas secas y las pampas con cobertura vegetal de tola, paja brava e ichu, alimentados con agua de lluvia en verano. Al sur de esta microcuenca se encuentra una amplia meseta donde se observa las quebradas secas y las pampas con cobertura

vegetal de tola, paja brava e ichu, alimentados con agua de lluvia en verano. En esta zona se encuentran las estancias de Queoñaputo, Challaypina, Tolapata, Zenica,

Chilihuani y más al sur Ancomarca, dedicados a la crianza de camélidos y ovino.

Cuenca del río Maure

El río Maure o Mauri, es un río andino afluente del río Desaguadero, éste río nace en la laguna de Vilacota a 4 500 msnm. En territorio peruano y su cuenca se distribuye entre Perú, Bolivia y Chile y forma parte del Sistema TDPS.

Sus orígenes estarían en el cerro Betantani en la cordillera del Barroso, en donde nace con el nombre de Ancochaque. Ya con el nombre de río Maure atraviesa las pampas de Llaitire, Titira y Maure, luego penetra en Bolivia en donde se le nombra Mauri y recibe las aguas del río Uchusuma éste último río también nace en los deshielos de la cordillera del Barroso, en los nevados Iñuma y Casiri.

El río Maure tiene 224 kilómetros, de los cuales 124 recorren por territorio boliviano; confluye con el río Desaguadero en la localidad de Calacoto - Bolivia a 3 814 msnm y contribuye a purificar la salinidad del río Desaguadero, sin esto el lago Poopó se convertiría en un mar muerto.

El Río Maure al nacer en la República del Perú y posteriormente echar sus aguas en territorio boliviano, adquiere gran importancia, por la ubicación que tiene y la influencia sobre las poblaciones ribereñas.

El cauce principal del río Maure se desplaza predominantemente en dirección Noroeste-Sureste hasta el límite internacional con Bolivia.

Las nacientes del río Maure se producen en el río Quilvire que entrega sus aguas a la Laguna Vilacota y este a su vez al río Pamputa para finalmente y luego de conformar la Laguna Taccata entregar sus aguas al río Maure.

El río Maure recibe su nombre cerca de la quebrada Cauchilla, antes de la cual se llama río Pamputa. Antes de llegar a la frontera con Bolivia el río Maure recibe los aportes del río Chiliculco, la Quebrada Mamuta, el río Kaño, el río Kallapuma, el río Ancomarca y el río Huañamaure.

En su recorrido el río Maure atraviesa las formaciones Volcánico Capilluni-Barroso, en donde se localiza el túnel Kovire, avanza por pampas con depósitos aluviales: Pampa de Chillicolpa (donde se ubican las fuentes termales de boratos y arsénico), Pampas Samuta, Llaitire, Titire, y Maure.

Luego el río cruza territorio boliviano para desembocar en el río Desaguadero en un lugar denominado Calacoto.

En su trayecto se ubican los baños de Calachaca que elevan la temperatura del agua del río a 23 °C, esta debido al aporte de aguas termales.

En la margen derecha del río Maure se ubican el anexo de Challapalca, y las estancias de Kallapuma, Tarepiña, Chiluyo; mientras que en su margen izquierdo tenemos a las estancias de Conchachiri, Colpa, Ovejuyo y Cueva.

La población de la zona consume agua de manantiales, el cual es extraído directamente de las aguas de riego del bofedal, donde es un poco o difícil su cuantificación debido a que estos animales toman agua en todo el recorrido de la fuente.

Los tipos de cobertura no varían mucho en la sub cuenca ya que debido a sus características climatológicas de la zona de frío seco en invierno, y en verano lluvias variables y húmedo, presentan dos tipos vegetaciones bien diferenciadas uno ubicado en los bofedales constituidos por pastos de tallo corto (gramíneas), áreas que requieren un riego permanente, exclusivo para el pastoreo de alpacas y el otro es la vegetación de las pampas del altiplano constituidos por Paja brava, Tola, Ichu, las cuales no presentan una dotación de agua permanente, solo son beneficiados con agua de lluvia en los meses del verano de la sub cuenca, vegetación para el pastoreo de la llama.

La principal actividad de las estancias de esta cuenca es la ganadería extensiva constituida por camélidos sudamericanos y ovino en menor escala, que son alimentados con pastizales de los bofedales y vegetación natural de las pampas.

Sub cuenca río Pamputa

La Sub cuenca del río Pamputa se localiza al Noroeste del río Maure entre las cadenas montañosas y nevadas a 6 300 m.s.n.m. y su entrega al río Maure a 4 400m.s.n.m.

El recurso hídrico en esta sub cuenca, donde nace el río Maure, es producto de la precipitación, el deshielo de los nevados Iscailarjanco, Larjanco y el almacenamiento de las Lagunas Vilacota, Ancocota, Taccata mientras que el drenaje natural se produce a través de sus quebradas Amojtala, Pacja, Pallasirca, Surijave y el río Quilvire.

Existe la presencia de vegetación arbórea en menor escala, ubicados en los cerros, como es la Queñua, cuyos tallos son usados como combustible para la preparación de sus alimentos.

Existen tomas naturales destinadas al riego de los bofedales, constituido por gramas de tallo corto, destinadas como alimento para el ganado de la zona.

Está conformada por dos microcuencas cada una de las cuales con su respectivo sistema de lagunas producto de deshielos y manantiales.

Microcuenca del Río Quillvire

Esta micro cuenca tiene su origen en la quebrada de Tanjave ubicado al norte y la quebrada de Surtjave al este y los Cerros San Francisco, Achataje, Jancoarmanis, y Pallaila, las cuales dan origen al río Quillvire registrando un caudal de 289 l/s., de periodo permanente, cuyas aguas luego de regar las pampa de Vilacota, dan origen a la laguna Vilacota.

De igual forma en periodos de lluvia la laguna es alimentada por las quebradas ubicadas al oeste y sur de la laguna.

Microcuenca del Pamputa

Originado por los desbordes de las aguas de la laguna de Vilacota hacía el Oeste y Sur-oeste, originando las lagunas de Ancocota y Tacjata unidos por el río Pamputa, asimismo recibe aportaciones de deshielos provenientes de los cerros Huirire, Ancocollo ubicadas al sur y manantiales de la zona.

Sub cuenca río Ancoaque

La Subcuenca del río Ancoaque se localiza al Noroeste del río Maure entre las cadenas montañosas a 5 200 m.s.n.m. y su entrega al río Maure a 4 400 m.s.n.m. ubicado en el distrito de Susapaya en donde encuentra el túnel Kovire.

El recurso hídrico en esta subcuenca, donde nace el río Maure, es producto de la precipitación mientras que el drenaje natural se

produce a través de sus quebradas Colpajahuira, Chaullani, Villantani, Chinchillane, Suricahua, Jarumani, Chiuchuhumaña y el río Vizcachune. Los recursos hídricos de ésta subcuenca son derivados para el regadío de los bofedales de las estancias ubicadas en esta zona. Esto debido a que se controla la dotación de agua exclusiva para el riego de los bofedales ubicados a lo largo del cauce y la llanura en la Bocatoma de Kovire.

Mientras que las aguas termales de Chilicollpa son derivadas al río Maure. Se observa una zona contaminada, en la margen derecha, esto debido a las aguas termales contaminadas, con ausencia de vegetación, y con formación de sales de Borato y Arseniato, área que viene en incremento.

La subcuenca del río Ancoaque está conformada por tres microcuencas cada una de las cuales con su respectivo sistema de lagunas producto de deshielo y manantiales.

Microcuenca del Río Vizcachune

Este micro cuenca tiene su origen en las quebradas de Chaullani, Colpajahuira y Villantani, y manantiales producto de los deshielos de la cordillera, registrando un caudal de 236 l/s, cuyas aguas concluyen hacia el río Ancoaque.

Microcuenca de Ancoaque

Esta microcuenca tiene su origen en las quebradas de Suricahua y Chinchillane y los manantiales ubicados en el trayecto del

cauce del río, producto de las filtraciones y deshielos de la cordillera, especialmente de los cerros Surichico y Sallaincho. En tiempo de estiaje se registra un caudal de 0,256 m³/s.

Microcuenca de Chilicollpa

Esta microcuenca está constituido por manantiales de terraza, de agua cálida, alcanzando temperaturas de hasta 100°C, con alto contenido de Boro y Arsénico, constituyendo un recurso hídrico no apto para cultivos y ganado, cuyas aguas son derivadas al río Maure, se ha registrado un afloramiento que alcanza los 590 l/s.

Sub cuenca río Chiliculco

La Sub cuenca del río Chiliculco se localiza al Norte del río Maure entre las cadenas montañosas a 5 200m.s.n.m. y su entrega a la margen izquierda del río Maure a 4 250m.s.n.m.

El recurso hídrico en esta sub cuenca es producto de la precipitación y el almacenamiento de la Laguna Jancahama mientras que el drenaje natural se produce a través de sus quebradas Jancahama, Pilloco, Huanacamañe, Japo, Tanca, Canchani y el río Jihuaña.

Está conformado por dos microcuencas:

Micro cuenca del Río Jihuaña

Esta microcuenca es alimentado por las quebradas de Cancahany, Quilca, Japo; alimentado por precipitaciones en épocas de lluvia en

verano, mientras que en invierno de deshielos y manantiales. En el río Jihuaña se ha registrado un caudal de 90 l/s., en época de estiaje. Las aguas de este río se usan para irrigar los bofedales de la pampa de Jihuaña.

Microcuenca del Río Chiliculco

Es alimentado por el río Jihuaña por el margen derecho, mientras que por el margen izquierdo es alimentado por las quebradas Huanacamane y las pampas de Capazo. En el cruce de la carretera hacia conchachiri se ha registrado un caudal de 126 l/s, en época de estiaje, agua cristalina de buena calidad.

Las aguas de este río sirven para irrigar la pampa de Capazo ubicado hacia el norte del cruce, mientras hacia el sur irrigan la pampa de Challapalca, los excedentes son derivados al río Maure.

Subcuenca río Ancomarca

La Subcuenca del río Ancomarca se localiza al Noreste del río Maure entre las cadenas montañosas a 5 000m.s.n.m. y su entrega a la margen izquierda del río Maure a 4 150 m.s.n.m.

El recurso hídrico en esta subcuenca es producto de la precipitación y el almacenamiento de la Lagunas Parinacota, Yumpa, Altarani mientras que el drenaje natural se produce a través de sus quebradas Chinchillane, Nakjata, Puscullane, Achacune, Chaullane, Pumuta, Vizcachune, Lequehuta y los ríos Parinacota, Calnahuyo.

En su trayecto se encuentran diversas estancias y poblados. Presenta un caudal de 0,161 l/s, en tiempos de estiaje, el cual fluye hacia el Maure.

Las aguas de esta cuenca sirven para irrigar los diversos bofedales ubicados en el trayecto del río como ser Lancatuyo, Ccosapa, Huañuccoto, Ancome, Puscallana, San José de Ancomarca, Hacienda y otros los cuales están ubicados junto a los bofedales.

Sub cuenca Quebrada Mamuta

La Sub cuenca de la quebrada Mamuta se localiza al Sur-oeste del río Maure entre las cadenas montañosas y nevadas a 5 370 m.s.n.m. y su entrega a la margen derecha del río Maure a 4 250 m.s.n.m.

El recurso hídrico en esta sub cuenca es producto de la precipitación y el deshielo del nevado Antajave mientras que el drenaje natural se produce a través de sus quebradas como Negrote y el río Mumuntana.

Sub cuenca río Kaño

La Sub cuenca el río Kaño se localiza al Sur del río Maure entre las cadenas montañosas y nevadas a 5 370 m.s.n.m. y su entrega a la margen derecha del río Maure a 4 250 m.s.n.m.

El recurso hídrico en esta sub cuenca es producto de la precipitación y el deshielo de los nevados Chontacolla mientras que el drenaje natural se produce a través de sus quebradas.

Sub cuenca río Kallapuma

La Sub cuenca el río Kallapuma se localiza al Sur del río Maure entre las cadenas montañosas y nevadas a 5 600m.s.n.m. y su entrega a la margen derecha del río Maure a 4 200 m.s.n.m.

El recurso hídrico en esta sub cuenca es producto de la precipitación, deshielo de los nevados Casiri, Iñuma y el almacenamiento en las Lagunas Casiri, Iñuma mientras que el drenaje natural se produce a través de sus quebradas como Chungara, Iñuma, Casillaco, Pumaña y el río Quiane.

Micro cuenca de la quebrada Casillaco

Esta micro cuenca tiene como principal aporte a las quebradas tributarias del Casillaco, el cual tiene como nacimiento en el nevado de Llacocollo con un aporte de 120 l/s, por la quebrada de Iñuma con un aporte de 90 l/s, y como aporte principal es la laguna Casiri cuyas aguas fluyen al río por la quebrada de Chungara con un aporte de 110 l/s. Más al sur se encuentra la quebrada de Quiane ubicado en el margen izquierdo aguas abajo con un aporte de 120 l/s.

Se ha registrado un caudal del río Kallapuma antes de su confluencia al Maure de 640 l/s, estas aguas son los excesos del riego de los bofedales de esta sub cuenca; Asimismo debemos manifestar que las aguas de estas quebradas afloran a la superficie a través de manantiales, en forma permanente, manteniendo los pastizales verdes en épocas de invierno sin presencia de lluvia.

Mientras que en verano reciben aportaciones de las precipitaciones, favoreciendo a la vegetación e produciéndose el incremento de las aguas de las diferentes quebradas.

Micro cuenca del Río Chungara

Las aguas de esta sub cuenca son destinadas al riego de los bofedales ubicados en el trayecto del río hasta su confluencia con el Maure, lugar donde se encuentran instaladas diferentes estancias y centros poblados, así tenemos a Coracorani, Challacucho, Lipitaca, Aricollo, Alchuta Chico, Tocollanasa, Kallapuma, Pampa Collota y Soruraya.

Sub cuenca río Huañamaure

La Sub cuenca el río Kallapuma se localiza al Sur del río Maure Noroeste entre las cadenas montañosas a 4 400 m.s.n.m. y su entrega a la margen izquierda del río Maure a 4 100 m.s.n.m.

El recurso hídrico en esta sub cuenca es producto de la precipitación mientras que el drenaje natural se produce a través de sus quebradas como Mojoñane. De igual forma, es alimentado por aguas de manantiales ubicados en las laderas del cauce del río. Las aguas de este río confluyen en el Maure muy cercano a la frontera con Bolivia.

En épocas de estiaje las aguas son muy deficitarias ya que solo se observó un caudal de 10 l/s., en época de estiaje en la confluencia con el Maure, se observa que todos los recursos son destinados al riego de los bofedales ubicados en el trayecto del río.

Las aguas de esta cuenca sirven para irrigar los diversos bofedales ubicados en el trayecto del río como ser Collpa, Huañamaure, Pampuyane, Ovejuyo.

Sub cuenca Media

Existe la quebrada de Cueva muy cercana a los límites de frontera con Bolivia, donde se encuentra el pueblo de cueva de escasa población y ubicado en la margen derecha del río, el cual tiende un recorrido amplio desde su nacimiento en la quebrada Chinchillane, hasta su confluencia con el Maure en territorio Boliviano.

Derivación de la cuenca del río Maure

Las aguas en la sub cuenca del río Kallapuma son captadas por las *Bocatomas Chungara, Iñuma y Casillaco* y conducidas por el *Canal Patapujo* para derivarlas a la cuenca del río Uchusuma en donde desemboca al canal Uchusuma Alto. La cuenca total derivada es de 89,82 km².

La Bocatoma Chungará capta las aguas provenientes de la quebrada Chungará en cuyas nacientes a 4 876 m.s.n.m. se encuentra el pequeño *Represamiento de la Laguna Casiri* de 5,0 Hm³ de volumen útil. Es una estructura de concreto, con barraje, estructuras de aducción, regulación y limpia que capta un promedio de 0,150 m³/s.

Las Bocatomas Iñuma captan las aguas de la quebrada del mismo nombre.

Es una estructura de concreto, fija, con estructuras de aducción, regulación y limpia que capta un promedio de 0,113 m³/s.

Las Bocatomas Casillaco captan las aguas de la quebrada del mismo nombre. Es una estructura de concreto, fija, con estructuras de aducción, regulación y limpia que capta un promedio de 0,212 m³/s.

El canal Patapujo se divide en tres tramos: Patapujo II, graderías Patapujo y Patapujo I.

Canal Patapujo II tiene una longitud de 42 km y una capacidad máxima de conducción de 0,800 m³/s. El canal revestido de concreto tiene las características geométricas: base mayor: 1,45 m, base menor: 0,90 m y altura 0,80.

Canal Graderías Patapujo tiene su origen al concluir el canal Patapujo II; también se le denomina canal colector Patapujo su capacidad máxima de conducción es de 0,800 m³/s, y tiene una longitud de 2,5 km, totalmente revestido con las características geométricas siguientes: base mayor: 1,82 m, base menor: 1,77 m y una altura: 1,00 m. Este canal se encarga de amortiguar la diferencia de niveles entre canal Patapujo II y I.

Canal Patapujo I tiene su origen al concluir las graderías en los bofedales de Patapujo, captando agua de los pozos de aguas subterráneas y receptor de las aguas que vienen del canal Patapujo II con una capacidad máxima de conducción de 0,800 m³/s y tiene una longitud de 5,0 km de canal de mampostería de piedra revestida de sección trapezoidal con las características geométricas siguientes:

base mayor: 2,20, base menor: 1,00 m y altura: 1,10 m. Finalmente este tramo del canal Patapujo entrega sus aguas al canal Uchusuma aguas abajo y muy cerca de la bocatoma Uchusuma.

Esta información se encuentra ubicado en el anexo de mapas (**Mapa N° 12**).

3.2.2. Sistema Hidráulico

3.2.1. Sistema Uchusuma

El Sistema Uchusuma permite captar las aguas del río Yungane incluido las derivaciones del río Maure y del río Uchusuma para el uso poblacional de la ciudad de Tacna y el uso agrícola del valle de Tacna en lo que corresponde a las Comisiones de Uchusuma y Magollo.

Este sistema, ubicado en las cuencas del río Uchusuma, Uchusuma o Yungane y Maure (jurisdicción del distrito de riego Tacna), está conformado principalmente por la derivación de la cuenca del río Maure, la captación de quebrada Queñuta, la derivación de la cuenca del río Uchusuma, la captación de Chuschuco, los Reservorios de regulación en Cerro Blanco.

Las pérdidas y recuperaciones del canal Uchusuma se dan de acuerdo a la siguiente descripción: en la confluencia de El Ayro, recibe las aportaciones de dos tributarios principales en la estación de Patapujo ingresa un caudal de 91 l/s, y por la estación Bocatoma Uchusuma una descarga de 1 830 l/s, más abajo en la estación Puente Uchusuma registra un caudal de 1 921 l/s., aguas

abajo en el límite con Chile se registran un caudal de 1 818 l/s, continuando su cauce cruza territorio chileno bordeando el volcán Tacora y retorna a territorio peruano por el túnel de Huaylillas Sur, desemboca en la quebrada de Vilavilani, recorriendo las campos agrícolas de Vilavilani, Palcota, Higuerani, hasta la Bocatoma de Chuschuco (1 400 m), lugar donde se recupera el caudal de 1580 l/s., el mismo es conducido por un canal hasta el partidor de Cerro Blanco, donde se registra un caudal de 1 250 l/s, aquí se encuentra las pozos de agua potable de EPS-Tacna, de aquí se continúa hacía la irrigación de Magollo.

Derivación de la cuenca del río Maure

Las aguas en la subcuenca del río Kallapuma son captadas por las *Bocatomas Chungara, Iñuma y Casillaco* y conducidas por el *Canal Patapujo* para derivarlas a la cuenca del río Uchusuma en donde desemboca al canal Uchusuma Alto. La cuenca total derivada es de 89,82 km². La Bocatoma Chungará capta las aguas provenientes de la quebrada Chungará en cuyas nacientes a 4 876m.s.n.m. se encuentra el pequeño *Represamiento de la Laguna Casiri* de 5,0 Hm³ de volumen útil. Es una estructura de concreto, con barraje, estructuras de aducción, regulación y limpia que capta un promedio de 0,150 m³/s.

Es una estructura de concreto, fija, con estructuras de aducción, regulación y limpia que capta un promedio de 0,113 m³/s.

Las Bocatomas Casillaco captan las aguas de la quebrada del mismo nombre. Es una estructura de concreto, fija, con estructuras de aducción, regulación y limpia que capta un promedio de 0,212 m³/s.

El canal Patapujo se divide en tres tramos: Patapujo II, graderías Patapujo y Patapujo I.

Canal Patapujo II tiene una longitud de 42 km y una capacidad máxima de conducción de 0,800 m³/s. El canal revestido de concreto tiene las características geométricas: base mayor: 1,45m, base menor: 0,90 m y altura 0,80 m.

Canal Graderías Patapujo tiene su origen al concluir el canal Patapujo II; también se le denomina canal colector Patapujo su capacidad máxima de conducción es de 0.800m³/s, y tiene una longitud de 2,5 km, totalmente revestido con las características geométricas siguientes: base mayor: 1,82 m, base menor: 1,77 m y una altura: 1,00 m. Este canal se encarga de amortiguar la diferencia de niveles entre canal Patapujo II y I.

Canal Patapujo I tiene su origen al concluir las graderías en los bofedales de Patapujo, captando agua de los pozos de aguas subterráneas y receptor de las aguas que vienen del canal Patapujo II con una capacidad máxima de conducción de 0.800m³/s y tiene una longitud de 5,0 km de canal de mampostería de piedra revestida de sección trapezoidal con las características geométricas siguientes: base mayor: 2,20, base menor: 1,00 m y

altura: 1,10 m. Finalmente este tramo del canal Patapujo entrega sus aguas al canal Uchusuma aguas abajo y muy cerca de la bocatoma Uchusuma.

Captación de Quebrada Queñuta

El agua de la quebrada Queñuta es captada por la *Bocatoma Queñuta* y conducidos por el *Canal del mismo nombre* para derivarlo al cauce del río Uchusuma aguas arriba de la Bocatoma Uchusuma. La cuenca total derivada es de 39,10km².

La bocatoma rústica Queñuta evita que las aguas sean conducidas por su cauce natural hasta Laguna Blanca y luego desembocar en el río Uchusuma aguas abajo de la bocatoma Uchusuma, logrando aumentar el recurso hídrico que capta esta bocatoma.

El canal revestido de concreto tiene una longitud de 2.,5 km y ha sido construido para una capacidad máxima de conducción de 0,200 m³/s. Su sección es trapezoidal con las características geométricas siguientes: base mayor: 1,10 m, base menor: 0,60 m y altura: 0,60 m.

Derivación de la cuenca del río Uchusuma

Las aguas controladas por el *Represamiento de la Laguna Condorpico* y el *Represamiento de Paucarani* junto con los aportes de la Captación en Queñuta son captadas por la *Bocatoma Uchusuma* ubicada en el río del mismo nombre y conducidas por

el *Canal Uchusuma Alto* hasta su derivación a la quebrada Vilavilani en la cuenca del río Yungane. Esta derivación incluye además los aportes del canal Patapujo. La cuenca total derivada incluido la quebrada Queñuta es de 260,5 km².

El represamiento de la Laguna Condorpico ubicado a 4 700m.s.n.m en las partes altas de la quebrada Uncalluta fue construido en 1 932 con un dique de tierra e impermeabilizado en 1 967 con una capa de concreto aportando de 80 a 100 l/s durante 20 a 30 días entre los meses de noviembre a diciembre según requerimiento en el valle, haciendo un volumen útil de 0,80 Hm³.

El represamiento Paucarani a 4550m.s.n.m. en la subcuenca de la quebrada Carini regula y almacena las aguas de las quebradas Carpate, Achuco, Auquitape y Curimani, contando con un volumen útil de 8,5 Hm³ en si es el principal abastecedor de este recurso para la ciudad de Tacna.

La Bocatoma Uchusuma es una estructura de concreto que capta las aguas hacia la margen derecha del río Uchusuma y se encuentra ubicado a 4 250m.s.n.m. inmediatamente aguas arriba del canal Patapujo en la localidad denominada el Ayro Nuevo. Esta estructura consta de un muro de concreto de 50 m. de longitud, en el cual se ubican dos compuertas de fierro que tienen por objeto efectuar la limpia del material sedimentado y controlar el ingreso de agua al canal de derivación, cuando las descargas del

río son mayores a la máxima capacidad de conducción. Capta un volumen de 1,5 Hm³.

El Canal Uchusuma Alto conduce las aguas captadas del río Uchusuma y las recibidas del canal Patapujo una distancia de 47,49 km. hasta derivarla al cauce natural de la quebrada Vilavilani de la cuenca del río Yungane en el lugar denominado Paso Huaylillas Sur. El recorrido de esta canal es internacional debido a que 35 km de su longitud se encuentran en territorio chileno; su entrada a territorio chileno se realiza en el túnel general lagos, luego del cual rodea el volcán Tacora y finalmente retorna a territorio peruano atravesando la divisoria de aguas mediante el túnel Huaylillas Sur, lugar donde se derivan las aguas a la quebrada Vilavilani. Inicialmente este canal fue construido para conducir una capacidad máxima de 1 m³/s, sin embargo debido a las demandas de agua su capacidad máxima ha venido siendo incrementada hasta alcanzar los 2 m³/s. La sección del canal es trapezoidal en tajo abierto y rectangular en los túneles es de forma de arco.

Se debe hacer referencia a los 9 pozos localizados en el Ayro que abastecen mediante bombeo al canal Uchusuma en épocas de sequía con una disponibilidad promedio de 0,350 m³/s y una capacidad máxima de 0,700 m³/s sin afectar las reservas permanentes.

Captación de Chuschuco

El agua derivada de las cuencas del río Maure y Uchusuma recorren primero el cauce natural de la Quebrada Vilavilani y luego del río Yungane hasta la *Bocatoma Chuschuco*, donde el agua es captada y conducida por el *Canal Uchusuma Bajo* hasta el partidor de Piedras Blancas.

La bocatoma Chuschuco es una estructura de concreto armado ubicada a 1 420m.s.n.m. en la margen derecha del río Yungane en la localidad de Chuschuco.

El canal derivador en mampostería de sección trapezoidal denominado Uchusuma Bajo tiene una longitud de 17 km. hasta el partidor de Piedras Blancas, donde se distribuye para la planta de tratamiento de agua potable (50%) y el riego de las comisiones de Uchusuma y Magollo del Distrito de Riego Tacna (50%). El canal tiene una capacidad máxima de 1,5 m³/s.

Reservorios de regulación en Cerro Blanco

El sistema Uchusuma cuenta con tres Reservorios de regulación poco antes del partidor de Piedras Blancas que permiten evitar el corte de agua a la ciudad y valle de Tacna durante los trabajos de remodelación del canal Uchusuma bajo (en ejecución) y en el futuro regulará el volumen ahí almacenado, permitiendo controlar eficientemente la distribución de agua en forma uniforme durante los periodos de mayores requerimientos o escasez de agua en la

ciudad de Tacna. Cada uno de estos reservorios está compuesto por una nave cuya capacidad de almacenamiento es de 1,141Hm³.

3.2.2. Sub sistema Kovire

El Subsistema Kovire permite captar las aguas de las partes altas del río Maure y derivarlo hacia la cuenca del río Sama para que sirva de afianzamiento al Sistema de laguna Aricota. Esto permite evitar el inminente agotamiento de la Laguna Aricota al contribuir significativamente con un aporte adicional de 80 Hm³ de agua recuperando el volumen de la laguna de 42,28Hm³ (Septiembre de 1992) a 51,07Hm³ (Abril de 1998) con una recuperación de altura de agua de 2,73m.

Actualmente hay dificultades con las comunidades altiplánicas que por el momento dificultan la derivación de los recursos hídricos proyectados porque consideran que este subsistema ha producido la desaparición de sus bofedales destinados al pastoreo. Este sistema, ubicado en las partes altas de la cuenca del río Maure (jurisdicción del distrito de riego Locumba – Sama), está conformado principalmente por la derivación de la cuenca del río Maure.

Derivación de la cuenca del río Maure

Las aguas del río Ancoaque en la cabecera del río Maure son captadas por la *Bocatoma Ancoaque* y conducidas por un canal hasta el *Túnel Kovire* que asegura el transvase de las aguas hacia un afluente del Río Cano en donde existe la infraestructura propia

del Sistema Aricota. La cuenca total derivada es de 352,2km². La bocatoma Ancoaque, construida de concreto armado sobre el río del mismo nombre con su captación en la margen derecha del río y muy cerca de la boca de entrada del túnel Kovire, fue puesta en operación en 1 996 para una capacidad máxima de captación de 5m³/s. El Túnel Kovire, que se concluyó de construir en 1995, tiene una longitud de 8,43km y su capacidad de conducción es de 13,21m³/s. Durante el proceso de construcción el túnel aporto al afianzamiento de la Laguna Aricota con 50 Hm³, producto de filtraciones que se presentaron en esta etapa.

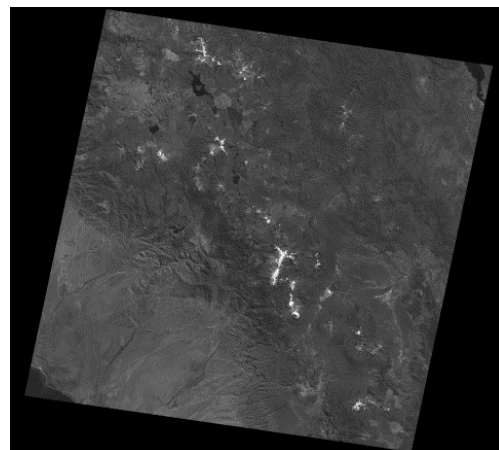
3.3. Información existente

3.3.1. Información Cartográfica

Para la elaboración del presente documento se ha utilizado la siguiente información cartográfica:

- **Cartas Nacionales Aerofotogramétricas** a escala 1/100 000, publicadas por el Instituto Geográfico Nacional. Estas cubren la totalidad del área de estudio.
- **Imágenes de Satélite** Las imágenes satelitales fueron descargadas de internet de la página oficial del INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais de Brasil), se trabajó con el Rows 072 y el Path 002.

Figura N° 03 Imagen Satelital 002-072



Luego se procesó las imágenes satelitales utilizando el software ENVI 4.7, este se realizó para interpretar y corroborar la información geológica y geomorfológica de la zona de estudio, se trabajó con las bandas 7, 4, 2; en la cual podemos observar claramente de la litología de la zona de estudio.

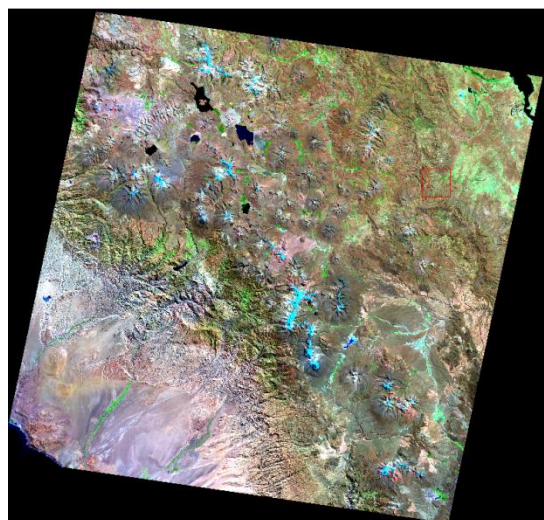


Figura N° 04 Imagen Satelital 002-072. Bandas 7-4-2

También nos sirvió para poder analizar el tipo de vegetación de la zona de estudio, en la imagen podemos observar que predomina el color magenta lo que nos indica la presencia de óxidos y por ende el poco contenido de vegetación, esto para poder ingresar los datos de CN en el modelamiento hidrológico.

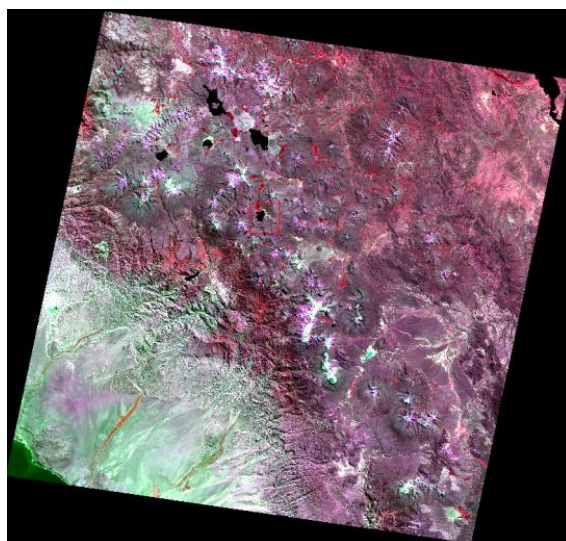
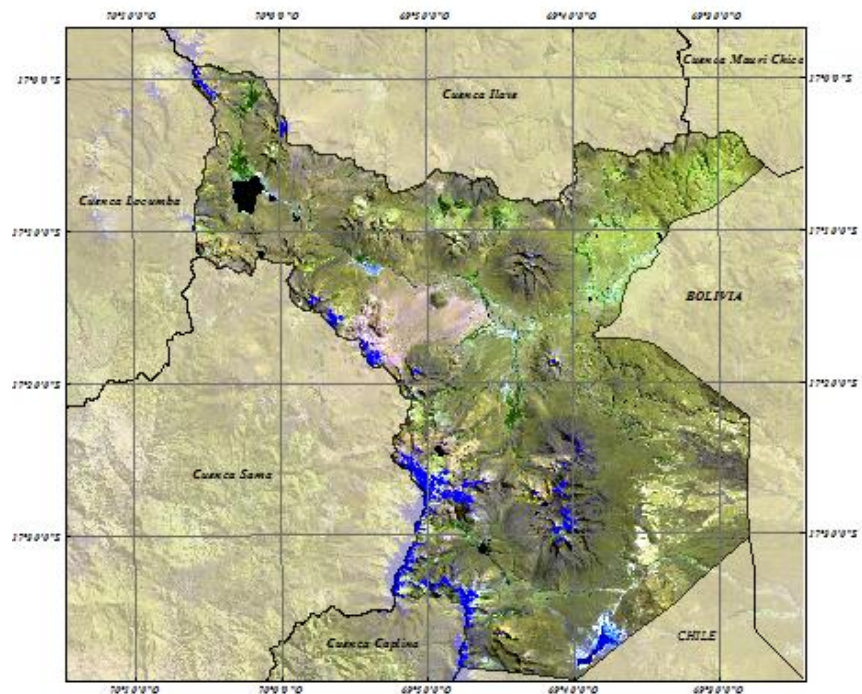


Figura N° 05 Imagen Satelital 002-072. Bandas: 4-1-3.

Se trabajó con otra combinación de bandas para poder observar claramente el drenaje de la zona de estudio, digitalizar y poder procesar la información en ArcGis.

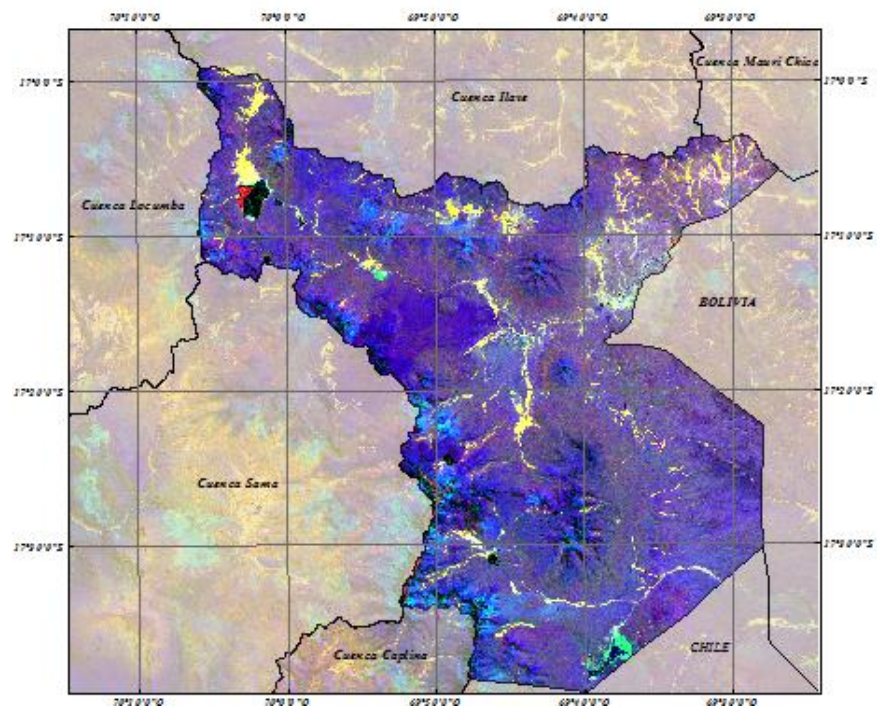
Figura N° 06 Imagen Satelital 002-072. Bandas: 7-5-1



También se trabajó con ratios de banda para poder identificar anomalías en la zona de estudio donde se pudo corroborar la información procesada anteriormente.

El color verde nos indica la presencia de arcillas en la zona y el color amarillo nos indica la presencia de óxidos más arcillas, y el color azul nos indica la presencia de rocas volcánicas en la zona de estudio.

Figura N° 07 Imagen Satelital 002-072. Ratios 4/3, 5/7, 3/1.



3.3.2. Información Meteorológica

Para la evaluación de la precipitación, se recurrió a los registros mensuales de 29 estaciones pluviométricas, ubicadas en la cuenca de estudio y cuencas vecinas. En el **Cuadro N° 01**, se muestra el listado de dichas estaciones, indicando en cada caso su ubicación geográfica, código altitud y cuenca a la que pertenece.

Esta información se encuentra en el anexo de mapas. (**Mapa N° 13**).

Cuadro N° 04 Estaciones de Precipitación seleccionadas en el Área de estudio:

N°	ESTACION	TIPO DE ESTACION	NORTE	ESTE	COTA	CUENCA
1	Candarave	Climatologica Ordinaria	8092800	368000	3415	Locumba
2	Suches	Climatologica Ordinaria	8130900	352300	4452	Locumba
3	Tacalaya	Climatologica Ordinaria	8112000	352000	4400	Locumba
4	Curibaya	Pluviometrica	8078000	363800	2350	Locumba
5	Cairani	Pluviometrica	8088000	356000	3205	Locumba
6	Camilaca	Pluviometrica	8090500	348800	3300	Locumba
7	Aricota	Climatologica Ordinaria	8083500	371500	2850	Locumba
8	Vizcachas	Climatologica Ordinaria	8132670	373000	4625	Locumba
9	Ichicollo	Pluviometrica	8091400	383000	4150	Sama
10	Tarata	Climatologica Ordinaria	8066300	392000	3068	Sama
11	Jarumas	Pluviometrica	8084700	377500	4450	Sama
12	Talabaya	Pluviometrica	8058900	397900	3400	Sama
13	Sitajara	Pluviometrica	8075000	383200	3100	Sama
14	Susapaya	Pluviometrica	8080500	380500	3399	Sama
15	Palca	Pluviometrica	8034800	398400	3142	Caplina
16	Toquela	Pluviometrica	8048500	402000	3650	Caplina
17	Lluta	Pluviometrica	8026850	391300	1950	Caplina
18	Paucarani	Pluviometrica	8063600	418200	4600	Uchusuma
19	Ayro	Pluviometrica	8056500	434150	4200	Uchusuma
20	Huaylillas	Limnigrafica	8030600	413100	4250	Uchusuma
21	Pte. Uchusuma	Limnigrafica	8056500	434150	4200	Uchusuma
22	Patapujo	Limnigrafica	8056800	433700	4220	Uchusuma
23	Coypa Coypa	Pluviometrica	8125000	409500	4450	Ilave
24	Chichillapi	Pluviometrica	8130000	422000	4050	Ilave
25	Llusta	Pluviometrica	8026850	391300	4005	Ilave
26	Chuapalca	Pluviometrica	8088000	433000	4250	Maure
27	Challapalca	Pluviometrica	8095700	418800	4230	Maure
28	Vilacota	Pluviometrica	8106000	392000	4400	Maure
29	Kovire	Pluviometrica	8098500	403800	4350	Maure

3.3.3. Información Hidrométrica

Para la evaluación hidrológica del área de estudio, se tiene un total de 10 estaciones hidrométricas, las que se encuentran en la cuenca del río Maure, de la vertiente del Titicaca. En el **Cuadro N° 02** se muestra el listado de las estaciones hidrométricas indicando en cada caso su ubicación geográfica, código altitud y periodo de registro y la entidad responsable de su operación.

Cuadro N° 05 Estaciones de descargas seleccionadas en el área de estudio

NUMERO	CUENCA	VARIABLE HIDROLOGICA	CODIGO	ESTACION	NORTE	ESTE	ALTITUD	PERIODO DE REGISTRO	FUENTE
1	MAURE	DESCARGAS MEDIAS	19151112	CHALLAPALCA	8095700	418800	4230	1964/I-1973 / XII	SENAMHI
2	MAURE	DESCARGAS MAXIMAS	19151122	CHALLAPALCA	8095700	418800	4230	1963 / IX-1973/XII	SENAMHI
3	MAURE	DESCARGAS MINIMAS	19151132	CHALLAPALCA	8095700	418800	4230	1964/I-1973/XII	SENAMHI
7	MAURE	DESCARGAS MEDIAS	19151111	CHUAPALCA	8088000	433000	4158	1963/I-1998/XII	SENAMHI -PET
8	MAURE	DESCARGAS MAXIMAS	19151121	CHUAPALCA	8088000	433000	4158	1963/I-1998/XII	SENAMHI -PET
9	MAURE	DESCARGAS MINIMAS	19151131	CHUAPALCA	8088000	433000	4170	1963/I-1998/XII	SENAMHI -PET
14	MAURE	DESCARGAS MEDIAS	19151116	LA FRONTERA	8075830	450000	4000	1964/I-1998/XII	SENAMHI -PET
15	MAURE	DESCARGAS MAXIMAS	19151126	LA FRONTERA	8075830	450000	4000	1991/VII-1998/XII	SENAMHI -PET
16	MAURE	DESCARGAS MINIMAS	19151136	LA FRONTERA	8075830	450000	4000	1991/VII-1998/XII	SENAMHI -PET
17	MAURE	DESCARGAS MEDIAS	19151113	VILACOTA	8106000	392000	4400	1964/I-1998/XII	SENAMHI -PET
18	MAURE	DESCARGAS MAXIMAS	19151123	VILACOTA	8106000	392000	4400	1964/I-1998/XII	SENAMHI -PET
19	MAURE	DESCARGAS MINIMAS	19151133	VILACOTA	8106000	392000	4400	1964/I-1998/XII	SENAMHI -PET

CAPITULO IV: CARACTERISTICAS FISIOGRAFICAS DE LA CUENCA

4.1. Aspectos generales

La geomorfología superficial de la cuenca se desarrolla con la finalidad de exponer la terminología e índices con los cuales el hidrólogo define y analiza a una cuenca hidrográfica, para describir sus principales características físicas, que condicionan su comportamiento hidrológico, desarrollando los diversos métodos de cálculo y presentación de resultados. La morfología comprende el estudio de las formas superficiales y en ese sentido la geomorfología estudia y pretende cuantificar determinados rasgos propios de la superficie terrestre. La cuenca es la totalidad del área drenada por una corriente o sistema interconectado de cauces, tales que todo o parte del escurrimiento originado en tal área es descargado a través de una única salida.

4.2. Geomorfología de la Cuenca

4.2.1. Codificación Internacional de cuencas

Para empezar a trabajar la geomorfología de la cuenca debemos codificar las Unidades Hidrográficas para ello hemos utilizado la **Metodología Pfafstetter**, metodología utilizada en la actualidad por la Autoridad Nacional del Agua (ANA).

La Metodología Pfafstetter: Sistema desarrollado por el Ing. Otto Pfafstetter en 1989. Fue adoptado como estándar internacional en 1997 por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). Es una metodología que consiste en asignar a las unidades de drenaje

basado en la topología de la superficie del terreno. El sistema es jerárquico y las unidades son delimitadas desde las uniones de ríos (confluencias).

Primero empieza las clasificaciones por niveles

El nivel 1 corresponde a la escala continental de unidades de drenaje. Para regiones costeras, el sistema Pfafstetter considera que el sentido de la codificación será horario, del tal manera, que las vertientes cuyas aguas desemboquen en un mar oriental, serán codificadas de norte a sur; para el caso de una vertiente cuyas aguas desemboquen en un mar occidental, como es el caso de la vertiente peruana del Pacífico, las cuencas serán codificadas de sur a norte



Figura N° 08 Codificación Pfafstetter Nivel 1

El Perú, hidrográficamente, se divide en tres vertientes bien definidas: Pacífico, Amazonas y Titicaca

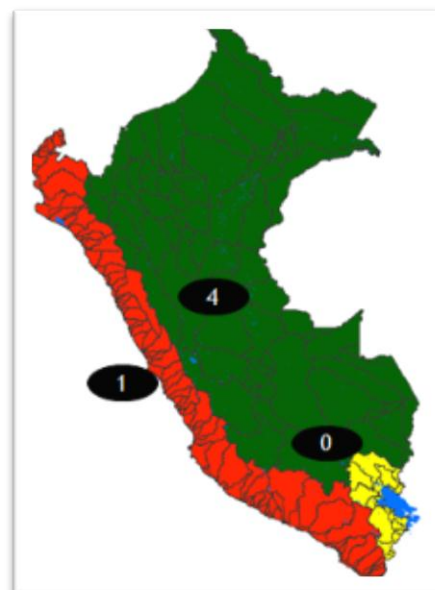


Figura N° 09 Codificación Pfafstetter en el Perú Nivel 1

El nivel 2 La vertiente del Pacífico, se encuentra dentro de la Región Hidrográfica 1, según la codificación Pfafstetter para América del Sur, el cual se inicia en el norte de Chile y continúa por Ecuador, Colombia y Venezuela. **La vertiente peruana del Titicaca, recibe el código 01** en el nivel 2.

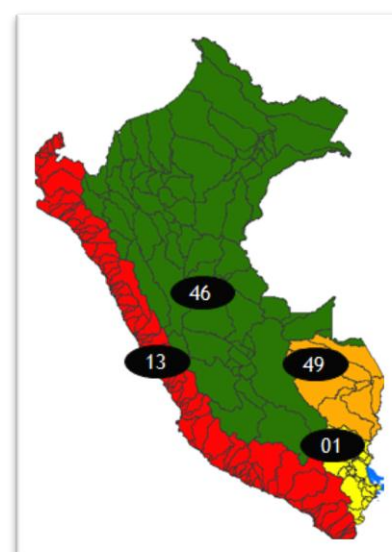


Figura N° 10 Codificación Pfafstetter en el Perú Nivel 2

El nivel 3 Dentro de esta gran Intercuenca, en el nivel 3, destacamos, por el área de drenaje, a las cuencas de los ríos Quilca-Vitor-Chili (132), Camaná (134), Ocoña (136) y Chira (138) que comparte sus aguas con territorio ecuatoriano. En nuestro estudio la Cuenca Maure tiene el código 014.

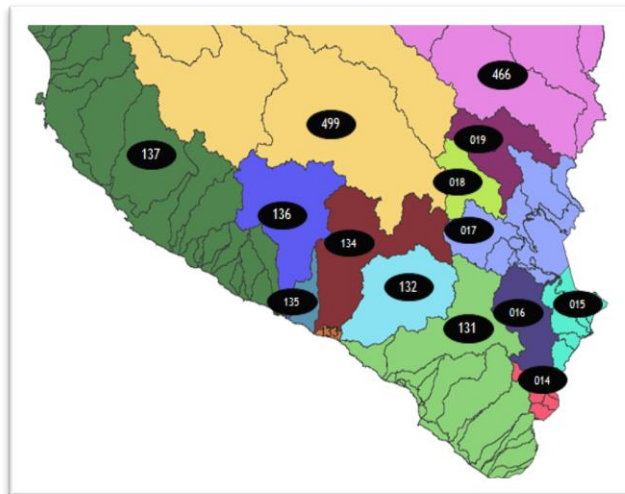


Figura N° 11 Codificación Pfafstetter en el Perú Nivel 3

El nivel 4 Dentro de esta gran Intercuenca, tenemos tres cuencas: Cuenca Uchusuma (0148), Cuenca Caño (0146) y Cuenca Maure (0144).

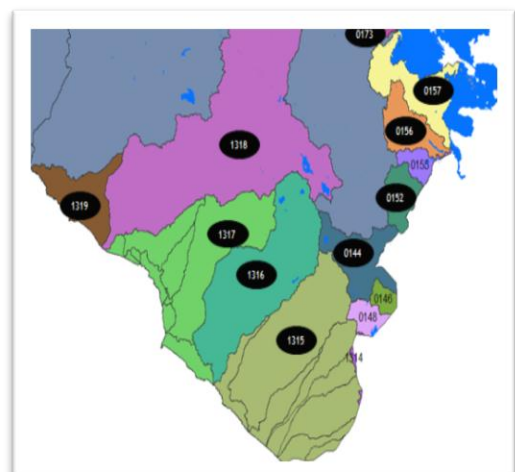


Figura N° 12 Codificación Pfafstetter en el Perú Nivel 4

El nivel 5, codificamos las sub cuencas en este caso seleccionamos cada una de las cuencas desde la desembocadura hacia la naciente.

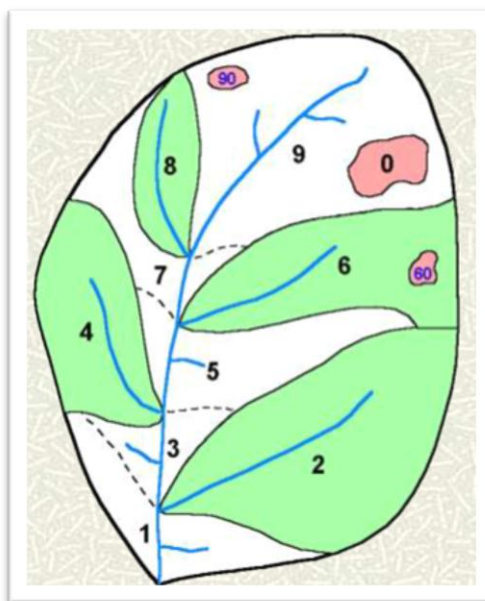


Figura N° 13 Codificación Pfafstetter en el Perú Nivel 5

Cuadro N° 06 Codificación Pfafstetter para la Cuenca Maure

FID	NIVEL_1	NIVEL_2	NIVEL_3	NIVEL_4	NIVEL_5	NIVEL_5_1	NOMB_UH_N1	NOMB_UH_N2	NOMB_UH_N3	NOMB_UH_N4	NOMB_UH_N5
0	0	01	014	0144	01440		Región Hidrográfica del Titicaca	Unidad Hidrográfica 15	Maure	Maure	Río Pamputa
1	0	01	014	0144	01441		Región Hidrográfica del Titicaca	Unidad Hidrográfica 06	Maure	Maure	Media 06
2	0	01	014	0144	01442		Región Hidrográfica del Titicaca	Unidad Hidrográfica 11	Maure	Maure	Río Huañamaure
3	0	01	014	0144	01443		Región Hidrográfica del Titicaca	Unidad Hidrográfica 05	Maure	Maure	Media 05
4	0	01	014	0144	01444		Región Hidrográfica del Titicaca	Unidad Hidrográfica 12	Maure	Maure	Río Kallapuma
5	0	01	014	0144	01445		Región Hidrográfica del Titicaca	Unidad Hidrográfica 04	Maure	Maure	Media 04
6	0	01	014	0144	01446		Región Hidrográfica del Titicaca	Unidad Hidrográfica 13	Maure	Maure	Río Kaño
7	0	01	014	0144	01447		Región Hidrográfica del Titicaca	Unidad Hidrográfica 03	Maure	Maure	Media 03
8	0	01	014	0144	01448		Región Hidrográfica del Titicaca	Unidad Hidrográfica 07	Maure	Maure	Qda. Mamuta
9	0	01	014	0144	01449		Región Hidrográfica del Titicaca	Unidad Hidrográfica 01	Maure	Maure	Media 01
10	0	01	014	0144		014411	Región Hidrográfica del Titicaca	Unidad Hidrográfica 02	Maure	Maure	Media 02
11	0	01	014	0144		014412	Región Hidrográfica del Titicaca	Unidad Hidrográfica 09	Maure	Maure	Río Ancomarca
12	0	01	014	0144		014414	Región Hidrográfica del Titicaca	Unidad Hidrográfica 14	Maure	Maure	Río Mauri
13	0	01	014	0144		014416	Región Hidrográfica del Titicaca	Unidad Hidrográfica 10	Maure	Maure	Río Chiliculco
14	0	01	014	0144		014418	Región Hidrográfica del Titicaca	Unidad Hidrográfica 08	Maure	Maure	Río Ancoaque

Cuadro N° 07 Codificación Pfafstetter para la Cuenca Caño

FID	NIVEL_1	NIVEL_2	NIVEL_3	NIVEL_4	NIVEL_5	NOMB_UH_N1	NOMB_UH_N2	NOMB_UH_N3	NOMB_UH_N4	NOMB_UH_N5
0	0	01	014	0146		Región Hidrográfica del Titicaca	Unidad Hidrográfica 15	Maure	Caño	

Cuadro N° 08 Codificación Pfafstetter para la Cuenca Uchusuma

FID	NIVEL_1	NIVEL_2	NIVEL_3	NIVEL_4	NIVEL_5	NOMB_UH_N1	NOMB_UH_N2	NOMB_UH_N3	NOMB_UH_N4	NOMB_UH_N5
0	0	01	014	0148	01440	Región Hidrográfica del Titicaca	Unidad Hidrográfica 15	Maure	Uchusuma	Laguna Blanca
1	0	01	014	0148	01441	Región Hidrográfica del Titicaca	Unidad Hidrográfica 06	Maure	Uchusuma	Media 02
2	0	01	014	0148	01442	Región Hidrográfica del Titicaca	Unidad Hidrográfica 11	Maure	Uchusuma	Qda. Uncalluta
3	0	01	014	0148	01443	Región Hidrográfica del Titicaca	Unidad Hidrográfica 05	Maure	Uchusuma	Media 01
4	0	01	014	0148	01444	Región Hidrográfica del Titicaca	Unidad Hidrográfica 12	Maure	Uchusuma	Qda. Cairani

4.2.2. Área de la cuenca

En este cuadro podemos observar la descripción que toma una cuenca de acuerdo a su área.

Cuadro N° 09 Descripción de la cuenca de acuerdo a su área.

Tamaño de la cuenca (Km ²)	Descripción
Menor a 25	Muy pequeña
25 a 250	Pequeña
250 a 500	Intermedia – pequeña
500 a 2 500	Intermedia – grande
2 500 a 5 000	Grande
Mayor a 5 000	Muy grande

Para el caso de la zona de estudio el área de la cuenca ha sido determinada utilizando el ingreso de información georeferenciada, se logró desarrollar en forma automatizada el área y perímetro superficial de la cuenca, dándonos los siguientes resultados:

Cuadro N° 10 Descripción de la cuenca Maure de acuerdo a su área.

Cuenca	Área (Km ²)	Perímetro (Km)	Descripción
Maure	1 773,66	306,58	Intermedia - grande
Caño	314,78	82,14	Intermedia – pequeña
Uchusuma	488,28	114,77	Intermedia – pequeña
Total	2 576,73	503,48	Grande

4.2.3. Forma de la cuenca

La forma de la cuenca definitivamente afecta las características de la descarga de la corriente, principalmente en los eventos de flujo máximo. En general, los escurrimientos de una cuenca de forma casi circular serán diferentes a los de otra, estrecha y alargada, de la misma área.

- a. **Coefficiente de compacidad** Dicho coeficiente ha sido calculado empleando la siguiente fórmula.

$$C_c = P/P_c = 0,282 * (P / A)^{1/2}$$

En el siguiente cuadro podemos observar los valores del Coeficiente de compacidad y la forma de la cuenca.

Cuadro N° 11 Clasificación de la cuenca de acuerdo a su Índice de Compacidad

Clase de Forma	Índice de compacidad (K)	Forma de la cuenca
Clase I	1,0 a 1,25	Casi redonda a oval-redondeada
Clase II	1,26 a 1,50	Oval-redondeada a oval-oblonga
Clase III	Mayor a 1,50	Oval-oblonga a rectangular-oblonga

El coeficiente de compacidad calculado para la zona de estudio es:

Cuadro N° 12 Clasificación de la cuenca Maure de acuerdo a su Cc

Cuenca	Cc	Forma de la cuenca
Maure	2,05	Oval-oblonga a rectangular-oblonga
Caño	1,30	Oval-redondeada a oval-oblonga
Uchusuma	1,46	Oval-oblonga a rectangular-oblonga
Total	4,82	Oval-oblonga a rectangular-oblonga

- b. **Relación de elongación** utilizamos la siguiente fórmula:

$$Re = D/L_c = 1,1284 A^{1/2}/L_c$$

La bibliografía indica que valores cercanos a la unidad están relacionados relieves suaves y Re de 0,6 a 0,8

indica relieves fuertes o pendientes pronunciadas. En el caso de estudio encontramos los siguientes valores.

Cuadro N° 13 Clasificación de la cuenca de acuerdo a su Relación de Elongación.

Cuenca	Lc (Km)	Re	Tipo de relieve
Maure	81,48	0,58	Pendientes pronunciada
Caño	23,68	1,05	Pendiente suave
Uchusuma	29,16	0,69	Pendiente pronunciada

c. **Factor de Forma** La fórmula empleada es la siguiente:

$$Ff = B/L = A/L^2$$

< 1: Corresponde a rectangular o alargada

Cuadro N° 14 Clasificación de la cuenca Maure de acuerdo a su Factor de forma.

Cuenca	L (Km)	Ff
Maure	81,48	0,27
Caño	23,68	0,87
Uchusuma	29,16	0,37

El valor calculado para el factor de forma de la cuenca Maure fluctúa entre 0,27 y 0,87 lo que indica que es una cuenca ligada estrechamente a crecientes súbita.

Esta información se encuentra en el anexo de mapas.

(Mapa N° 14).

4.2.4. Curva Hipsométrica de la cuenca

La curva hipsométrica se elaboró utilizando el software ArcGis 10. Dicha curva ha servido para determinar la altitud media de la cuenca.

4.2.4.1. Cuenca del Río Maure

Esta información se encuentra en el anexo de mapas. **(Mapa N° 15).**

Cuadro N° 15 Resultados de la Curva Hipsométrica

INTERVALO (msnm)	COTA MEDIA (msnm)	COTA ACUMULADA (msnm)	PORCENTAJE COTA ACUMULADA (msnm)	ÁREA (KM2)	AREA ACUMULADA (KM2)	AREA (%)	AREA ACUMULADA (%)	PRODUCTO 2*5
1	2	3	4	5	6	7	8	9
5 400 – 5 500	5 450	71 250	1,00	0,78	0,78	0,0303	0,03	4 251
5 300 – 5 400	5 350	65 800	0,92	14,39	15,17	0,5585	0,59	76 987
5 200 – 5 300	5 250	60 450	0,85	30,23	45,4	1,1732	1,76	158 708
5 100 – 5 200	5 150	55 200	0,77	39,26	84,66	1,5237	3,29	202 189
5 000 – 5 100	5 050	50 050	0,70	67,43	152,09	2,6170	5,90	340 522
4 900 – 5 000	4 950	45 000	0,63	102,96	255,05	3,9959	9,90	509 652
4 800 – 4 900	4 850	40 050	0,56	160,93	415,98	6,2457	16,14	780 511
4 700 – 4 800	4 750	35 200	0,49	221,04	637,02	8,5785	24,72	1 049 940
4 600 – 4 700	4 650	30 450	0,43	256,58	893,6	9,9579	34,68	1 193 097
4 500 – 4 600	4 550	25 800	0,36	275,92	1169,52	10,7084	45,39	1 255 436
4 400 – 4 500	4 450	21 250	0,30	271,13	1440,65	10,5225	55,91	1 206 529
4 300 – 4 400	4 350	16 800	0,24	320,28	1760,93	12,4300	68,34	1 393 218
4 200 – 4 300	4 250	12 450	0,17	476,93	2237,86	18,5096	86,85	2 026 953
4 100 – 4 200	4 150	8 200	0,12	308,25	2546,11	11,9632	98,81	1 279 238
4 000 – 4 100	4 050	4 050	0,06	30,55	30,55	1,1856	100,00	123 728
Total				2 576,66	1 1685,37	100,00		11 600 955

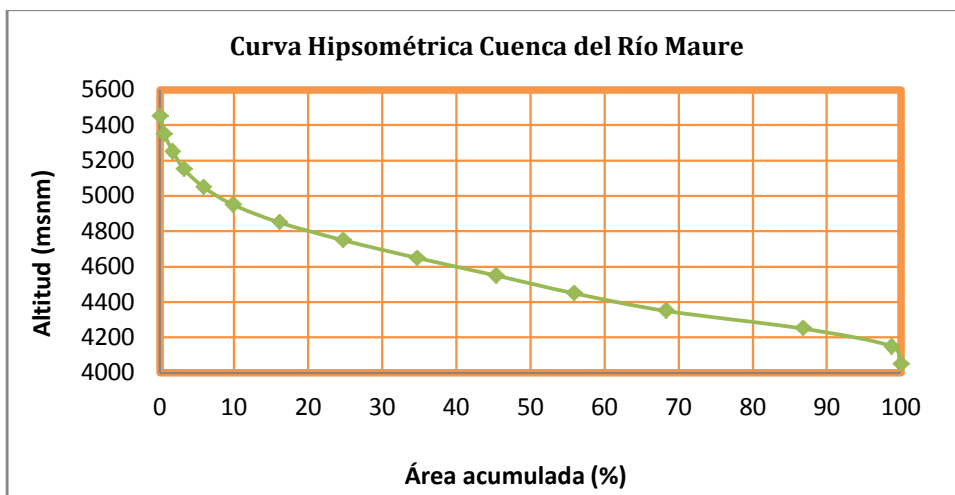


Figura N° 14 Curva Hipsométrica de la Cuenca del Río Maure

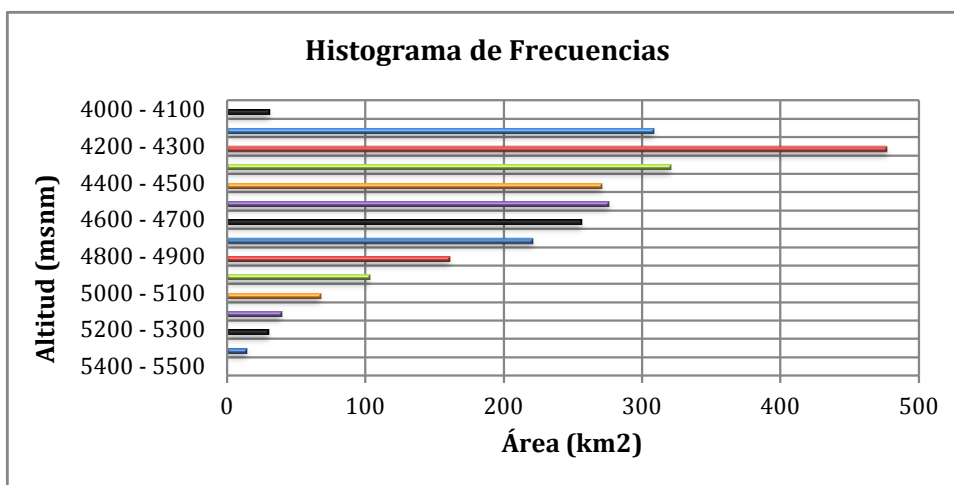


Figura N° 15 Histograma de Frecuencias de la Cuenca del Río Maure

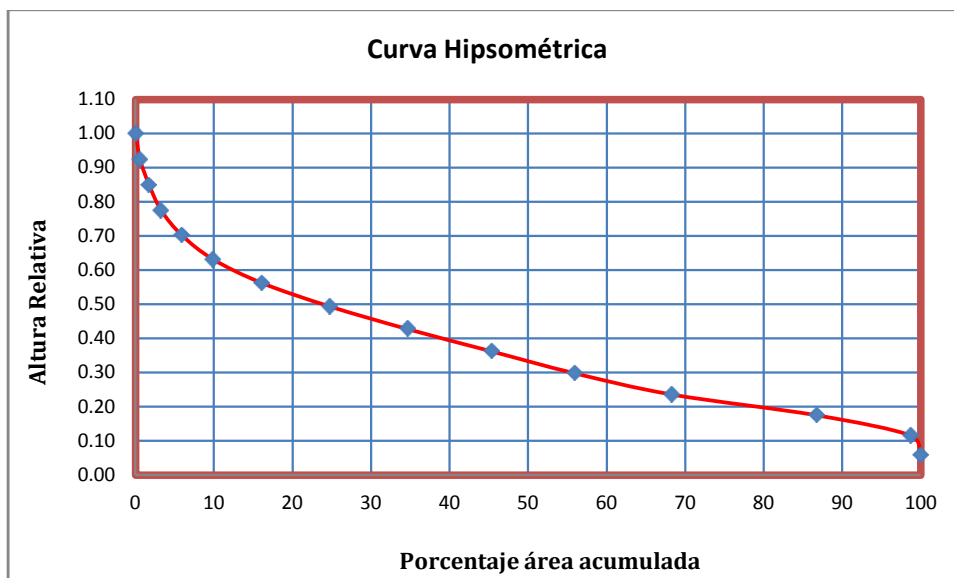


Figura N° 16 Curva Hipsométrica de la Cuenca del Río Maure

Para la altitud media la determinamos utilizando la suma total de la multiplicación de la cota media por el área todo entre el área total de la cuenca. Estos nos dan como resultado la siguiente Interpretación de las curvas:

- Altura media 4 502,32 m.s.n.m.
- Altura mediana 4 500,00 m.s.n.m.
- Análisis Hipsométrico De acuerdo a su forma el río es maduro.

4.2.4.2. Cuenca Maure

Esta información se encuentra en el anexo de mapas. **(Mapa N° 16).**

Cuadro N° 16 Resultados de la Curva Hipsométrica de la Cuenca Maure

INTERVALO (msnm)	COTA MEDIA (msnm)	COTA ACUMULADA (msnm)	PORCENTAJE COTA ACUMULADA (msnm)	ÁREA (KM2)	AREA ACUMULADA (KM2)	AREA (%)	AREA ACUMULADA (%)	PRODUCTO 2*5
1	2	3	4	5	6	7	8	9
5 400 – 5 500	5 450	71 250	1,00	0,39	4,96	0,0220	0,28	2 126
5 300 – 5 400	5 350	65 800	0,92	4,57	4,57	0,2578	0,26	24 450
5 200 – 5 300	5 250	60 450	0,85	12,51	17,08	0,7056	0,96	65 678
5 100 – 5 200	5 150	55 200	0,77	19,64	36,72	1,1077	2,07	101 146
5 000 – 5 100	5 050	50 050	0,70	38,45	75,17	2,1687	4,24	194 173
4 900 – 5 000	4 950	45 000	0,63	62,92	138,09	3,5488	7,79	311 454
4 800 – 4 900	4 850	40 050	0,56	104,05	242,14	5,8686	13,66	504 643
4 700 – 4 800	4 750	35 200	0,49	164,3	406,44	9,2668	22,92	780 425
4 600 – 4 700	4 650	30 450	0,43	202,39	608,83	11,4152	34,34	941 114
4 500 – 4 600	4 550	25 800	0,36	222,31	831,14	12,5387	46,88	1 011 511
4 400 – 4 500	4 450	21 250	0,30	217,63	1 048,77	12,2747	59,15	968 454
4 300 – 4 400	4 350	16 800	0,24	233,69	1 282,46	13,1806	72,33	1 016 552
4 200 – 4 300	4 250	12 450	0,17	330,67	1 613,13	18,6504	90,98	1 405 348
4 100 – 4 200	4 150	8 200	0,12	145,82	1 758,95	8,2245	99,21	605 153
4 000 – 4 100	4 050	4 050	0,06	13.,65	30,55	0,77	100,00	55 283
Total				1 772,99	8 099	100,00		7 987 505

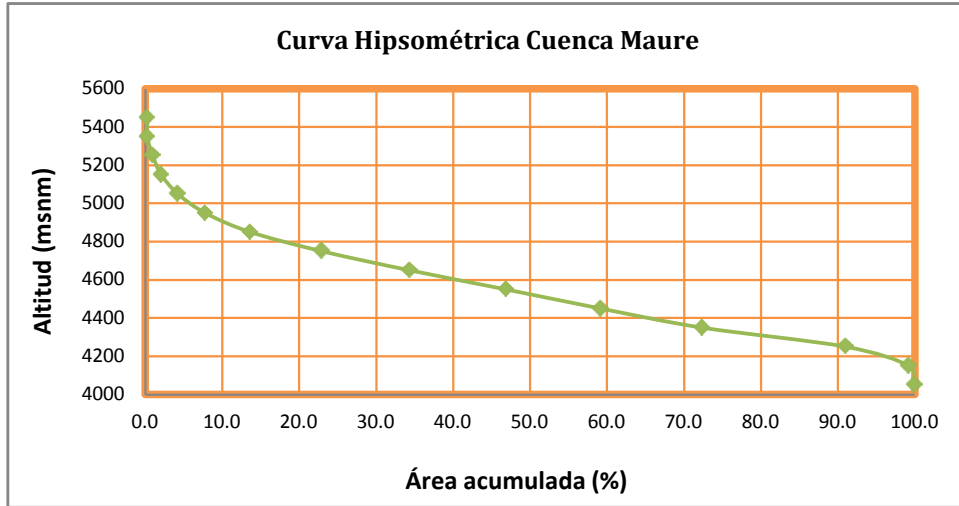


Figura N° 17 Curva Hipsométrica de la Cuenca Maure

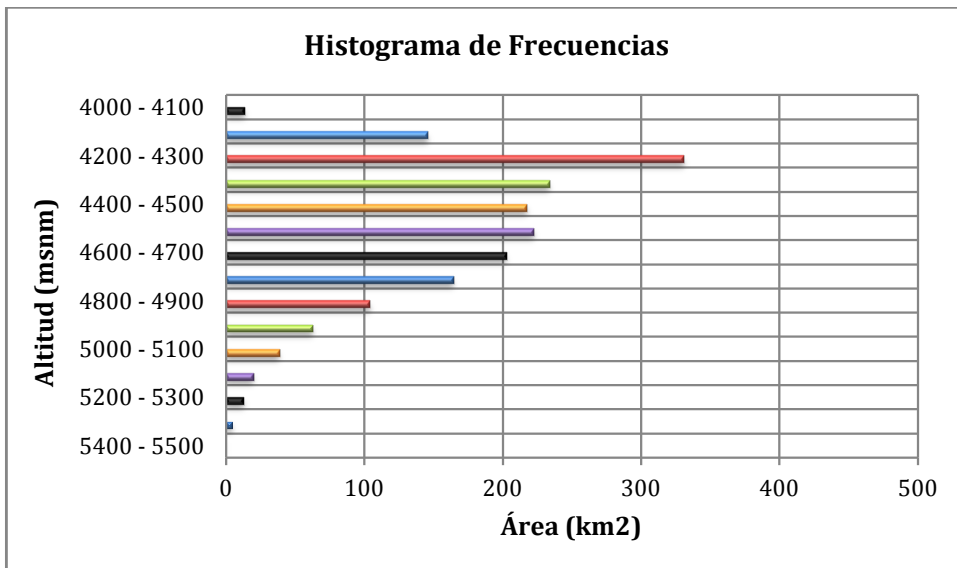


Figura N° 18 Histograma de Frecuencias de la Cuenca Maure

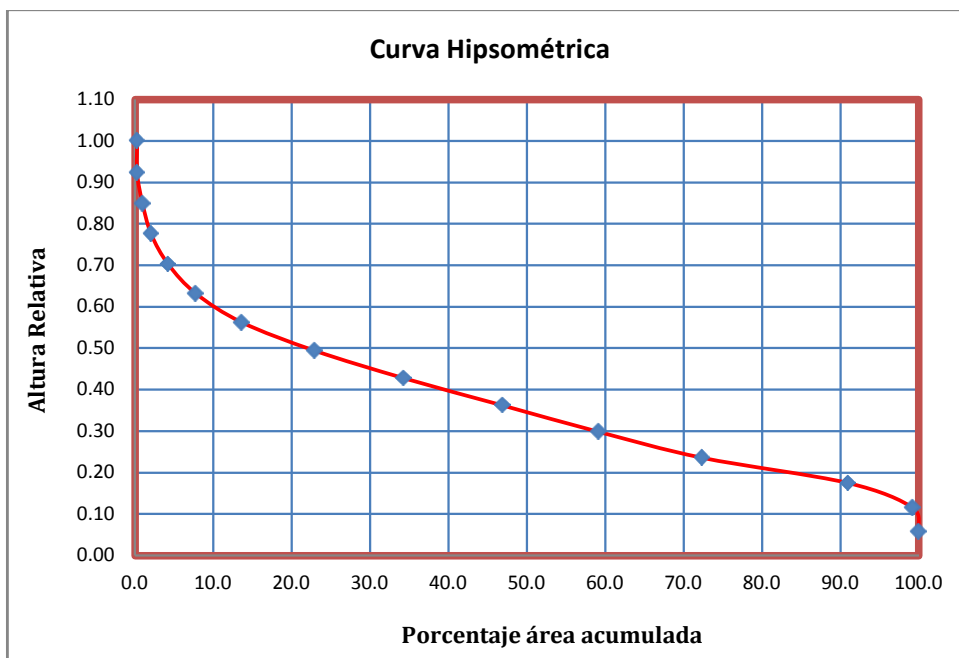


Figura N° 19 Curva Hipsométrica de la Cuenca Maure

Para la altitud media la determinamos utilizando la suma total de la multiplicación de la cota media por el área todo entre el área total de la cuenca. Estos nos dan como resultado la siguiente Interpretación de las curvas

- Altura media: 4505,10 m.s.n.m.
- Altura mediana: 4 510,00 m.s.n.m.
- Análisis Hipsométrico: De acuerdo a su forma el río es maduro.

4.2.4.3. Cuenca Uchusuma

Esta información se encuentra en el anexo de mapas. **(Mapa N° 17).**

Cuadro N° 17 Resultados de la Curva Hipsométrica de la Cuenca Uchusuma

INTERVALO (msnm)	COTA MEDIA (msnm)	COTA ACUMULADA (msnm)	PORCENTAJE COTA ACUMULADA (msnm)	ÁREA (KM2)	AREA ACUMULADA (KM2)	AREA (%)	AREA ACUMULADA (%)	PRODUCTO 2*5
1	2	3	4	5	6	7	8	9
5 400 – 5 500	5 450	67 200	1,00	0,4	8,42	0,0819	1,7	2 180
5 300 – 5 400	5 350	61 750	0,92	8,02	8,02	1,6426	1,6	42 907
5 200 – 5 300	5 250	56 400	0,85	17,67	25,69	3,6190	5,3	92 768
5 100 – 5 200	5 150	51 150	0,77	17,95	43,64	3,6764	8,9	92 443
5 000 – 5 100	5 050	46 000	0,70	24,46	68,1	5,0097	13,9	123 523
4 900 – 5 000	4 950	40 950	0,63	34,06	102,16	6,9759	20,9	168 597
4 800 – 4 900	4 850	36 000	0,56	49,78	151,94	10,1956	31,1	241 433
4 700 – 4 800	4 750	31 150	0,49	48,14	200,08	9,8597	41,0	228 665
4 600 – 4 700	4 650	26 400	0,43	47,34	247,42	9,6959	50,7	220 131
4 500 – 4 600	4 550	21 750	0,36	45,2	292,62	9,2576	59,9	205 660
4 400 – 4 500	4 450	17 200	0,30	37,07	329,69	7,5924	67,5	164 962
4 300 – 4 400	4 350	12 750	0,24	53,93	383,62	11,0456	78,6	234 596
4 200 – 4 300	4 250	8 400	0,17	85,19	468,81	17,4480	96,0	362 058
4 100 – 4 200	4 150	4 150	0,12	19,04	487,85	3,90	100,00	79 016
Total				488,25	2 818,06	100,00		2 258 937

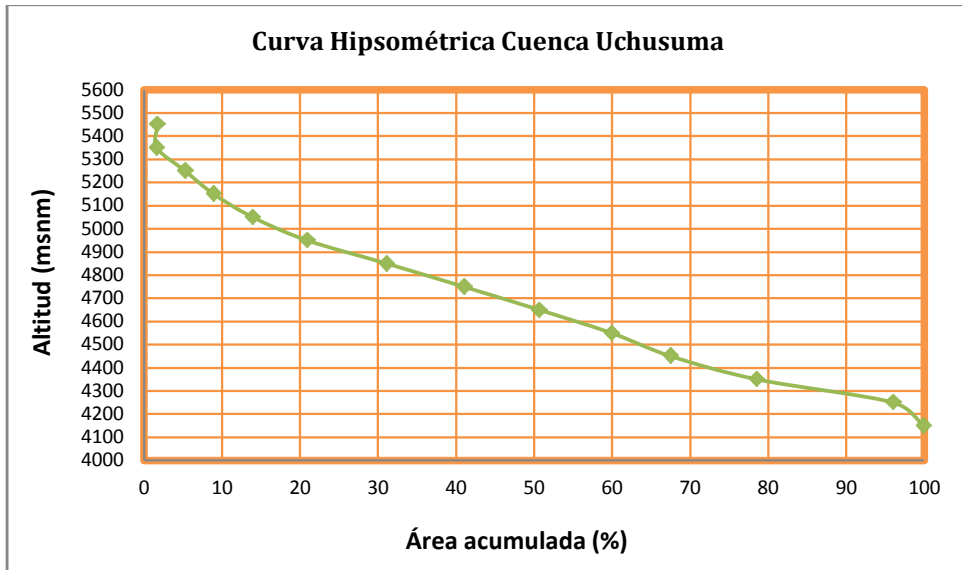


Figura N° 20 Curva Hipsométrica de la Cuenca Uchusuma

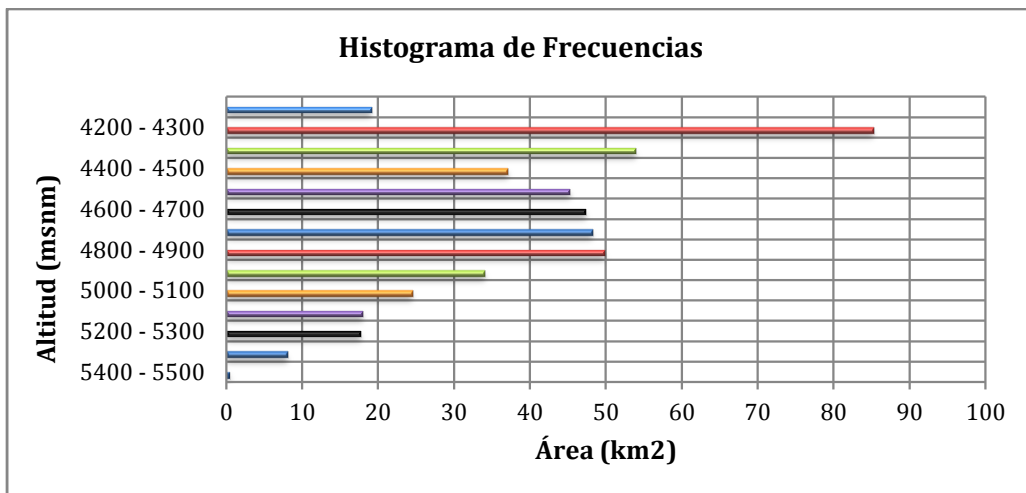


Figura N° 21 Histograma de Frecuencias de la Cuenca Uchusuma

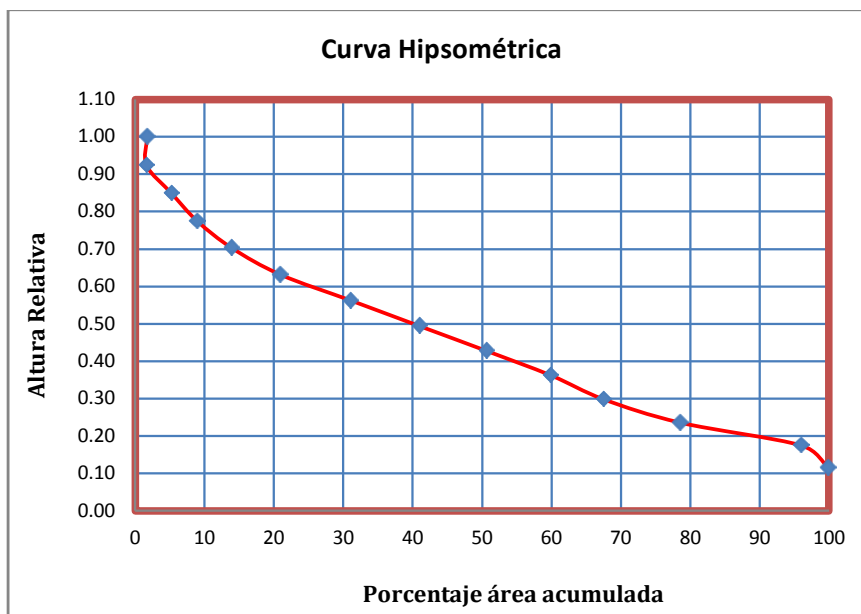


Figura N° 22 Curva Hipsométrica de la Cuenca Uchusuma

Para la altitud media la determinamos utilizando la suma total de la multiplicación de la cota media por el área todo entre el área total de la cuenca. Estos nos dan como resultado la siguiente Interpretación de las curvas

- Altura media: 4 626,60 m.s.n.m.
- Altura mediana: 4 650,00 m.s.n.m.
- Análisis Hipsométrico: De acuerdo a su forma el río es joven.

4.2.4.4. Cuenca Caño

Esta información se encuentra en el anexo de mapas. **(Mapa N° 18).**

Cuadro N° 18 Resultados de la Curva Hipsométrica de la Cuenca Caño

INTERVALO (msnm)	COTA MEDIA (msnm)	COTA ACUMULADA (msnm)	PORCENTAJE COTA ACUMULADA (msnm)	ÁREA (KM2)	AREA ACUMULADA (KM2)	AREA (%)	AREA ACUMULADA (%)	PRODUCTO 2*5
1	2	3	4	5	6	7	8	9
5 200 – 5 300	5 250	60 450	0,85	0,79	0,79	0,2510	0,3	4 148
5 100 – 5 200	5 150	55 200	0,77	2,25	3,04	0,7148	1,0	11 588
5 000 – 5 100	5 050	50 050	0,70	4,34	7,38	1,3788	2,3	21 917
4 900 – 5 000	4 950	45 000	0,63	5,99	13,37	1,9030	4,2	29 651
4 800 – 4 900	4 850	40 050	0,56	6,84	20,21	2,1730	6,4	33 174
4 700 – 4 800	4 750	35 200	0,49	9	29,21	2,8592	9,3	42 750
4 600 – 4 700	4 650	30 450	0,43	7,05	36,26	2,2397	11,5	32 783
4 500 – 4 600	4 550	25 800	0,36	7,56	43,82	2,4018	13,9	34 398
4 400 – 4 500	4 450	21 250	0,30	17,02	60,84	5,4071	19,3	75 739
4 300 – 4 400	4 350	16 800	0,24	32,3	93,14	10,2615	29,6	140 505
4 200 – 4 300	4 250	12 450	0,17	75,04	168,18	23,8396	53,4	318 920
4 100 – 4 200	4 150	8 200	0,12	131,18	299,36	41,6749	95,1	544 397
4 000 – 4 100	4 050	4 050	0,06	15,41	30,55	4,8956	100,0	62 411
Total				314,77	806,15	100,00		1 352 379

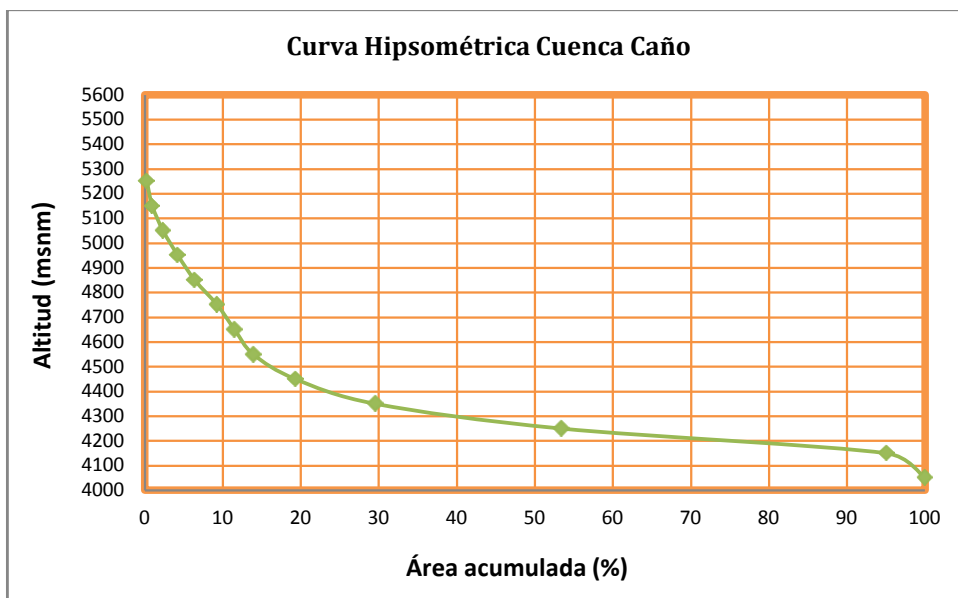


Figura N° 23 Curva Hipsométrica de la Cuenca Caño

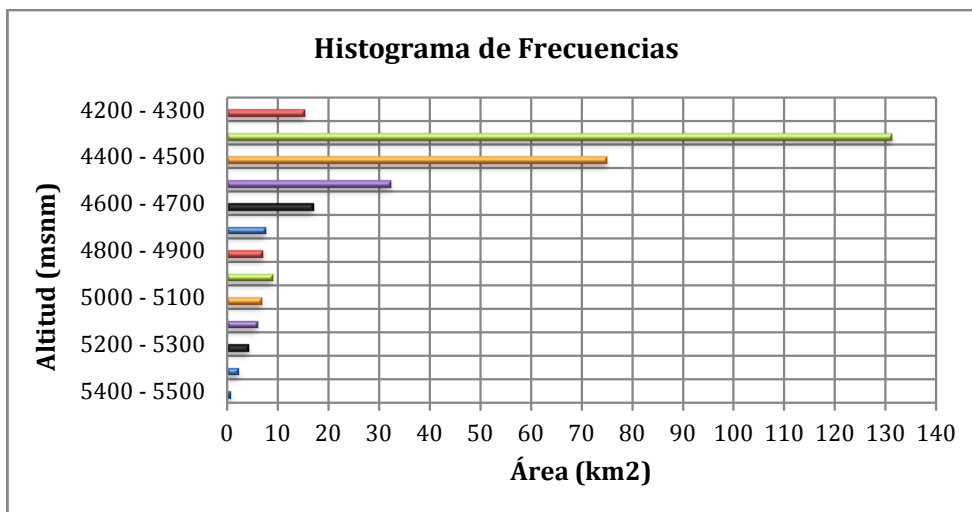


Figura N° 24 Histograma de Frecuencias de la Cuenca Caño

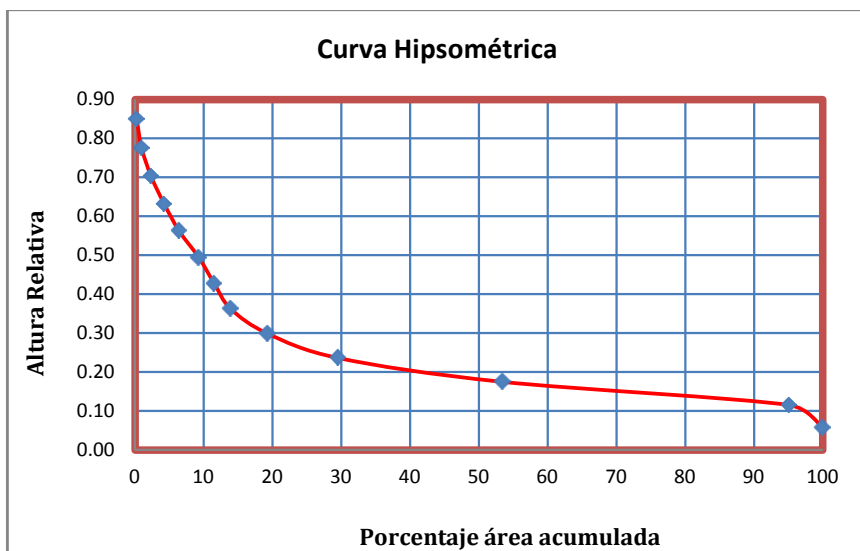


Figura N° 25 Curva de Hipsométrica de la Cuenca Caño

Para la altitud media la determinamos utilizando la suma total de la multiplicación de la cota media por el área todo entre el área total de la cuenca. Estos nos dan como resultado la siguiente Interpretación de las curvas

- Altura media 4 296,40 m.s.n.m.
- Altura mediana 4 250,00 m.s.n.m.
- Análisis Hipsométrico De acuerdo a su forma el río es maduro.

4.2.5. Rectángulo equivalente

4.2.5.1. Cuenca del Río Maure

El rectángulo equivalente determinado con fines de transformación de la cuenca para modelos de escurrimiento superficial tiene longitudes de 68,89 Km y 37,40 Km (L*I).

Cuadro N° 19 Rectángulo equivalente de la Cuenca del Río Maure

COTAS INTERVALO DE CLASE (msnm)	COTA MEDIA INTERVALO DE CLASE (msnm)	AREA PARCIAL (Km ²)	AREA ACUMULADA (Km ²)	LONG. ACUMULADA DEL RECTANGULO EQUIVALENTE
5 400 – 5 500	5 450	0,78	0,78	0,01
5 300 – 5 400	5 350	14,39	15,17	0,22
5 200 – 5 300	5 250	30,23	45,4	0,66
5 100 – 5 200	5 150	39,26	84,66	1,23
5 000 – 5 100	5 050	67,43	152,09	2,21
4 900 – 5 000	4 950	102,96	255,05	3,70
4 800 – 4 900	4 850	160,93	415,98	6,04
4 700 – 4 800	4 750	221,04	637,02	9,25
4 600 – 4 700	4 650	256,58	893,6	12,97
4 500 – 4 600	4 550	275,92	1 169,52	16,98
4 400 – 4 500	4 450	271,13	1 440,65	20,91
4 300 – 4 400	4 350	320,28	1 760,93	25,56
4 200 – 4 300	4 250	476,93	2 237,86	32,48
4 100 – 4 200	4 150	308,25	2 546,11	36,96
4 000 – 4 100	4 050	30,55	2 576,66	37,40
Total		2 576,66	14 231,48	

L =	68,89
I =	37,40

4.2.5.2. Cuenca Maure

Cuadro N° 20 Resultados del Rectángulo equivalente de la Cuenca Maure

COTAS INTERVALO DE CLASE (msnm)	COTA MEDIA INTERVALO DE CLASE (msnm)	AREA PARCIAL (Km ²)	AREA ACUMULADA (Km ²)	LONG. ACUMULADA DEL RECTANGULO EQUIVALENTE
5 400 – 5 500	5 450	0,39	0,39	0,01
5 300 – 5 400	5 350	4,57	17,08	0,36
5 200 – 5 300	5 250	12,51	12,51	0,26
5 100 – 5 200	5 150	19,64	32,15	0,68
5 000 – 5 100	5 050	38,45	70,6	1,49
4 900 – 5 000	4 950	62,92	133,52	2,82
4 800 – 4 900	4 850	104,05	237,57	5,01
4 700 – 4 800	4 750	164,3	401,87	8,48
4 600 – 4 700	4 650	202,39	604,26	12,75
4 500 – 4 600	4 550	222,31	826,57	17,44
4 400 – 4 500	4 450	217,63	1 044,2	22,03
4 300 – 4 400	4 350	233,69	1 277,89	26,96
4 200 – 4 300	4 250	330,67	1 608,56	33,93
4 100 – 4 200	4 150	145,82	1 754,38	37,01
4 000 – 4 100	4 050	13,65	1 768,03	37,30
Total		1 772,99	9 789,58	

L = 47,54

I = 37,30

4.2.5.3. Cuenca Uchusuma

Cuadro N° 21 Resultados del Rectángulo equivalente de la Cuenca Uchusuma

COTAS INTERVALO DE CLASE (msnm)	COTA MEDIA INTERVALO DE CLASE (msnm)	AREA PARCIAL (Km ²)	AREA ACUMULADA (Km ²)	LONG. ACUMULADA DEL RECTANGULO EQUIVALENTE
5 400 – 5 500	5 450	0,4	0,4	0,01
5 300 – 5 400	5 350	8,02	8,02	0,21
5 200 – 5 300	5 250	17,67	25,69	0,69
5 100 – 5 200	5 150	17,95	43,64	1,17
5 000 – 5 100	5 050	24,46	68,1	1,82
4 900 – 5 000	4 950	34,06	102,16	2,73
4 800 – 4 900	4 850	49,78	151,94	4,07
4 700 – 4 800	4 750	48,14	200,08	5,36
4 600 – 4 700	4 650	47,34	247,42	6,62
4 500 – 4 600	4 550	45,2	292,62	7,83
4 400 – 4 500	4 450	37,07	329,69	8,83
4 300 – 4 400	4 350	53,93	383,62	10,27
4 200 – 4 300	4 250	85,19	468,81	12,55
4 100 – 4 200	4 150	19,04	487,85	13,06
Total		488,25	2 810,04	

L =	37,39
l =	13,06

4.2.5.4. Cuenca Caño

Cuadro N° 22 Resultados del Rectángulo equivalente de la Cuenca Caño

COTAS INTERVALO DE CLASE (msnm)	COTA MEDIA INTERVALO DE CLASE (msnm)	AREA PARCIAL (Km ²)	AREA ACUMULADA (Km ²)	LONG. ACUMULADA DEL RECTANGULO EQUIVALENTE
5 200 – 5 300	5 250	0,79	0,79	0,03
5 100 – 5 200	5 150	2,25	3,04	0,11
5 000 - 5 100	5 050	4,34	7,38	0,26
4 900 - 5 000	4 950	5,99	13,37	0,48
4 800 - 4 900	4 850	6,84	20,21	0,72
4 700 – 4 800	4 750	9,00	29,21	1,05
4 600 – 4 700	4 650	7,05	36,26	1,30
4 500 – 4 600	4 550	7,56	43,82	1,57
4 400 – 4 500	4 450	17,02	60,84	2,18
4 300 – 4 400	4 350	32,3	93,14	3,33
4 200 – 4 300	4 250	75,04	168,18	6,02
4 100 – 4 200	4 150	131,18	299,36	10,72
4 000 – 4 100	4 050	15,41	314,77	11,27
Total		314,77	1 090,37	

L =	27,93
l =	11,27

4.2.6. Pendiente de la Cuenca

La pendiente de la cuenca tiene bastante importancia con relación a la infiltración, escurrimiento superficial, humedad del suelo y la contribución del agua subterránea al flujo en los cauces. Es uno de los factores físicos que controlan el tiempo del flujo sobre el terreno y tiene influencia directa en la magnitud de las avenidas o crecidas.

Para determinar la pendiente de la cuenca se utilizó el software y ArcGis 10 y se realizó un mapa de pendientes.

Para cada celda, la pendiente herramienta calcula la tasa máxima de cambio en el valor de esa célula a sus vecinos. Básicamente, el cambio máximo en la elevación sobre la distancia entre la célula y sus vecinos ocho identifica el descenso más empinada cuesta abajo de la célula.

Conceptualmente, la herramienta se ajusta a un avión con destino a los valores de z de un barrio de 3×3 celdas alrededor de la transformación o la celda central. El valor de la pendiente de este plano se calcula utilizando la técnica de máxima media. La dirección del plano se enfrenta es el aspecto de la celda de procesamiento. Cuanto menor sea el valor de la pendiente, el plano del terreno, mayor es el valor de la pendiente, el más empinado del terreno.

Si hay una ubicación de la celda en la zona con una No Data valor z , el valor de z de la celda central será asignado a la ubicación. En el borde de la trama, por lo menos tres células (fuera de alcance

de la trama) contendrán No Data como sus valores z. Estas células se le asignarán el centro de la celda del valor z. El resultado es un aplanamiento de la 3 x 3 avión equipado para estas células de borde, lo que normalmente conduce a una reducción en la pendiente.

La trama pendiente de salida se puede calcular en dos tipos de unidades, grados o por ciento (por ciento de aumento). El por ciento de aumento se puede entender mejor si lo consideramos como el aumento dividido por el largo, multiplicado por 100. Considere la posibilidad de triángulo B a continuación. Cuando el ángulo es de 45 grados, el aumento es igual a la carrera, y el ascenso por ciento es 100 por ciento. A medida que el ángulo de la pendiente se aproxima vertical (90 grados), como en triángulo C, el aumento por ciento comienza a aproximarse infinito.

Al comparar los valores de la pendiente en grados versus ciento La pendiente de herramientas con más frecuencia se ejecuta en un conjunto de datos de elevación, como los siguientes diagramas muestran. Las pendientes más pronunciadas están sombreadas de color rojo en la trama pendiente de salida.

Esta información se encuentra en el anexo de mapas.

(Mapa N° 19).

La Orientación identifica la dirección de la pendiente descendente de la tasa de cambio máxima en un valor desde cada celda hacia sus vecinas. Puede pensarse como la dirección de la pendiente. Los valores de cada celda del ráster de salida indican la dirección de brújula a la que apunta la superficie en esa ubicación. Se mide

en el sentido de las agujas del reloj en grados de 0 (hacia el norte) a 360 (hacia el norte, nuevamente), formando un círculo completo. Las áreas planas que no tienen dirección de pendiente descendente tienen un valor de -1.

El valor de cada celda de un dataset de orientación indica la dirección a la que apunta la pendiente de la celda.

Conceptualmente, la herramienta Orientación ajusta un plano a los valores z de una vecindad de celdas de 3 x 3 alrededor de la celda de procesamiento o central. La dirección a la que apunta el plano es la orientación para la celda de procesamiento.

Con la herramienta Orientación, puede hacer lo siguiente:

- Buscar todas las pendientes mirando al norte en una montaña, como parte de una búsqueda de las mejores pendientes para hacer ski.
- Calcular la iluminación solar para cada ubicación de una región como parte de un estudio para determinar la diversidad de vida en cada sitio.
- Buscar todas las pendientes hacia el sur en una región montañosa para identificar las ubicaciones donde es posible que la nieve se derrita primero, como parte de un estudio para identificar las ubicaciones residenciales que son propensas a ser afectadas primero por la escorrentía.

- Identificar áreas de terreno plano para descubrir un área en donde pueda aterrizar un aeroplano en caso de emergencia.

Esta información se encuentra en el anexo de mapas.

(Mapa N° 20).

4.2.7. Densidad de drenaje

La cuenca Maure, presenta una densidad de drenaje de 0,13 km/km², este valor representa el número de cauces por unidad de área en Km², de la cuenca. Esta información se encuentra en el anexo de mapas. **(Mapa N° 21).**

Cuadro N° 23 Resultados de la Red de drenaje de la cuenca Maure

Sub cuenca	Cauce más largo (km.)
Pamputa	8,5022
Río Ancoaque	11,6864
Media 01	5,5325
Media 02	22,1765
Media 03	16,6561
Media 03b	12,0879
Qda. Mamuta	11,6886
Caño	22,6039
Kallapuma	17,3032
Media 04	21,6499
Media 05	10,2313
Media 06	4,9392
Huañamaure	18,0457
Ancomarca	14,6923
Maure	10,0152
Chiliculco	18,5385
Total	226,3494
Área Total	1 772,99
Densidad de drenaje	0,13

4.3. Precipitación

Los métodos empleados son los siguientes:

4.3.1. Promedio no ponderado o promedio aritmético

Es el método más simple para estimar la precipitación media. Si la precipitación tiene una variación no continua, la precipitación media puede ser muy incorrecta. Aplicable a áreas menores de 100 has.

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}$$

Consiste simplemente en obtener el promedio de las alturas de precipitación registrada en cada estación usada en el análisis:

n = número de pluviómetros

P_i = precipitación registrada en el pluviómetro i (mm)

P = precipitación media (mm);

P_i viene a ser la precipitación registrada en cada estación y n el número de estaciones consideradas en el proceso de cálculo.

En la zona de estudio utilizaremos el software ArcGis 10.0

4.3.1.1. La precipitación media anual de la Cuenca del río Maure

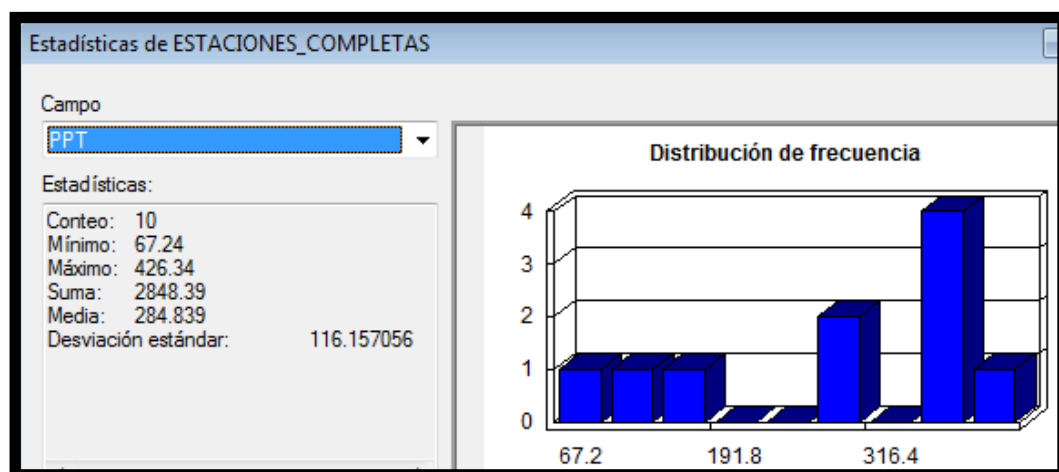
- Insertamos 10 estaciones pluviométricas.

Cuadro N° 24 Resultados de la Precipitación de la Cuenca del Río Maure

ESTACIONES_COMPLETAS							
	FID	Shape *	N°	Nombre	Este	Norte	PPT
▶	0	Punto	1	CHUAPALCA	43126	808736	363.39
	1	Punto	2	CHALLAPALC	41880	809570	363.7
	2	Punto	3	CANDARAVE	36800	809280	157.91
	3	Punto	4	SUCHES	35230	813090	360.27
	4	Punto	5	PAUCARANI	41820	806360	375.38
	5	Punto	6	COYPA COYP	40950	812500	426.34
	6	Punto	7	VISVIRE	44900	805500	291
	7	Punto	8	PALCA	39840	803480	67.24
	8	Punto	9	TOQUEPALA	40200	804850	129.05
	9	Punto	10	AYRO	43415	805650	314.11

- La precipitación media anual de la cuenca es de: 248,839 mm.

Figura N° 26 Distribución de Frecuencias de la Cuenca del río Maure



4.3.1.2. La precipitación media anual de la Cuenca

Maure

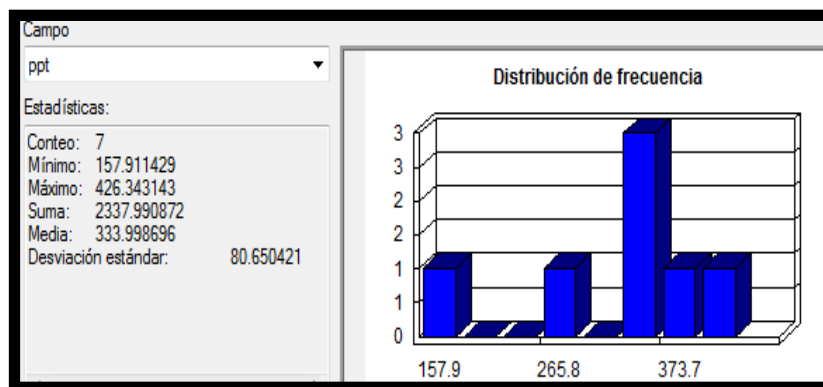
- Insertamos 7 estaciones pluviométricas.

Cuadro N° 25 Resultados de la Precipitación de la Cuenca Maure

Estaciones Maure							
	FID	Shape *	Codigo	Nombre	Este	Norte	ppt
▶	0	Punto	19151101	CHUAPALCA	43126	808736	363.391429
	1	Punto	19151102	CHALLAPALC	41880	809570	363.697143
	2	Punto	19101102	CANDARAVE	36800	809280	157.911429
	3	Punto	19101103	SUCHES	35230	813090	360.270455
	4	Punto	1910110C	PAUCARANI	41820	806360	375.377273
	5	Punto	19141102	COYPA COYP	40950	812500	426.343143
	6	Punto	S/C	VISVIRE	44900	805500	291

- La precipitación media anual de la cuenca es de: 333,9986 mm.

Figura N° 27 Distribución de Frecuencias de la Cuenca Maure



4.3.1.3. La precipitación media anual de la Cuenca Uchusuma

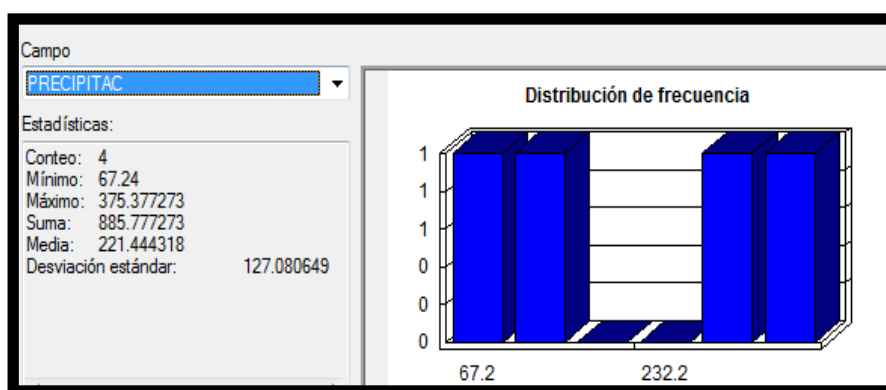
- Insertamos 4 estaciones pluviométricas.

Cuadro N° 26 Resultados de la Precipitación de la Cuenca Uchusuma

Estaciones Uchusuma										
FID	Shape *	N°	ESTACION	TIPO_DE_ES	NORTE	ESTE	COTA	CUENCA	PRECIPITAC	
0	Punto	1	Palca	Pluviometrica	803480	39840	3142	CAPLINA	67.24	
1	Punto	2	Toquela	Pluviometrica	804850	40200	3650	CAPLINA	129.05	
2	Punto	3	Paucarani	Pluviometrica	806360	41820	4600	Uchusum	375.377273	
3	Punto	4	Ayro	Pluviometrica	805650	43415	4200	Uchusum	314.11	

- La precipitación media anual de la cuenca es de: 221,44 mm.

Figura N° 28 Distribución de Frecuencias de la Cuenca Uchusuma



4.3.1.4. La precipitación media anual de la Cuenca Caño

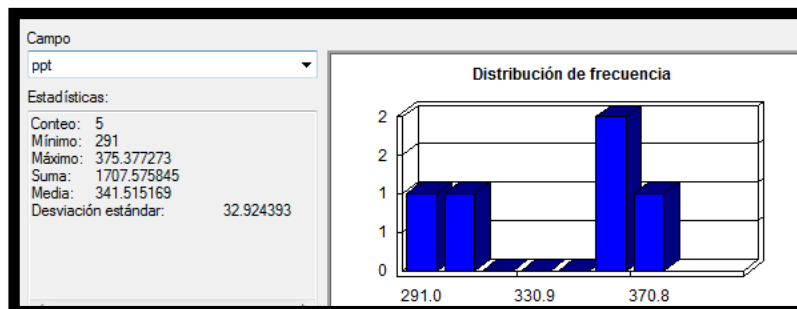
- Insertamos 5 estaciones pluviométricas.

Cuadro N° 27 Resultados de la Precipitación de la Cuenca Caño

Estaciones Caño							
	FID	Shape *	Codigo	Nombre	Este	Norte	ppt
▶	0	Punto	1910110C	PAUCARANI	41820	806360	375.377273
	1	Punto	19151101	CHUAPALCA	43126	808736	363.391429
	2	Punto	19151102	CHALLAPALC	41880	809570	363.697143
	3	Punto	S/C	VISVIRE	44900	805500	291
	4	Punto		Ayro	43415	805650	314.11

- La precipitación media anual de la cuenca es de: 341,51 mm.

Figura N° 29 Distribución de Frecuencias de la Cuenca Caño



4.3.2. Polígonos de Thiessen

4.3.2.1. Cuenca del río Maure

- Primero determinamos el área de la cuenca Maure: 2 576,66 km.
- Insertamos 10 estaciones pluviométricas (las mismas del método anterior).

- Luego determinamos el área de cada polígono y la precipitación por área.

Cuadro N° 28 Polígonos de Thiessen de la Cuenca del Río Maure

Shape *	N°	Nombre	Este	Norte	PPT	AREA	PPT_AREA	PARAMETRO
Polígono	1	CHUAPALCA	43126	808736	363.39	640.70245	90.359169	PRECIPITACION
Polígono	2	CHALLAPALC	41880	809570	363.7	766.67841	108.21798	PRECIPITACION
Polígono	3	CANDARAVE	36800	809280	157.91	104.19463	6.385543	PRECIPITACION
Polígono	5	PAUCARANI	41820	806360	375.38	454.28104	66.181808	PRECIPITACION
Polígono	6	COYPA COYP	40950	812500	426.34	169.10828	27.981039	PRECIPITACION
Polígono	7	VISVIRE	44900	805500	291	103.75758	11.71806	PRECIPITACION
Polígono	9	TOQUEPALA	40200	804850	129.05	1.256767	0.062944	PRECIPITACION
Polígono	10	AYRO	43415	805650	314.11	336.75128	41.05196	PRECIPITACION

- Finalmente determinamos la precipitación media.
351,96 mm.

Cuadro N° 29 Resultados la Precipitación Media de la Cuenca del Río Maure

PPT_MEDIA				
	OID	PARAMETRO	Count_PARAMETRO	Sum_PPT_AREA
▶	0	PRECIPITACION	8	351.9585

Esta información se encuentra en el anexo de mapas.

(Mapa N° 22).

4.3.2.2. Cuenca Maure

- Primero determinamos el área de la cuenca Maure: 1 773.66 Km.
- Insertamos 6 estaciones pluviométricas.

Cuadro N° 30 Resultados de los Polígonos de Thiessen de la Cuenca Maure

POLIGONO_THIessen											
	FID	Shape *	Codigo	Nombre	Este	Norte	ppt	Input_FID	AREA_KM2	PPT_AREA	PARAMETRO
	0	Polígono	19101102	CANDARAVE	36800	809280	157.911429	2	104.19	9.28	Precipitacion
	1	Polígono	19151101	CHUAPALCA	43126	808736	363.391429	0	549.59	112.6	Precipitacion
	2	Polígono	S/C	VISVIRE	44900	805500	291	6	8.67	1.42	Precipitacion
	3	Polígono	1910110C	PAUCARANI	41820	806360	375.377273	4	175.42	37.13	Precipitacion
	4	Polígono	19151102	CHALLAPALC	41880	809570	363.697143	1	766.68	157.21	Precipitacion
	5	Polígono	19141102	COYPA COYP	40950	812500	426.343143	5	169.11	40.65	Precipitacion

Cuadro N° 31 Resultados la Precipitación Media de la Cuenca Maure

OID	PARAMETRO	Count_PARAMETRO	Sum_PPT_AREA
0	Precipitacion	6	358.29

Esta información se encuentra en el anexo de mapas.

(Mapa N° 23).

4.3.2.3. Cuenca Uchusuma

- Primero determinamos el área de la cuenca Maure: 488,25 km.
- Insertamos 3 estaciones pluviométricas.

Cuadro N° 32 Resultados de los Polígonos de Thiessen de la Cuenca Uchusuma

Poligonos Thiessen Uchusuma												
FID	Shape	N°	ESTACION	TIPO_DE_ES	NORTE	ESTE	COTA	CUENCA	PRECIPITAC	AREA	PPT_AREA	
0	Polígono	2	Toquela	Pluviometrica	804850	40200	3650	CAPLINA	129.05	1.26	0.33	
1	Polígono	3	Paucarani	Pluviometrica	806360	41820	4600	Uchusum	375.377273	260.61	200.35	
2	Polígono	4	Ayro	Pluviometrica	805650	43415	4200	Uchusum	314.11	226.41	145.65	

Cuadro N° 33 Resultados la Precipitación Media de la Cuenca Uchusuma

PPT_MEDIA			
OID	TIPO_DE_ES	Count_TIPO_DE_ES	Sum_PPT_AREA
0	Pluviometrica	3	346.33

Esta información se encuentra en el anexo de mapas.

(Mapa N° 24).

4.3.2.4. Cuenca Caño

- Primero determinamos el área de la cuenca Maure: 488,25 km.
- Insertamos 4 estaciones pluviométricas.

Cuadro N° 34 Resultados de los Polígonos de Thiessen de la Cuenca Caño

Polígonos de Thiessen Caño											
FID	Input_FID	Shape	Codigo	Nombre	Este	Norte	ppt	AREA	PPT_AREA	PARAMETRO	
0	0	Polígono	1910110C	PAUCARA	41820	806360	375.377273	18.25	21.76	PRECIPITACION	
1	1	Polígono	19151101	CHUAPALC	43126	808736	363.391429	91.11	105.18	PRECIPITACION	
2	3	Polígono	S/C	VISVIRE	44900	805500	291	87.53	80.92	PRECIPITACION	
3	4	Polígono		Ayro	43415	805650	314.11	117.9	117.65	PRECIPITACION	

Cuadro N° 35 Resultados la Precipitación Media de la Cuenca Caño

PPTMEDIA				
	OID	PARAMETRO	Count_PARAMETRO	Sum_PPT_AREA
▶	0	PRECIPITACION	4	325.51

Esta información se encuentra en el anexo de mapas.

(Mapa N° 25).

4.3.3. Método de las Isoyetas

Es el método más preciso, pues permite la consideración de los efectos orográficos en el cálculo de la lluvia media sobre la cuenca en estudio. Se basa en el trazado de curvas de igual precipitación de la misma forma que se hace para estimar las curvas de nivel de un levantamiento topográfico.

Las líneas así construidas son conocidas como Isoyetas. Un mapa de Isoyetas de una cuenca es un documento básico dentro de cualquier estudio hidrológico, ya que no solamente permite la cuantificación del valor medio sino que también presenta de manera gráfica la distribución de la precipitación sobre la zona para el período considerado. Una vez construidas las Isoyetas será necesario

determinar el área entre ellas para poder determinar la precipitación media mediante la expresión:

$$P = \frac{\sum_{j=1}^m [(P_j + P_{j+1}) / 2] \cdot A_j}{\sum_{j=1}^m A_j}$$

Dónde:

P_j: Valor de la Precipitación de la Isoyetas j.

A_j: Área incluida entre dos Isoyetas consecutivas (j y j+1).

m: Número total de Isoyetas.

METODOS DE INTERPOLACIÓN SPLINE

La herramienta Spline utiliza un método de interpolación que estima valores usando una función matemática que minimiza la curvatura general de la superficie, lo que resulta en una superficie suave que pasa exactamente por los puntos de entrada.

Tipos de spline

Existen dos métodos de spline: regularizado y de tensión. El método regularizado crea una superficie suave que cambia gradualmente con los valores que pueden estar afuera del rango de datos de muestra. El método de tensión controla la rigidez de la superficie de acuerdo al carácter del fenómeno modelado. Crea una superficie

menos suave con valores que están más restringidos por el rango de datos de la muestra.

Tipo de spline regularizado

La opción `REGULARIZED` modifica el criterio de minimización para que los términos de la derivada tercera se incorporen a los criterios de minimización. El parámetro de `Peso` especifica el peso adjunto a los términos de la derivada tercera durante la minimización, que se denomina τ (tau) en la documentación. Los valores más altos de este término producen superficies más suaves. Los valores entre 0 y 0,5 son adecuados. Al utilizar la opción `REGULARIZED` se asegura una superficie suave junto con superficies suaves de derivada primera. Esta técnica es útil si es necesario calcular la derivada segunda de la superficie interpolada.

Tipo de spline de tensión

La opción `TENSION` modifica el criterio de minimización para que los términos de la derivada primera se incorporen a los criterios de minimización. El parámetro de `Peso` especifica el peso adjunto a los términos de la derivada primera durante la minimización, que se denomina Φ (phi) en la documentación. Un peso de cero resulta en la interpolación por spline por lámina delgada básica. Al utilizar un valor de peso más grande, se reduce la rigidez

de la lámina y, a medida que phi se acerca al infinito en el límite, la superficie se aproxima a la forma de una membrana, u hoja de goma, que pasa por los puntos. La superficie interpolada es suave. Las derivadas primeras son continuas pero no suaves.

4.3.3.1. Cuenca Maure

Cuadro N° 36 Resultados del Método de Isoyetas Media de la Cuenca Maure

	OID	rango_MAPP	Count_rango_MAPP	Sum_PPT_AREA
▶	0	ValueToValue	10	363.7

Esta información se encuentra en el anexo de mapas.

(Mapa N° 27).

4.3.3.2. Cuenca Uchusuma

Cuadro N° 37 Resultados del Método de Isoyetas Media de la Cuenca Uchusuma

	OID	rango_f_MA	Count_rango_f_MA	Sum_PPT_AREA
▶	0	ValueToValue	7	359.24

Esta información se encuentra en el anexo de mapas.

(Mapa N° 28).

4.3.3.3. Cuenca Caño

Cuadro N° 38 Resultados del Método de Isoyetas Media de la Cuenca Caño

	OID	rango_pp_3	Count_rango_pp_3	Sum_PPT_AREA
▶	0	ValueToValue	7	333.36

Esta información se encuentra en el anexo de mapas.

(Mapa N° 29).

4.4. Modelamiento Hidrológico con HEC – HMS

El HEC-HMS es un programa de simulación hidrológica desarrollado para estimar los hidrogramas de salida en una cuenca o varias subcuencas ó microcuencas a partir de información de lluvia, aplicando para ello métodos de cálculo de transformación de lluvia a escorrentía, pérdidas por infiltración y caudal base.

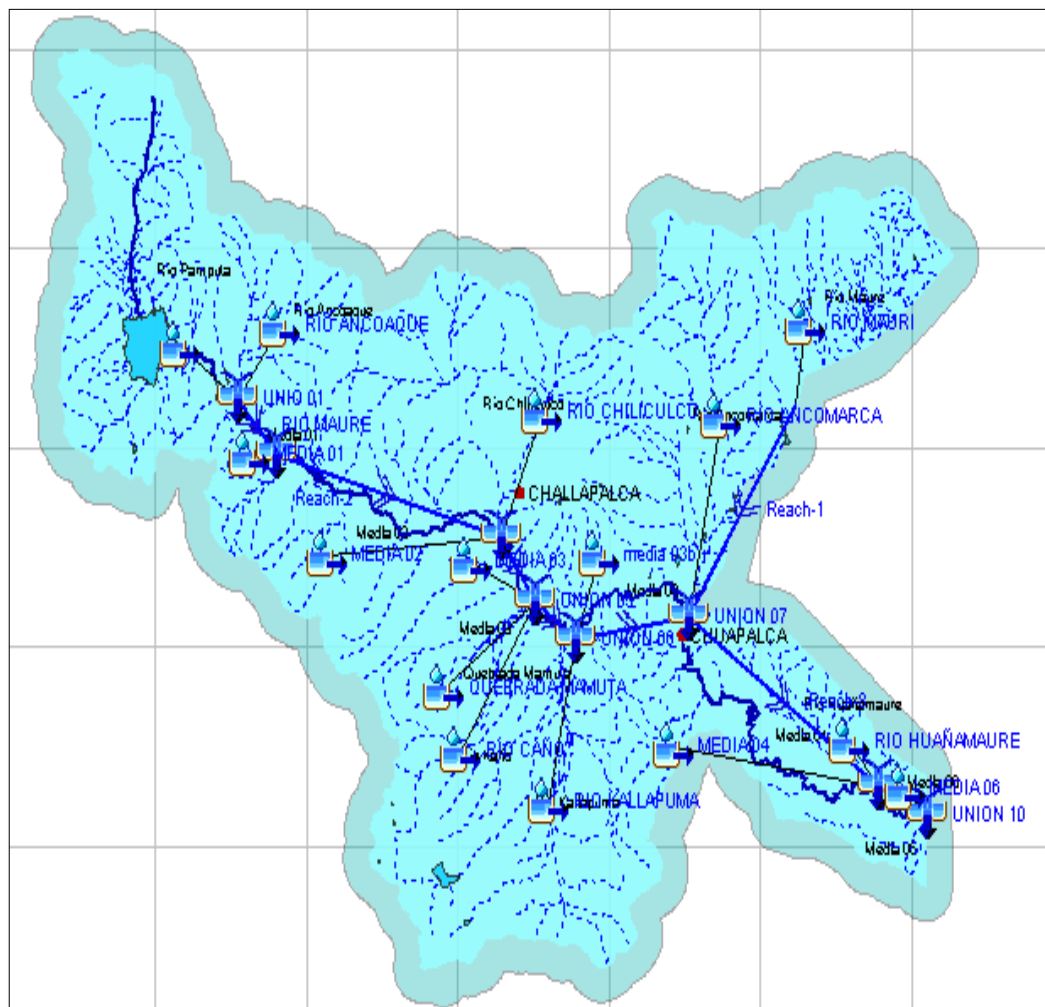
Como ya se explicó en la Cuenca Maure se han delimitado 15 subcuencas productoras de escurrimiento superficial, en este caso de la subcuenca Media 3, se dividió en dos Media 3 y media 3b; esto para un mejor modelamiento. En el siguiente cuadro se detalla los datos de CN, pendiente y tiempo de concentración; datos importantes para generar el modelo de cuenca.

Cuadro N° 39 Métodos de cálculo para subcuencas

	Sub cuenca	Área (Km ²)	Longitud de cauce más largo m	Pendiente	CN	Po	%	Tc	Tlag (min)
1	Media 1	18,7039	5 532,500	0,050	86	8,2698	1%	0,7849	0,4710
2	Media 2	203,8869	22 176,500	0,020	86	8,2698	12%	3,2533	1,9520
3	Media 3	55,0808	16 656,100	0,020	86	8,2698	3%	2,6097	1,5658
4	Media 3b	94,5861	12 087,900	0,030	86	8,2698	5%	1,7442	1,0465
5	Media 4	107,4164	21 649,900	0,025	86	8,2698	6%	2,9307	1,7584
6	Media 5	16,1607	10 231,300	0,028	86	8,2698	1%	1,5753	0,9452
7	Media 6	9,3375	4 939,200	0,030	86	8,2698	1%	0,8756	0,5254
8	Pamputa	255,8705	8 502,200	0,250	86	13,5038	14%	0,5881	0,3528
9	Ancoaque	79,1275	11 686,400	0,300	86	13,5038	4%	0,7003	0,4202
10	Chiliculco	202,4397	18 538,500	0,300	86	13,5038	11%	0,9991	0,5995
11	Caño	52,3479	22 603,900	0,350	86	13,5038	3%	1,0968	0,6581
12	Qda. Mamamuta	51,4919	11 688,600	0,300	86	6,2787	3%	0,7004	0,4203
13	Kallapuma	230,7952	17 303,200	0,300	86	6,2787	13%	0,9474	0,5685
14	Ancomarca	207,3995	14 692,300	0,300	86	6,2787	12%	0,8353	0,5012
15	Maure	118,3080	10 015,200	0,350	86	6,2787	7%	0,5860	0,3516
16	Huañamaure	64,2544	18 045,700	0,200	86	6,2787	4%	1,1439	0,6864
	Suma	1767,2069					100%		

Sobre la base del mapa de delimitación de sub cuencas se ha diseñado el esquema hidrográfico a simular interconectando cada una de las sub cuencas productoras de escurrimiento superficial con la red de drenaje de la Cuenca Maure. En la figura 31 se presenta las características de la red de drenaje donde se detalla los diferentes aportes existentes.

Figura N° 30 Esquema Hidrográfico de la Cuenca Maure



4.4.1. Modelo de cuenca

En éste componente el HEC-HMS considera 03 modelos:

- Modelo de pérdida de agua (Loss Rate), el cual determina el exceso de precipitación o volumen de escurrimiento superficial.
- Modelo de transformación (Transform), el cual determina las características del hidrograma de esorrentía superficial.
- Modelo de flujo base (Baseflow Method), el cual determina el flujo base.

Para éste caso particular se han utilizado los siguientes modelos

- Modelo de pérdida de agua: Modelo del número de curva (SCS Curve Number).
- Modelo de transformación: SCS Unit Hydrograph
- Modelo de flujo base: Sólo no existe flujo base

Para el modelo SCS ha sido relevante conocer el tipo de cobertura que tiene la cuenca y el tipo de suelo relacionado al grado de infiltración que poseen, para ello se ha efectuado el reconocimiento de campo correspondiente, en el cuadro n° 42 se tiene los datos de CN utilizamos en el modelamiento.

Respecto al número de curva, es importante precisar que no existe valores para las características de las sub

cuencas existentes en el Perú; vale decir, no se ha efectuado investigaciones en éste rubro; por lo tanto, se ha tomado como referencia la tabla existente en el libro Hidrología Aplicada de Ven Te Chow (Pág 154. Tabla 5.5.2 Números de curva de escorrentía); y obviamente, se ha ajustado o calibrado en función a las características de cada sub cuenca de interés.

Cuadro N° 40 Tabla para determinar la Curva Número

Descripción del uso de la tierra		Grupo hidrológico del suelo			
		A	B	C	D
Tierra cultivada	Sin tratamiento de conservación	72	81	88	91
	Con tratamiento de conservación	62	71	78	81
Pastizales	Condiciones pobres	68	79	86	89
	Condiciones óptimas	39	61	74	80
Vegas de ríos : Condiciones óptimas		30	58	71	78
Bosques	Troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas.	45	66	77	83
	Cubierta buena	25	55	70	77
Áreas abiertas, césped, parques, en condiciones óptimas, cubierta > 75%		39	61	74	80
Áreas abiertas, césped, parques, en condiciones aceptables entre el 50% y 75%		49	69	79	84
Áreas comerciales (85% impermeable)		89	92	94	95
Áreas industriales (72% impermeable)		81	88	91	93
Residencial					
Tamaño promedio del lote	Porcentaje promedio impermeable				
505.8 m ²	65%	77	85	90	92
1011.6 m ²	38%	61	75	83	87
1348.9 m ²	30%	57	72	81	86
2023.5 m ²	25%	54	70	80	85
4046.9 m ²	20%	51	68	79	84
Pavimento, techos, accesos etc		98	98	98	98
Calles y carreteras	Pavimento con cunetas y alcantarillado	98	98	98	98
	Grava	76	85	89	91
	Tierra	72	82	87	89

Fuente : Tabla 5.5.2 (Hidrología Aplicada - Ven Te Chow, Maidment, Mays).

En este caso trabajamos con el grupo C ya que este según el libro en referencia nos indica que:

Grupo C Suelos que tienen bajas velocidades de infiltración cuando están mojados, consisten principalmente de suelos que tienen un estrato que impide el flujo del agua, son suelos con texturas finas. Estos suelos tienen bajas velocidades de transmisión.

Y según la información encontrada de suelos podemos observar en la zona pastizales secos y por el tipo de suelo según las imágenes satelitales determinamos que son suelos de bajas velocidades.

Modelo meteorológico

4.4.2. El modelo meteorológico

Consiste en definir la tormenta de diseño que es utilizado en la simulación de la relación precipitación - escorrentía para cada una de las sub cuencas.

Se utilizó series de información de precipitación máxima en 24 horas, para el periodo enero 2007.

En este caso se ha trabajado con los datos de las ppt_area, generadas en las Isoyetas determinadas con ArcGis. Esta información se encuentra en el anexo de mapas. **(Mapa N° 27).**

Cuadro N° 41 Datos de precipitación máxima en 24 horas

Time (ddMMYYYY, HH:mm)	Precipitation (MM)
01ene2007, 00:00	
01ene2007, 00:30	5.80
01ene2007, 01:00	8.00
01ene2007, 01:30	24.63
01ene2007, 02:00	17.55
01ene2007, 02:30	24.63
01ene2007, 03:00	58.00
01ene2007, 03:30	59.80
01ene2007, 04:00	60.00
01ene2007, 04:30	63.57

Luego ingresamos los pesos de cada estación de precipitación (Depth Weights). Esto de acuerdo con los datos tomados en el Polígono de Thiessen de la Cuenca Maure. Esta información se encuentra en el anexo de mapas. **(Mapa N° 23).**

Cuadro N° 42 Datos de pesos de cada estación pluviométrica

Element Name: MEDIA 01		
Gage Name	Depth Weight	Time Weight
CHALLAPALCA	43	1

4.4.3. Especificaciones de control

En las especificaciones de control se ha definido el día y hora de inicio y final de la simulación, así como el intervalo de tiempo de simulación

Finalmente, la combinación del modelo de cuenca, modelo meteorológico y especificaciones de control ha permitido efectuar las respectivas corridas (runs).

CAPITULO V: DISCUSION DE RESULTADOS

5.1. Uso de ENVI 4.7

Este software nos sirvió para corroborar la información recopilada ya sea en el caso de la Geología y Geomorfología de la zona de estudio, se trabajó con el Rows 072 y el Path 002.

Se trabajó con las bandas 7, 4, 2; en la cual podemos observar claramente de la litología de la zona de estudio (Figura N° 03) y con la combinación de estas observamos así la presencia de rocas ígneas, también se puede observar la presencia de conos volcánicos con altitudes de 5 400 m con respecto al nivel del mar.

Con el procesamiento de las imágenes con la combinación de bandas: 4-1-3, pudimos observar (Figura N° 04) que predomina el color magenta lo que nos indica la presencia de óxidos y por ende el poco contenido de vegetación, esto nos sirvió para poder ingresar los datos de CN en el modelamiento hidrológico de la Cuenca Maure.

Y finalmente con la combinación de bandas: 7-5-1 (Figura N° 05), nos sirvió para determinar claramente el tipo de drenaje de la zona de estudio, y este fue digitalizado y procesado en el software ArcGis 10.

5.2. Uso de ArcGis 10

Este software nos sirvió para poder determinar la información climática en la Cuenca Mure determinando así:

1. Temperatura Máxima 8,9 a 14,8 ° C, en la época de verano.
2. Temperatura Media 0,6 – 8 °C.

3. Temperatura mínima -11,4 a -5,03 °C
4. Humedad relativa 42 a 57%.
5. Radiación solar 5,5 hr/día con medias mensuales máximas de 7 hr/día en los meses de verano.
6. Clima sub húmedo y semi frígido, con otoño, invierno y primavera secos.
7. Evaporación 1,471 a 1,795 %.
8. Evapotranspiración 1,38 a 1,48 %.

Toda esta información fue procesada y se elaboraron mapas temáticos (Mapas: 03, 04, 05, 06, 07, 08 y 09).

Nos sirvió también para poder procesar la información y realizar el análisis de la geomorfología de la Cuenca del río Maure determinando así

1. Primero la codificación Pfafstetter se pudo realizar esta para cada una de las sus sub-cuencas Cuadro N° 03, 04 y 05.
2. Segundo se determinó el área y perímetro de la Cuenca del río Maure y cada una de sus cuencas y su descripción según este dato del área, teniendo así los siguientes resultados:
 - 2.1. Cuenca del río Maure 2 576,73 km², 503,48 km. Cuenca Grande.
 - 2.2. Cuenca Maure 1 773,66 km², 306,58 km. Cuenca Intermedia – grande.
 - 2.3. Cuenca Uchusuma 488,28 km², 114,77 km. Cuenca Intermedia - Pequeña.
 - 2.4. Cuenca Caño 314,78 km², 82,14 km. Cuenca Intermedia – Pequeña.

3. Tercero se determinó la forma de la cuenca:

3.1. Coeficiente de compacidad (Cc) y su descripción

3.1.1. Cuenca del río Maure 2,05. Oval-oblonga a rectangular-oblonga

3.1.2. Cuenca Maure: 2,05 Oval-redondeada a oval-oblonga.

3.1.3. Cuenca Uchusuma 1,46. Oval-oblonga a rectangular-oblonga.

3.1.4. Cuenca Caño 1,30. Oval-redondeada a oval-oblonga.

3.2. Relación de elongación (Re) y descripción

3.2.1. Cuenca Maure 0,58. Pendientes pronunciada

3.2.2. Cuenca Uchusuma 0,69. Pendiente pronunciada

3.2.3. Cuenca Caño 1,05. Pendiente suave

3.3. Factor de forma

3.3.1. Cuenca Maure 0,27. Cuenca alargada

3.3.2. Cuenca Uchusuma 0,37. Cuenca alargada

3.3.3. Cuenca Caño 0,87. Cuenca alargada

Toda esta información fue procesada y se elaboraron mapas temáticos (Mapa 14).

4. Se determinó la Curva Hipsométrica esto nos sirvió para determinar la altura media y determinar el tipo de río de la cuenca.

4.1. Cuenca del río Maure

4.1.1. Altura media 4 502,32 m.s.n.m.

4.1.2. Altura mediana 4 500,00 m.s.n.m.

4.1.3. Análisis Hipsométrico De acuerdo a su forma el río es maduro.

4.2. Cuenca Maure

4.2.1. Altura media 4505,10 m.s.n.m.

4.2.2. Altura mediana 4 510,00 m.s.n.m.

4.2.3. Análisis Hipsométrico De acuerdo a su forma el río es maduro.

4.3. Cuenca Uchusuma

4.3.1. Altura media 4 626,60 m.s.n.m.

4.3.2. Altura mediana 4 650,00 m.s.n.m.

4.3.3. Análisis Hipsométrico De acuerdo a su forma el río es joven.

4.4. Cuenca Caño

4.4.1. Altura media 4 296,40 m.s.n.m.

4.4.2. Altura mediana: 4 250,00 m.s.n.m.

4.4.3. Análisis Hipsométrico De acuerdo a su forma el río es maduro.

Toda esta información fue procesada y se elaboraron mapas temáticos (Mapas: 15, 16, 17 y 18).

5. Se determinó también el Rectángulo Equivalente determinado con fines de transformación de la cuenca para modelos de escurrimiento superficial, determinando las longitudes de

5.1. Cuenca del río Maure: 68,89 km y 37,40 km (L*I).

5.2. Cuenca Maure: 47,54 km y 37,30 km (L*I).

5.3. Cuenca Uchusuma: 37,39 km y 13,06 km (L*I).

5.4. Cuenca Caño: 27,93 km y 11,27 km (L*I).

6. Se determinó la pendiente de la cuenca, este dato tiene bastante importancia con relación a la infiltración, escurrimiento superficial, humedad del suelo y la contribución del agua subterránea al flujo en los cauces. Es uno de los factores físicos que controlan el tiempo del flujo sobre el terreno y tiene influencia directa en la magnitud de las avenidas o crecidas. Las pendientes más pronunciadas están sombreadas de color rojo corroborando así los datos de Re. Se elaboró un mapa temático de pendientes (Mapa 19); también se pudo determinar la orientación de pendiente (Mapa 20).
7. Se determinó también la densidad de drenaje, este valor representa el número de cauces por unidad de área en Km^2 , de la cuenca. El valor es de $0,13 \text{ km/km}^2$. También se determinó el cauce más largo de la cuenca (Cuadro N° 19). Se elaboró un mapa temático (Mapa 21).
8. Se determinó la precipitación media, se utilizó tres métodos
 - 8.1. Método del promedio aritmético
 - 8.1.1. Cuenca del río Maure 248,83 mm.
 - 8.1.2. Cuenca Maure 333,99 mm.
 - 8.1.3. Cuenca Uchusuma 221,44 mm.
 - 8.1.4. Cuenca Caño 341,51 mm.
 - 8.2. Método del Polígono de Thiessen
 - 8.2.1. Cuenca del río Maure 351,96 mm.
 - 8.2.2. Cuenca Maure 358,29 mm.
 - 8.2.3. Cuenca Uchusuma 346,33 mm.
 - 8.2.4. Cuenca Caño 325,51 mm.

8.3. Método de Isoyetas

8.3.1. Cuenca Maure 363,7 mm.

8.3.2. Cuenca Uchusuma 359,24 mm.

8.3.3. Cuenca Caño 333,36 mm.

Se elaboró mapas temáticos (Mapa 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28 y 29).

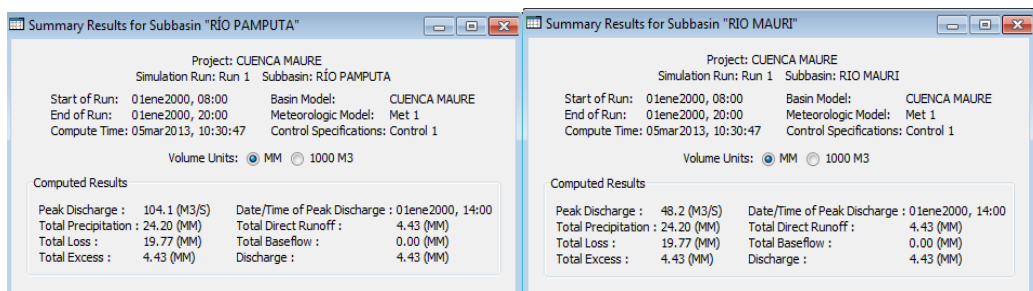
5.3. Uso de HEC-HMS 3.5

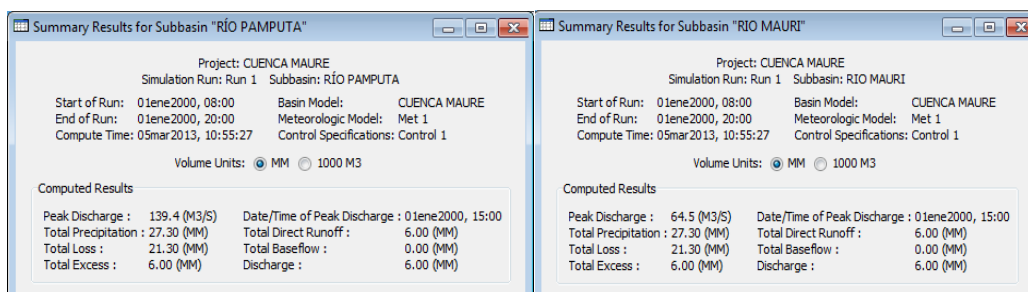
HMS permite establecer varias subcuencas. El programa realiza los cálculos de las tres primeras fases (A, B, C) para cada subcuenca, y calcula la última fase (D) para cada tránsito a lo largo de un cauce (la evolución del hidrograma que, generado en una subcuenca, circula por otra distinta). Al final suma todos los caudales generados y *transitados* a lo largo del recorrido y nos proporciona (en tabla y en gráfico) el hidrograma en la salida de la cuenca. En este caso solo se trabajó en la cuenca Maure, ya que es la única que nace en Perú.

Para realizar el modelamiento hidrológico se utilizaron muchos datos procesados anteriormente como el tipo de pendiente, cobertura vegetal, tipo de suelo, datos de precipitación de Isoyetas, etc. Dando como resultado los siguientes valores

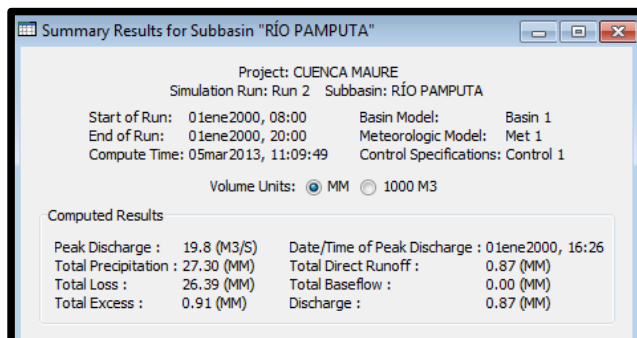
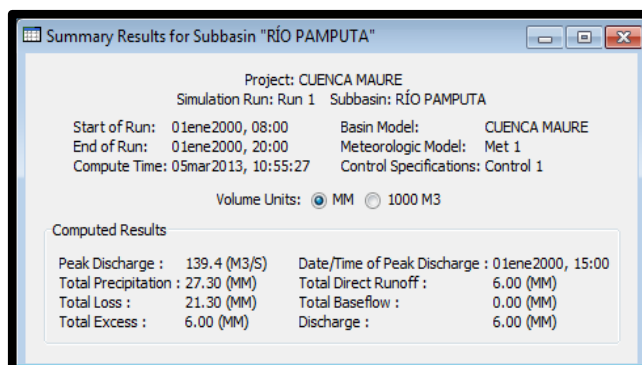
De acuerdo a la discretización de las sub cuencas efectuada según código internacional Pfafstetter, se obtuvo los siguientes resultados, para cada una de las sub cuencas en forma independiente, según se muestra en el Mapa N° 11.

Sub cuencas	Caudal de máxima avenida para diferentes periodos de retorno (m ³ /s)		
	20	50	100
Río Pamputa	104,1	126,7	139,4
Río Ancoaque	32,2	39,2	43,1
Media 01	7,6	9,3	10,2
Media 02	82,5	100,6	110,7
Río Chiliculco	82,4	100,2	110,3
Media 03	22,3	27,2	29,9
Río Caño	21,3	25,9	28,5
Quebrada Mamuta	21	25,5	28,1
Río Kallapuma	93,9	114,3	125,8
Media 03b	38,4	46,8	51,5
Río Ancomarca	84,4	102,7	113
Río Maure	48,2	58,6	64,5
Media 04	43,5	53,0	58,4
Río Huañamaure	26,1	31,8	35,0
Media 06	3,8	4,6	5,1





Así mismo trabajamos con el mismo modelo meteorológico y con las especificaciones de control pero cambiaremos el valor de CN de 86 a 74 (tomamos este dato como si estuviéramos en pastizales óptimos) y vemos que el dato de caudal baja radicalmente, como ejemplo tomamos la Subcuenca del río Pamputa:



Se Realizó también una prueba de optimización, para lo cual tomamos como ejemplo la Sub cuenca del río Pamputa y determinamos el valor de CN óptimo.

Project: CUENCA MAURE Optimization Trial: Trial 1

Start of Trial: 01ene2000, 08:00 Basin Model: CUENCA MAURE
 End of Trial: 01ene2000, 20:00 Meteorologic Model: Met 1
 Compute Time: 05mar2013, 11:32:12 Control Specifications: Control 1

Element	Parameter	Units	Initial Value	Optimized Value	Objective Function Sensitivity
RÍO PAMPUTA	Curve Number		86	66.136	0.89

CONCLUSIONES

- La información sobre geología y geomorfología de la zona de estudio fue analizada utilizando software especializado para procesamiento de imágenes satelitales como es el caso del ENVI 4.7, esta metodología de procesamiento de imágenes satelitales nos permitió optimizar el procesamiento de la información disponible. Este procesamiento de imágenes fue muy importante para el modelamiento hidrológico usando herramientas de digitalización en ArcGis y posteriormente determinar el valor de la curva número (CN), elemento fundamental para la modelación hidrológica.
- La información climática que fue recolectada fue procesada en ArcGis, lográndose generar diferentes mapas temáticos, los cuales sirvieron de base para en el modelamiento hidrológico.
- Con el software ArcGis, se codifico toda la Cuenca del río Maure, utilizando la metodología Pfafstetter, metodología utilizada en la actualidad por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) como procedimiento estándar en el país.
- La geomorfología superficial de la cuenca, fue desarrollada utilizando las herramientas de ArcGis, lo cual nos permitió realizar un trabajo sistemático y ágil y evitando los cálculos tediosos que se tienen que efectuar para poder hacer determinaciones en cuanto al área de la cuenca, su perímetro, área entre curvas de nivel para la curva hipsométrica, etc. El área de cuenca es de $2\,576,73\text{ km}^2$ y el perímetro de 503,48 km.
- Los parámetros físicos de la cuenca fueron determinados de la misma manera, en tal sentido se determinó el coeficiente de compacidad con un valor de 4,82, lo que indica una deformación moderada de la cuenca respecto al valor límite teórico que la unidad. La relación de elongación resultante es de 0,58, por lo

que representa un relieve suave. El factor de forma es 0,36, indicador de una cuenca ligada estrechamente a crecientes súbitas. El rectángulo equivalente determinado con fines de transformación de la cuenca para modelos de escurrimiento superficial tiene longitudes de 68,89 km y 37,4 km. La elevación media de la cuenca es de 4 502,32 m.s.n.m. La pendiente de la cuenca es de 16,00 %. La densidad de drenaje es de 0,13 km/km².

- La precipitación media de la cuenca fue determinada utilizando la información de estaciones cercanas dentro y fuera de la cuenca y con información consistente. Nos apoyamos en el software ArcGIS y sus herramientas, para facilitar los cálculos y obtener mayor precisión en el trazo y en la determinación de áreas de polígonos que fueron necesarios para determinar la precipitación media de la cuenca. La precipitación media de la cuenca se calculó utilizando varios métodos como son: el método de los promedios, Isoyetas, polígonos de Thiessen, resultando un valor promedio de 357,83 mm/año.
- Con el modelamiento precipitación escorrentía utilizando HEC-HMS, se pudo determinar el caudal para diferentes periodos de retorno 20, 50 y 100 años, y para las 15 sub cuencas que conforman la cuenca maure. El modelo generado es muy versátil y puede permitir ajustes futuros en el sentido que se cuente con mayor información de precipitación o algunos ajustes de parámetros físicos correspondientes a la geomorfología o física de la sub cuenca receptora. El máximo caudal fue de 139,4 m³/s para un periodo de retorno de 100 años en la sub cuenca del río Pamputa y el mínimo fue de 5,1 m³/s para un periodo de retorno de 100 años en la sub cuenca Media 06.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda bajar diferentes imágenes satelitales para el mismo path y row, ya que esta nos podrá dar una precisión más clara del procesamiento de imágenes.
- En el caso del modelamiento hidrológico, se recomienda trabajar con Geo-HMS, ya que este nos permite determinar un método más exacto para el proceso de cambio de precipitación a caudal. Y también nos ayuda en la posición de los conectores.
- Se recomienda continuar con la toma de datos de campo que son de vital importancia para cualquier estudio que se desee realizar en cuanto al aprovechamiento de los recursos hídricos y recursos naturales en general. Considerar que las estaciones de descargas tengan instrumentos que registren eventos instantáneos como es el caso de los limnógrafos.

BIBLIOGRAFIA

Los estudios existentes elaborados para la zona en estudio son los siguientes:

- EDUARDO M. 1997. Modelación Hidrológica en El Sistema Interconectado Central. Trabajo de Grado Universidad Católica de Chile.
- PINO V. 2000. Evaluación Hidrológica Cuenca Maure. Proyecto Especial Tacna. INADE.
- PEAIE-INADE 2000. Simulación Hidrológica del Planeamiento Hidráulico del Sistema Vilavilani II.
- MARTINEZ VARGAS ALBERTO. Huaycos e Inundaciones – Chosica Perú. Universidad Nacional de Ingeniería. Sección de Post Grado. Lima Perú. (2001): 21-35.
- MEDINA ROSELL JORGE A.. Estudio de Hidráulica de Inundaciones con el modelo HEC. Instituto de la Construcción y Gerencia. Lima Perú (2009): 10-24.
- PALOMINO CUYA DALY GRACE. Zonificación de Áreas Inundables utilizando un Sistema de Información Geográfica. Aplicación al tramo final del Río Chillón. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima Perú. (2005): 2-5.
- ROCHA FELICES ARTURO. Introducción a la Hidráulica Fluvial. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima Perú (1998): 5-37
- ROCHA FELICES ARTURO, Recursos Hidráulicos. Capítulo de Ingeniería Civil, Consejo Departamental de Lima Perú. (1993): 267-307.

- SALAZAR NANIA LEONARDO. Manual Básico de HEC-RAS 3.1.3 y HEC-GeoRAS 3.1.1. Universidad de Granada. Área de Ingeniería Hidráulica. Granada. (2007): 5-16
- SÁNCHEZ DELGADO MIGUEL. Modelamiento Hidráulico en Ríos con HEC – RAS y SIG. Agrícola. La Molina Perú (2010): 21-44.
- VEN TE CHOW. 1982. Hidráulica de Canales Abiertos. Editorial Diana. México. 584 p.
- VEN TE CHOW. 1982. Hidrología Aplicada. Editorial Mc. Graw Hill. Colombia. 635 p.
- VILLON BEJAR MÁXIMO. 2001. Manual Práctico de Diseño de Canales. Taller de publicaciones, Instituto Tecnológica de Costa Rica. Cartago – Costa Rica. 124 p.
- VILLON BEJAR MÁXIMO. 2004. Hidrología. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Cartago – Costa Rica. 474 p.
- VILLON BEJAR MÁXIMO. 2008. HEC – HMS Ejemplos. Taller de publicaciones, Instituto Tecnológica de Costa Rica. Cartago – Costa Rica. 367 p.

ANEXOS

MAPA GEOLOGICO DE LA CUENCA DEL RIO MAURE

70°10'0"O 70°0'0"O 69°50'0"O 69°40'0"O 69°30'0"O

17°0'0"S

17°0'0"S

17°10'0"S

17°10'0"S

17°20'0"S

17°20'0"S

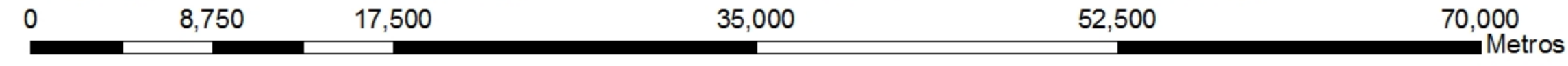
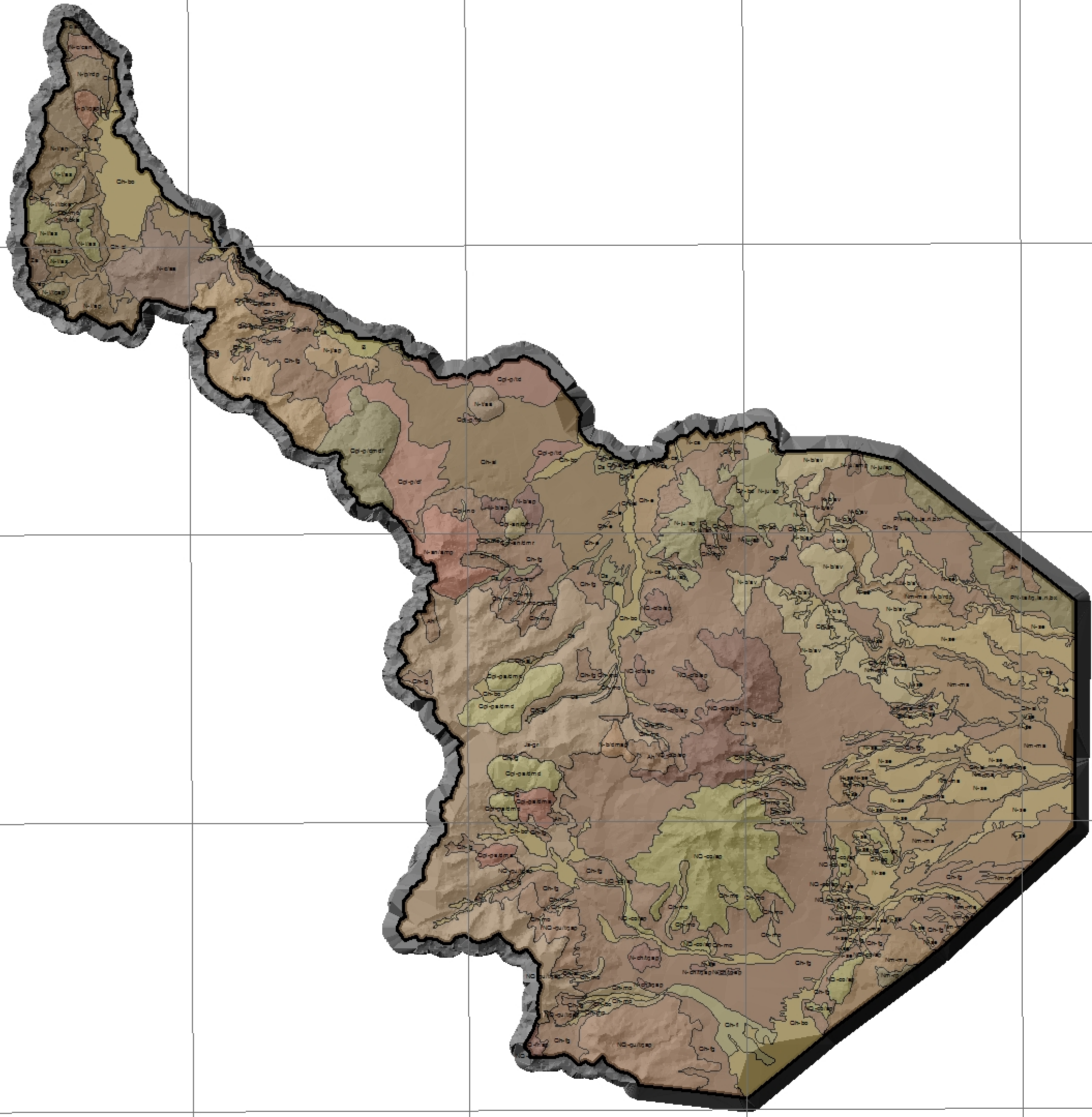
17°30'0"S

17°30'0"S

17°40'0"S

17°40'0"S

70°10'0"O 70°0'0"O 69°50'0"O 69°40'0"O 69°30'0"O



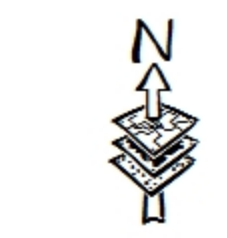
*Universidad Nacional
Jorge Basadre Grohmann*
*Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura
y Geotecnia*

*Escuela Profesional de Ingeniería
Geológica - Geotecnia*

Tema:
**Modelación Hidrológica usando ArcGis
y sus extensiones para la Cuenca del
Río Maure Región Tacna**

Tesis presentada por:
Bach. Sandra G. Valdivia Barrales

Asesor:
Ing. Luis Cornejo Navarrete

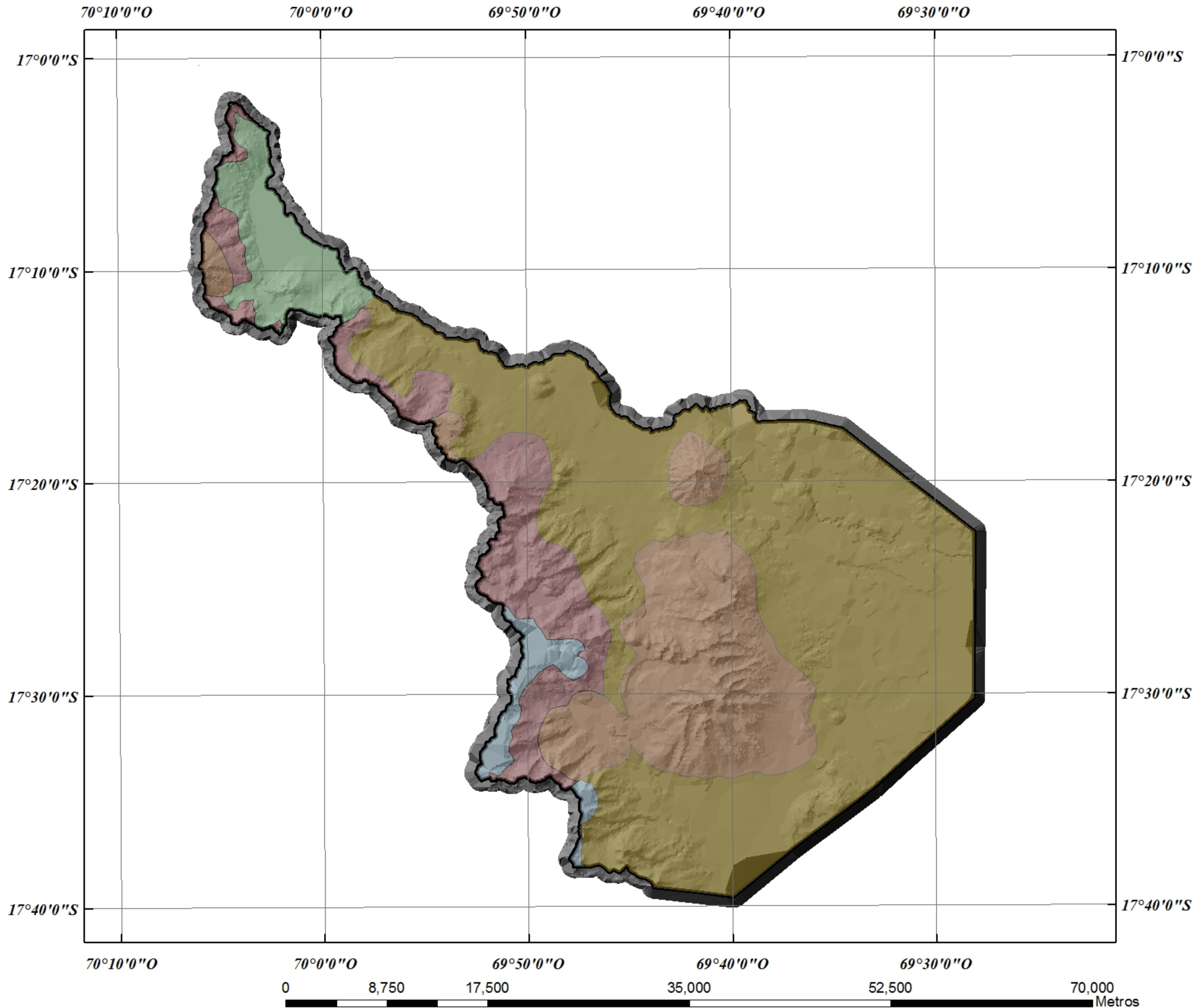


Mapa Número:
01

Leyenda:
Unidad Geológica:

Ah	N-ju/amp	Nm-rp
B	N-ju/ap	PN-ta/tq,la,ri,bx
Ds	N-l/ap	Qh-al
Js-gr	N-l/as	Qh-bo
N-an/amp	N-l/tbka	Qh-e
N-b/ap	N-l/tqap	Qh-fg
N-b/av	N-p/rdp	Qh-fl
N-b/dmap	N-p/tqap	Qh-mo
N-b/rdp	N-se	Qpl-an/dmr
N-c/aa	N-t/aa	Qpl-mo
N-c/ab	NQ-cfb/ap	Qpl-p/df
N-c/can	NQ-co/ap	Qpl-p/dmdf
N-c/fl	NQ-fr/ap	Qpl-p/td
N-ca	NQ-fr/bxp	Qpl-pa/dma
N-ch/tqap	NQ-qu/tqap	Qpl-pa/dmd
N-j/ap	Nm-ma	Za

MAPA GEOMORFOLOGICO DE LA CUENCA DEL RIO MAURE



Universidad Nacional
Jorge Basadre Grohmann
Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura
y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería
Geológica - Geotecnia

Tema:

**Modelación Hidrológica usando ArcGis
y sus extensiones para la Cuenca del
Río Maure Región Tacna**



Mapa Número:
02

Tesis presentada por:






Bach. Sandra G. Valdivia Barrales

Asesor:

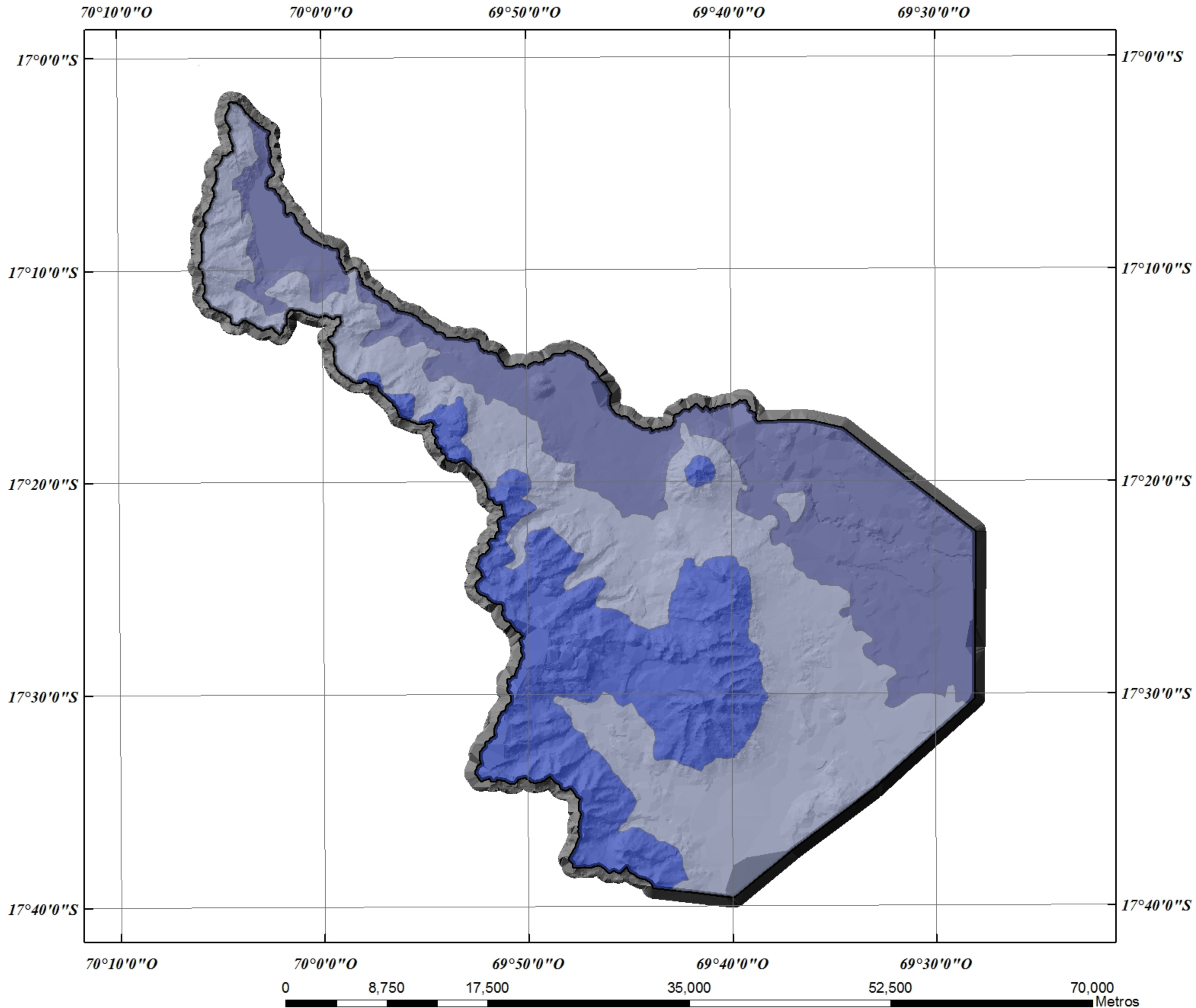
Ing. Luis Cornejo Navarrete

Leyenda:

Unidad Geomorfológica:

-  ALTIPLANICIES
-  ARCO VOLCÁNICO BARROSO
-  LOMADA
-  NEVADO
-  ZONA DE CONOS VOLCÁNICOS

MAPA DE TEMPERATURA MAXIMA DE LA CUENCA DEL RIO MAURE



*Universidad Nacional
Jorge Basadre Grohmann
Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura
y Geotecnia*

*Escuela Profesional de Ingeniería
Geológica - Geotecnia*

Tema:

***Modelación Hidrológica usando ArcGis
y sus extensiones para la Cuenca del
Río Maure Región Tacna***



**Mapa Número:
03**

Tesis presentada por:

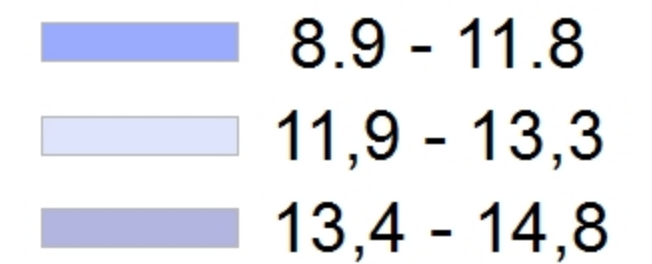
Bach. Sandra G. Valdivia Barrales

Asesor:

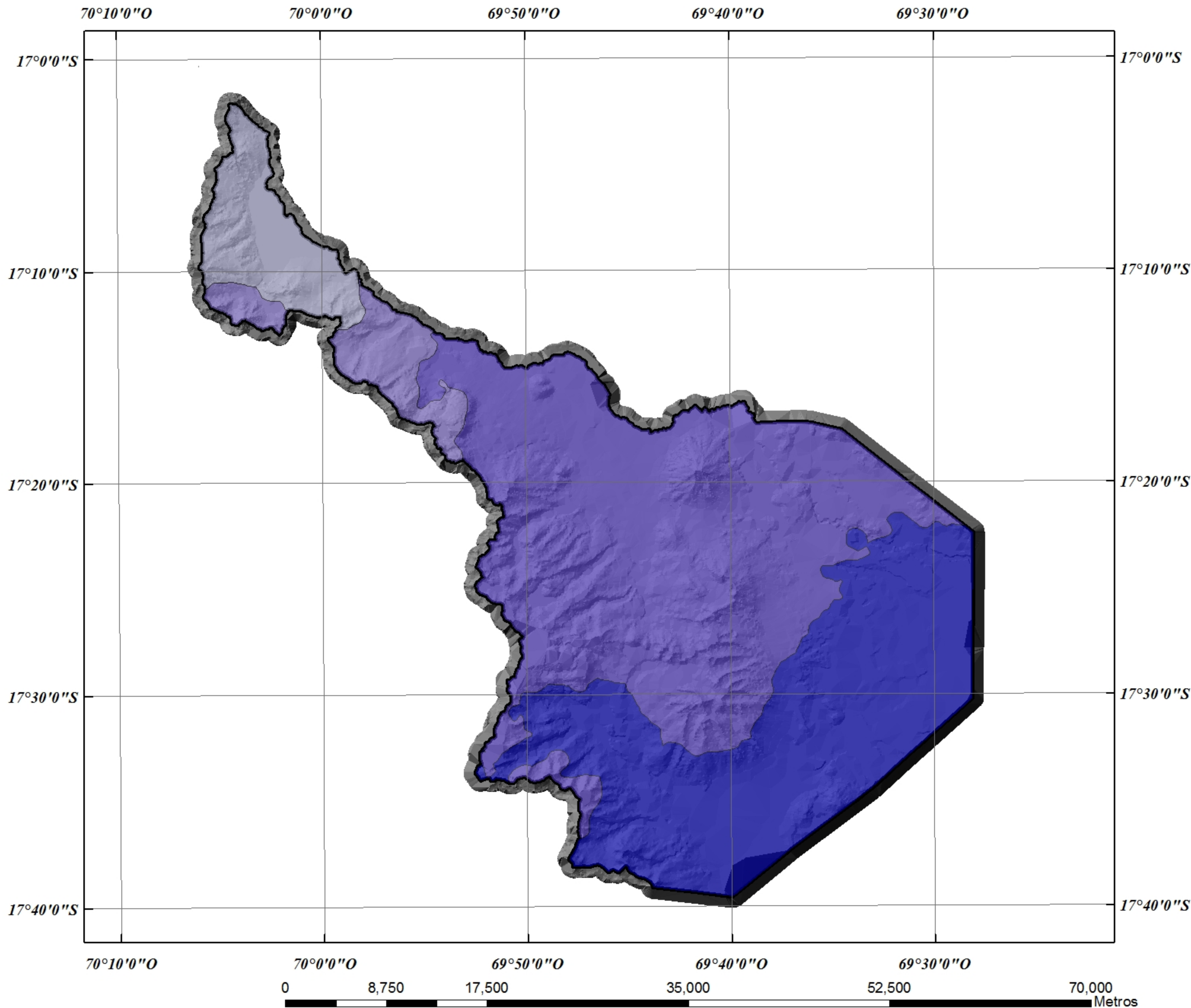
Ing. Luis Cornejo Navarrete

Leyenda:

Temperatura Máxima (°C):




MAPA DE TEMPERATURA MEDIA DE LA CUENCA DEL RIO MAURE







*Universidad Nacional
Jorge Basadre Grohmann*
*Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura
y Geotecnia*
*Escuela Profesional de Ingeniería
Geológica - Geotecnia*

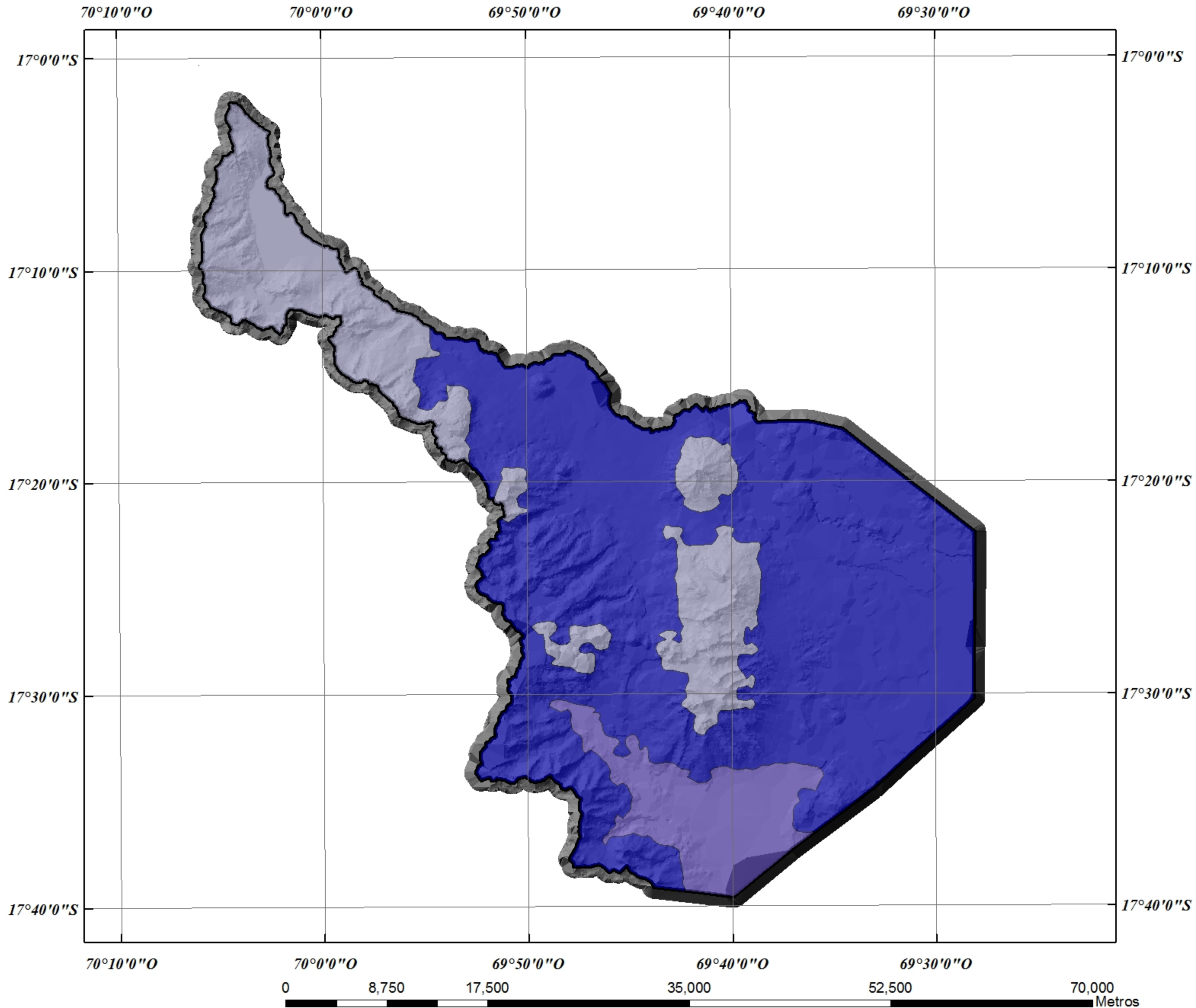
Tema:
*Modelación Hidrológica usando ArcGis
y sus extensiones para la Cuenca del
Río Maure Región Tacna*


Tesis presentada por:
Bach. Sandra G. Valdivia Barrales
Asesor:
Ing. Luis Cornejo Navarrete

Leyenda:
Temperatura Media (°C):


	0,6 - 2
	2,1 - 4
	4,1 - 6
	6,1 - 8

MAPA DE TEMPERATURA MINIMA DE LA CUENCA DEL RIO MAURE



*Universidad Nacional
Jorge Basadre Grohmann
Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura
y Geotecnia
Escuela Profesional de Ingeniería
Geológica - Geotecnia*




Tema:
*Modelación Hidrológica usando ArcGis
y sus extensiones para la Cuenca del
Río Maure Región Tacna*


Tesis presentada por:
Bach. Sandra G. Valdivia Barrales

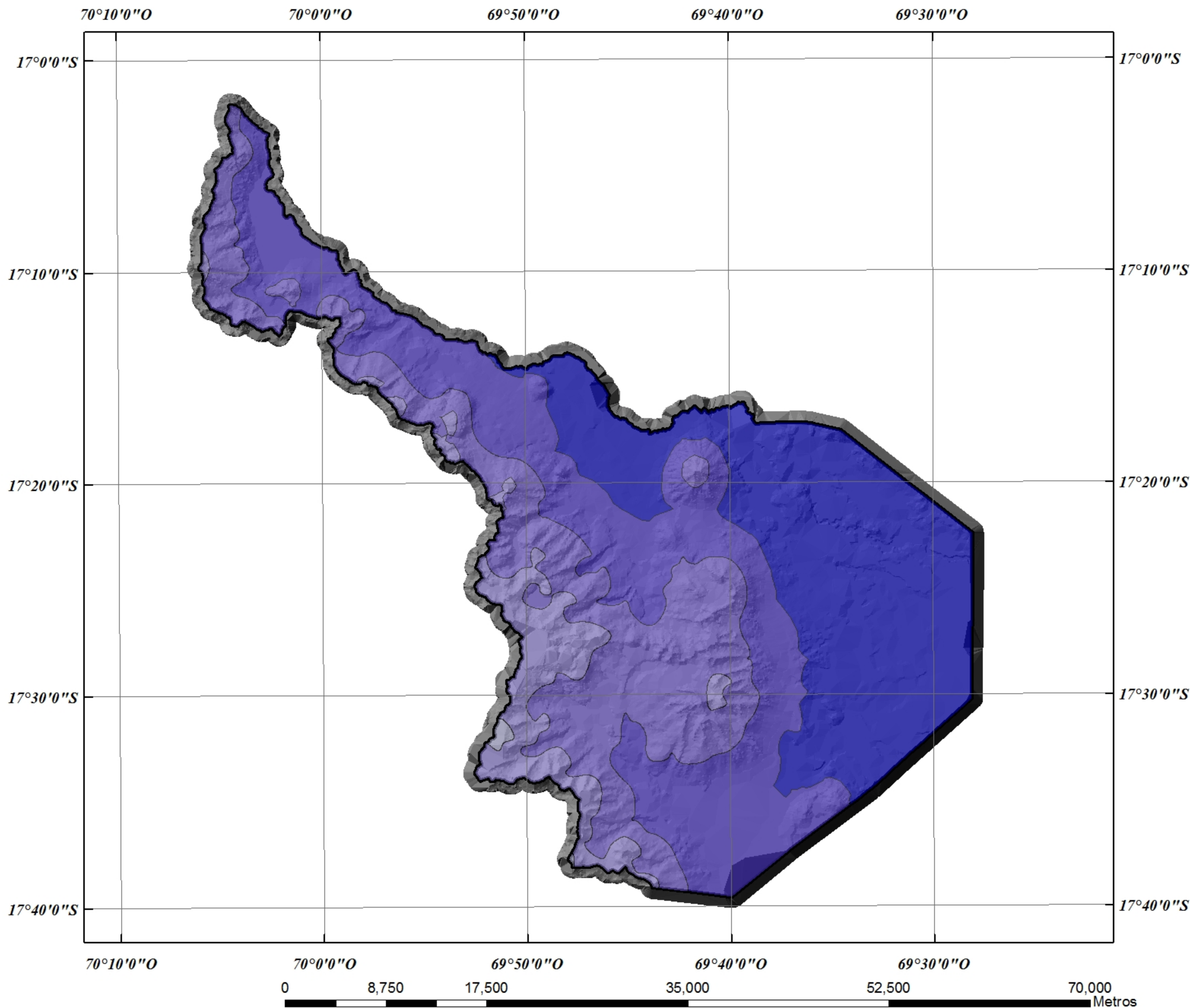
Asesor:
Ing. Luis Cornejo Navarrete

Mapa Número:
05

Leyenda:
Temperatura Mínima (°C):

-  -11,4 - -7,39
-  -5,02 - -2,2
-  -7,38 - -5,03

MAPA DE HUMEDAD RELATIVA DE LA CUENCA DEL RIO MAURE



*Universidad Nacional
Jorge Basadre Grohmann*

*Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura
y Geotecnia*

*Escuela Profesional de Ingeniería
Geológica - Geotecnia*

Tema:
*Modelación Hidrológica usando ArcGis
y sus extensiones para la Cuenca del
Río Maure Región Tacna*

Tesis presentada por:
Bach. Sandra G. Valdivia Barrales

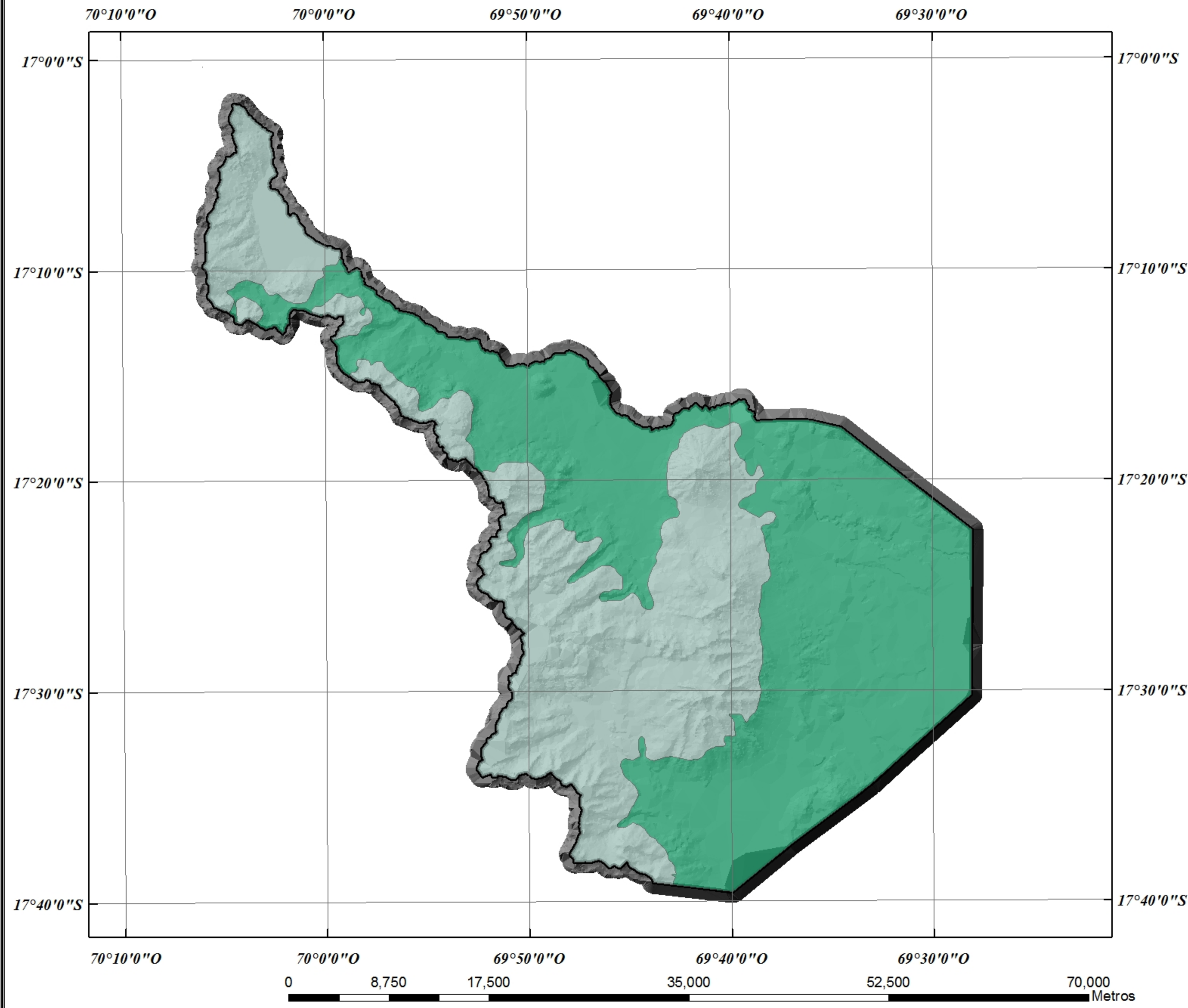
Asesor:
Ing. Luis Cornejo Navarrete

Mapa Número:
06

Leyenda:
Humedad Relativa (%):

	42 - 45
	45 - 48
	48 - 51
	51 - 54
	54 - 57

MAPA DE CLIMA DE LA CUENCA DEL RIO MAURE



*Universidad Nacional
Jorge Basadre Grohmann*

*Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura
y Geotecnia*

*Escuela Profesional de Ingeniería
Geológica - Geotecnia*

Tema:
*Modelación Hidrológica usando ArcGis
y sus extensiones para la Cuenca del
Río Maure Región Tacna*

Tesis presentada por:
Bach. Sandra G. Valdivia Barrales

Asesor:
Ing. Luis Cornejo Navarrete

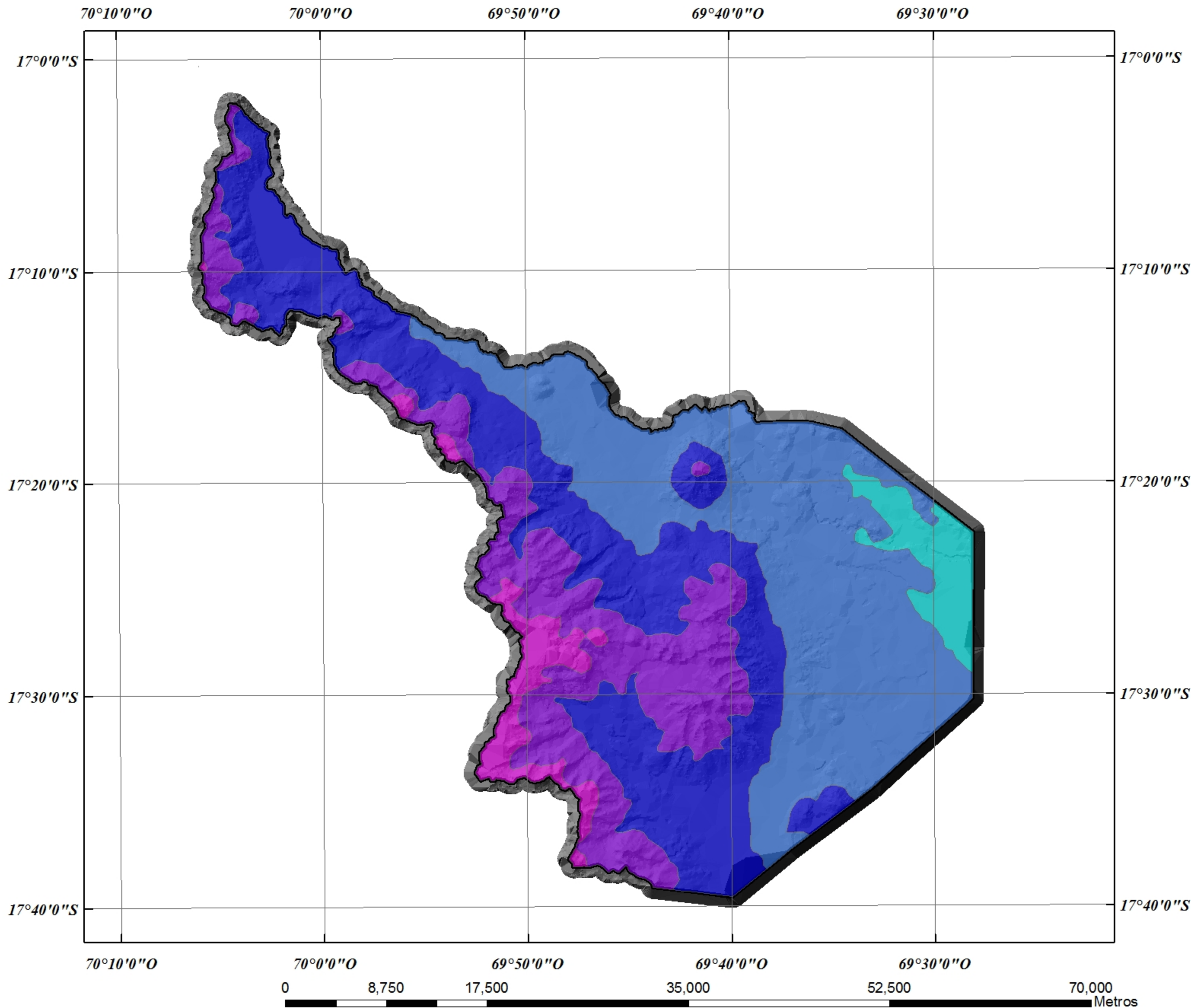
Leyenda:
Climas:

-  SUBHÚMEDO Y FRÍGIDO, CON OTOÑO, INVIERNO Y PRIMAVERA SECOS
-  SUBHÚMEDO Y SEMIFRÍGIDO, CON OTOÑO, INVIERNO Y PRIMAVERA SECOS



Mapa Número:
07

MAPA DE EVAPORACION DE LA CUENCA DEL RIO MAURE



*Universidad Nacional
Jorge Basadre Grohmann*

*Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura
y Geotecnia*






*Escuela Profesional de Ingeniería
Geológica - Geotecnia*

Tema:
*Modelación Hidrológica usando ArcGis
y sus extensiones para la Cuenca del
Río Maure Región Tacna*

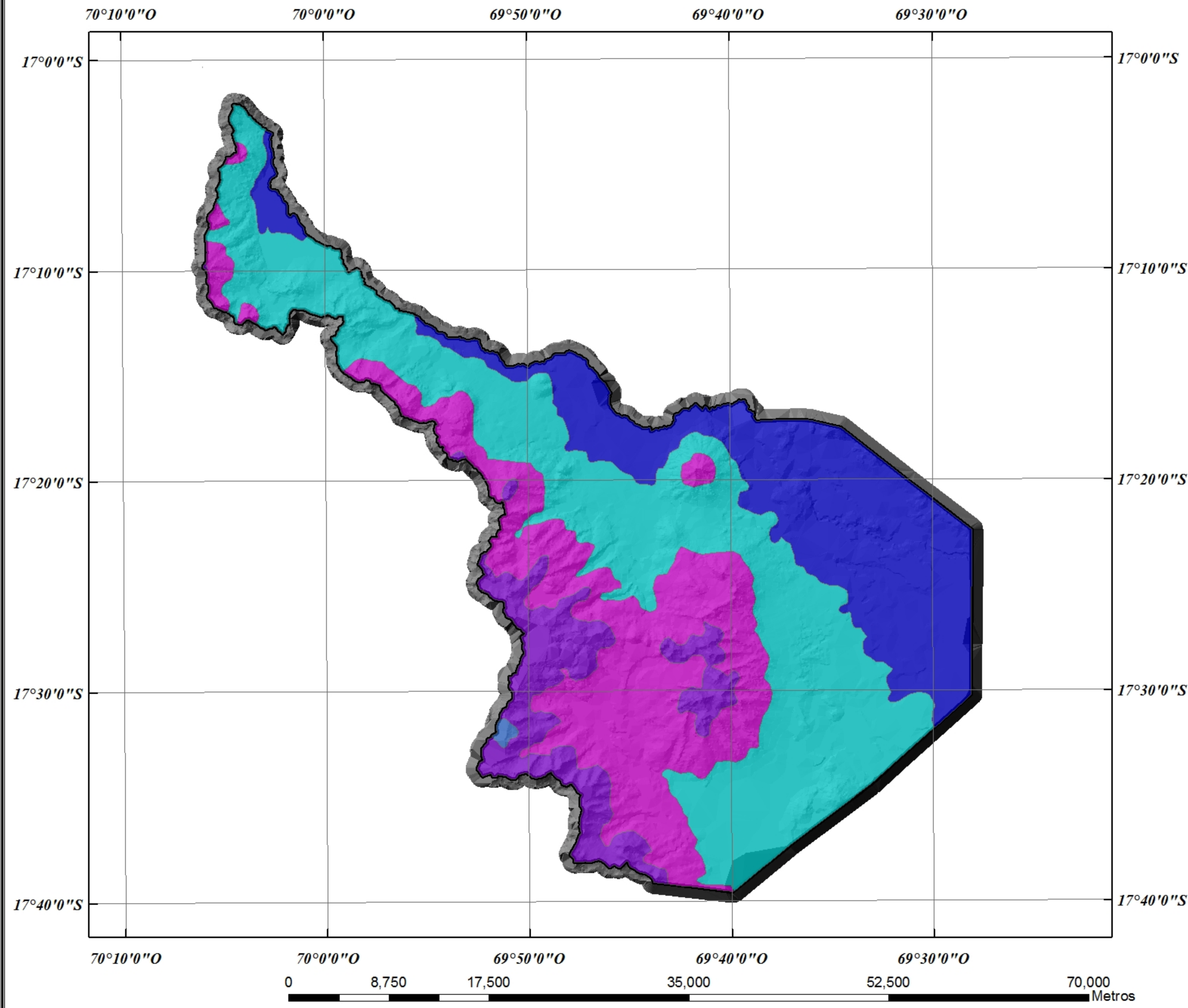
Tesis presentada por:
Bach. Sandra G. Valdivia Barrales

Asesor:
Ing. Luis Cornejo Navarrete

Mapa Número:
08

- Leyenda:**
Evaporación (%):
-  1.471 - 1.535
 -  1.535 - 1.600
 -  1.600 - 1.665
 -  1.665 - 1.730
 -  1.730 - 1.795

MAPA DE EVAPOTRANSPIRACION DE LA CUENCA DEL RIO MAURE




*Universidad Nacional
Jorge Basadre Grohmann*

*Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura
y Geotecnia*

*Escuela Profesional de Ingeniería
Geológica - Geotecnia*

Tema:

*Modelación Hidrológica usando ArcGis
y sus extensiones para la Cuenca del
Río Maure Región Tacna*






 *Tesis presentada por:*
Bach. Sandra G. Valdivia Barrales

Asesor:
Ing. Luis Cornejo Navarrete

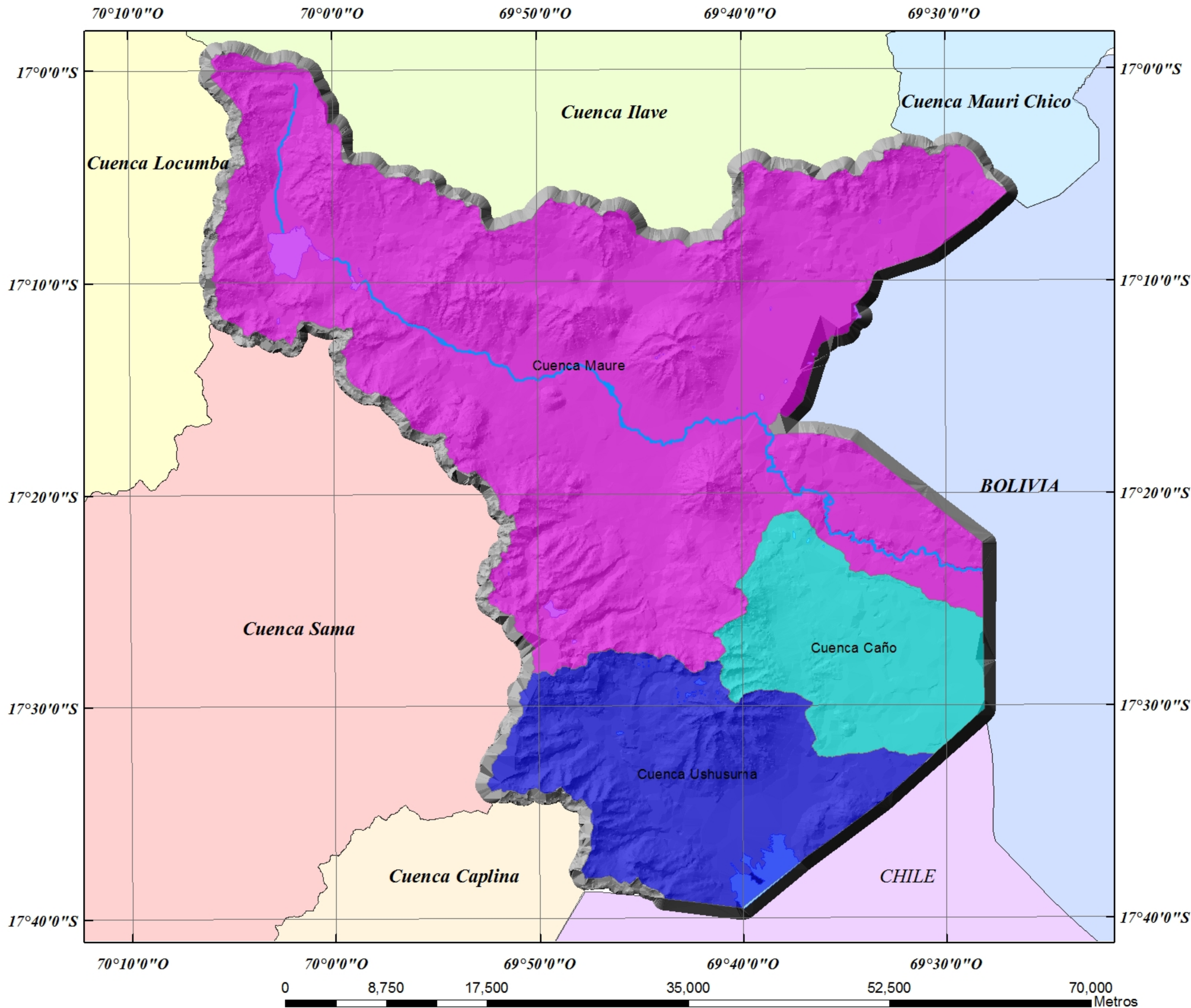
Mapa Número:
09

Leyenda:

Evapotransporación (%):

-  1.381 - 1.4
-  1.401 - 1.42
-  1.421 - 1.44
-  1.441 - 1.46
-  1.461 - 1.48

MAPA DE UBICACION GEOGRAFICA DE LA CUENCA DEL RIO MAURE



Universidad Nacional
Jorge Basadre Grohmann
Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura
y Geotecnia
Escuela Profesional de Ingeniería
Geológica - Geotecnia

Tema:
Modelación Hidrológica usando ArcGis
y sus extensiones para la Cuenca del
Río Maure Región Tacna

Tesis presentada por:
Bach. Sandra G. Valdivia Barrales

Asesor:
Ing. Luis Cornejo Navarrete

Mapa Número:
10

- Leyenda:**
Límites Geográficos:
- Caño
 - Maure
 - Uchusuma
 - Por el Norte:**
 - Cuenca Ilave
 - Cuenca Maure Chico
 - Por el Sur:**
 - Cuenca Caplina
 - Chile
 - Por el Este:** Bolivia
 - Por el Oeste:**
 - Cuenca Sama
 - Cuenca Locumba

MAPA DE LA DIVISION HIDROGRAFICA Y SUPERFICIE DE LA CUENCA DEL RIO MAURE



Universidad Nacional
 Jorge Basadre Grohmann
 Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura
 y Geotecnia
 Escuela Profesional de Ingeniería
 Geológica - Geotecnia

Tema:
 Modelación Hidrológica usando ArcGis
 y sus extensiones para la Cuenca del
 Río Maure Región Tacna

Tesis presentada por:
 Bach. Sandra G. Valdivia Barrales

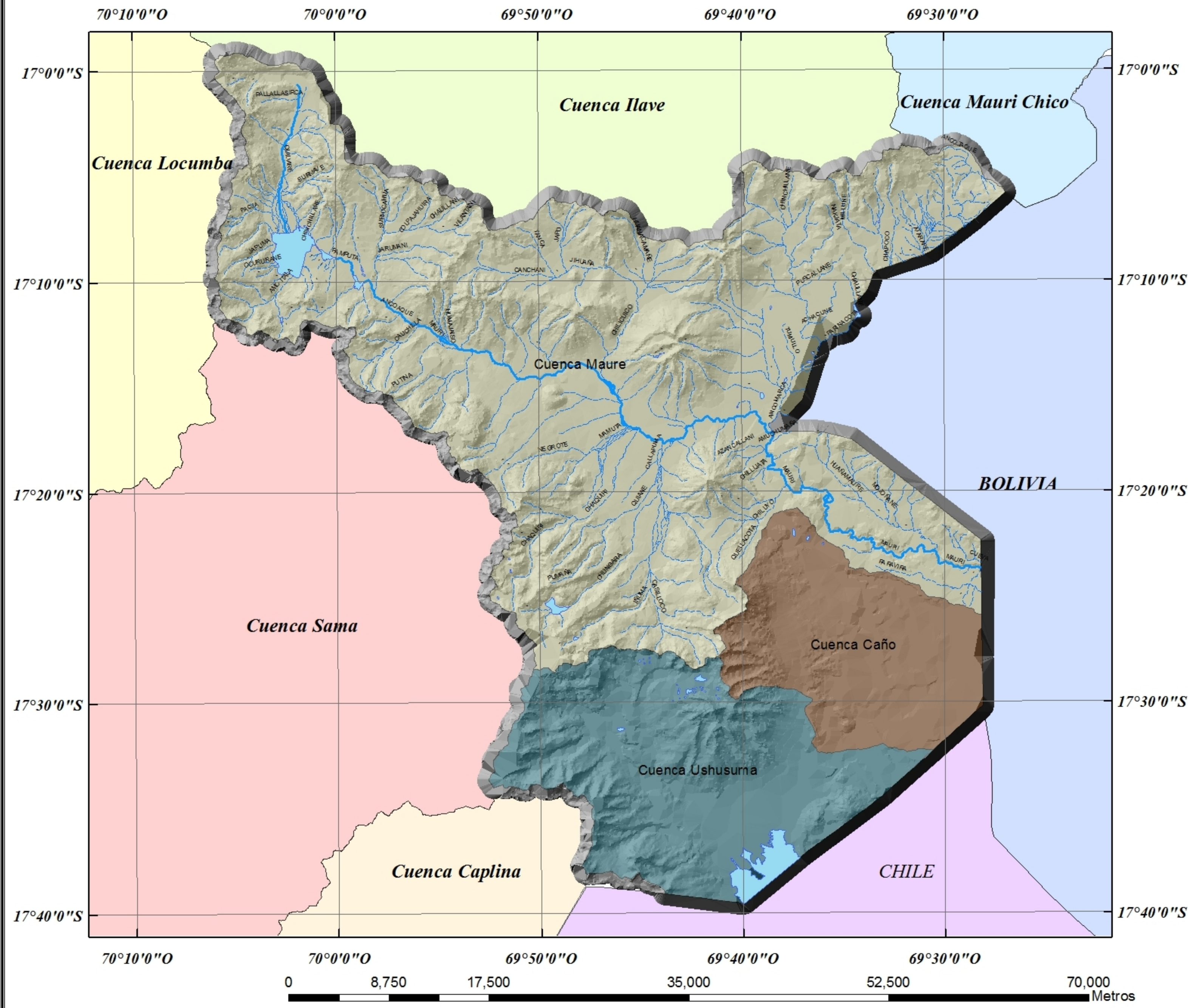
Asesor:
 Ing. Luis Cornejo Navarrete

Mapa Número:
 11

Leyenda:
División Hidrográfica:

Cuenca Uchusuma	Media 04
Laguna Blanca	Media 05
Media 01	Media 06
Media 02	Quebrada Mamuta
Quebrada Carini	Río Ancoaque
Quebrada Uñcalluta	Río Ancomarca
	Río Chiliculco
Cuenca Caño	Río Huañamaure
Caño	Río Kallapuma
	Río Kaño
Cuenca Maure	Río Maure
Media 01	Río Pamputa
Media 02	
Media 03	

MAPA DEL SISTEMA HIDROGRAFICO DE LA CUENCA DEL RIO MAURE



Universidad Nacional
Jorge Basadre Grohmann
Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura
y Geotecnia
Escuela Profesional de Ingeniería
Geológica - Geotecnia

Tema:
Modelación Hidrológica usando ArcGis
y sus extensiones para la Cuenca del
Río Maure Región Tacna

Tesis presentada por:
Bach. Sandra G. Valdivia Barrales

Asesor:
Ing. Luis Cornejo Navarrey

Mapa Número:
12

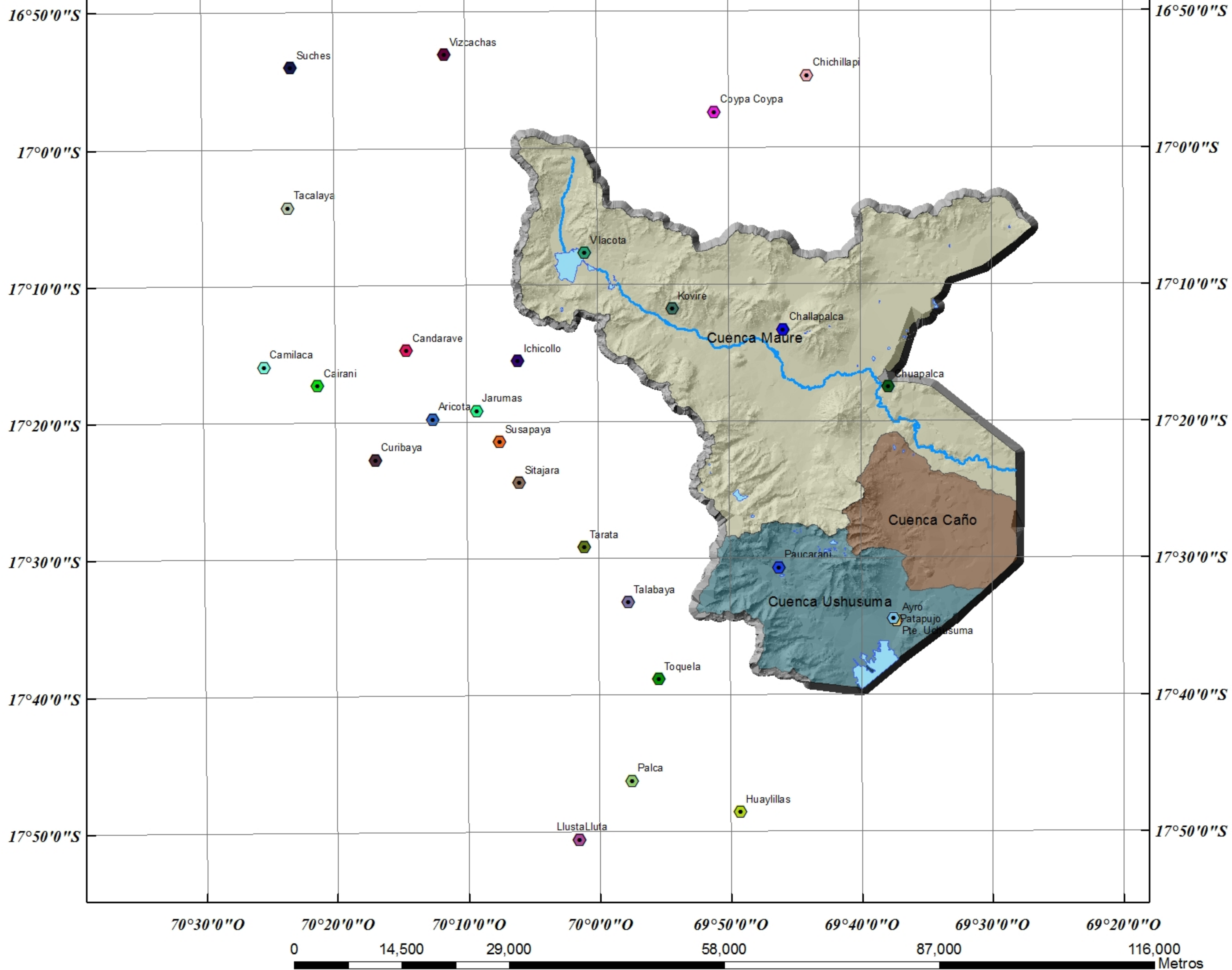


Leyenda: División Hidrográfica:

- Caño
- Maure
- Uchusuma
- Lagunas
- RIO_PRINCIPAL
- RIOS

MAPA DE ESTACIONES METEOROLOGICAS DE LA CUENCA DEL RIO MAURE

70°30'0"O 70°20'0"O 70°10'0"O 70°0'0"O 69°50'0"O 69°40'0"O 69°30'0"O 69°20'0"O



Universidad Nacional
Jorge Basadre Grohmann

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura
y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería
Geológica - Geotecnia

Tema:

**Modelación Hidrológica usando ArcGis
y sus extensiones para la Cuenca del
Río Maure Región Tacna**

Tesis presentada por:

Bach. Sandra G. Valdivia Barrales

Asesor:

Ing. Luis Cornejo Navarrete



Mapa Número:
13

Leyenda:

División Hidrográfica:

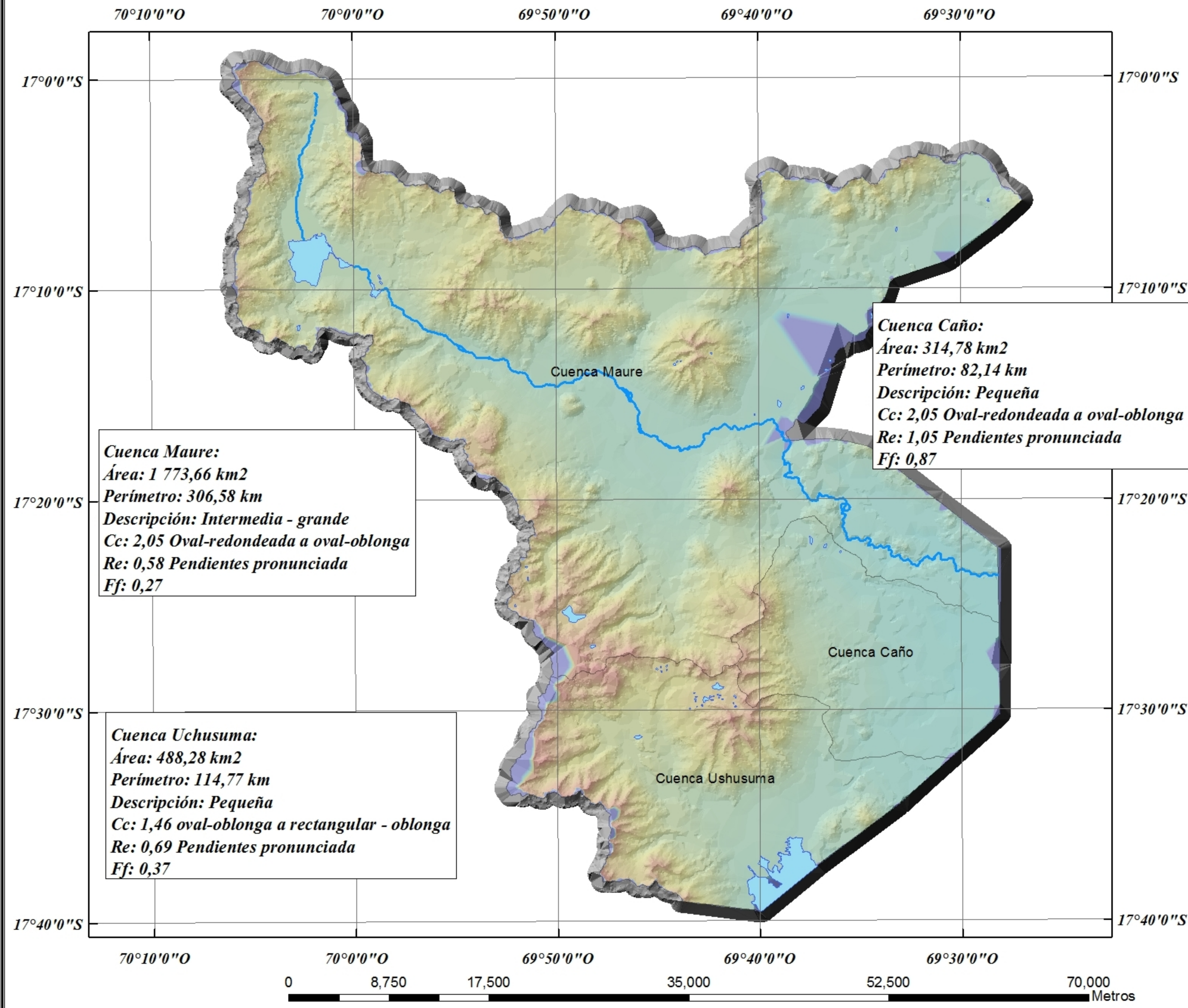
- Caño
- Maure
- Uchusuma
- Lagunas
- RIO_PRINCIPAL

Estación Meteorológica

ESTACION

- | | | | |
|--|-------------|--|---------------|
| | Aricota | | Jarumas |
| | Ayro | | Kovire |
| | Cairani | | Lluta |
| | Camilaca | | Palca |
| | Candarave | | Patapujo |
| | Challapalca | | Paucarani |
| | Chichillapi | | Pte. Uchusuma |
| | Chuapalca | | Sitajara |
| | Coypa Coypa | | Tarata |
| | Curibaya | | Toquela |
| | Huaylillas | | Vilacota |
| | Ichicollo | | Vizcachas |

MAPA DE LA GEOMORFOLOGIA DE LA CUENCA DEL RIO MAURE



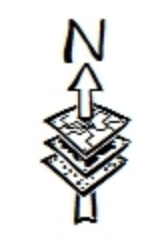
Cuenca Maure:
 Área: 1 773,66 km²
 Perímetro: 306,58 km
 Descripción: Intermedia - grande
 Cc: 2,05 Oval-redondeada a oval-oblonga
 Re: 0,58 Pendientes pronunciada
 Ff: 0,27

Cuenca Caño:
 Área: 314,78 km²
 Perímetro: 82,14 km
 Descripción: Pequeña
 Cc: 2,05 Oval-redondeada a oval-oblonga
 Re: 1,05 Pendientes pronunciada
 Ff: 0,87

Cuenca Uchusuma:
 Área: 488,28 km²
 Perímetro: 114,77 km
 Descripción: Pequeña
 Cc: 1,46 oval-oblonga a rectangular - oblonga
 Re: 0,69 Pendientes pronunciada
 Ff: 0,37

Universidad Nacional
 Jorge Basadre Grohmann
 Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura
 y Geotecnia
 Escuela Profesional de Ingeniería
 Geológica - Geotecnia

Tema:
 Modelación Hidrológica usando ArcGis
 y sus extensiones para la Cuenca del
 Río Maure Región Tacna



Mapa Número:
14

Tesis presentada por:
 Bach. Sandra G. Valdivia Barrales
 Asesor:
 Ing. Luis Cornejo Navarrete

Leyenda:
 Geomorfología de la Cuenca

Cuenca Maure:
 Área: 2 576,73 km²
 Perímetro: 503,48 km
 Descripción: Grande
 Cc: 2,05 Oval-redondeada a oval-oblonga
 Re: 1,60 Pendientes pronunciada
 Ff: 0,87

MAPA DE LA CURVA HIPSOMETRICA DE LA CUENCA DEL RIO MAURE

70°10'0''O

70°0'0''O

69°50'0''O

69°40'0''O

69°30'0''O

17°0'0''S

17°0'0''S

17°10'0''S

17°10'0''S

17°20'0''S

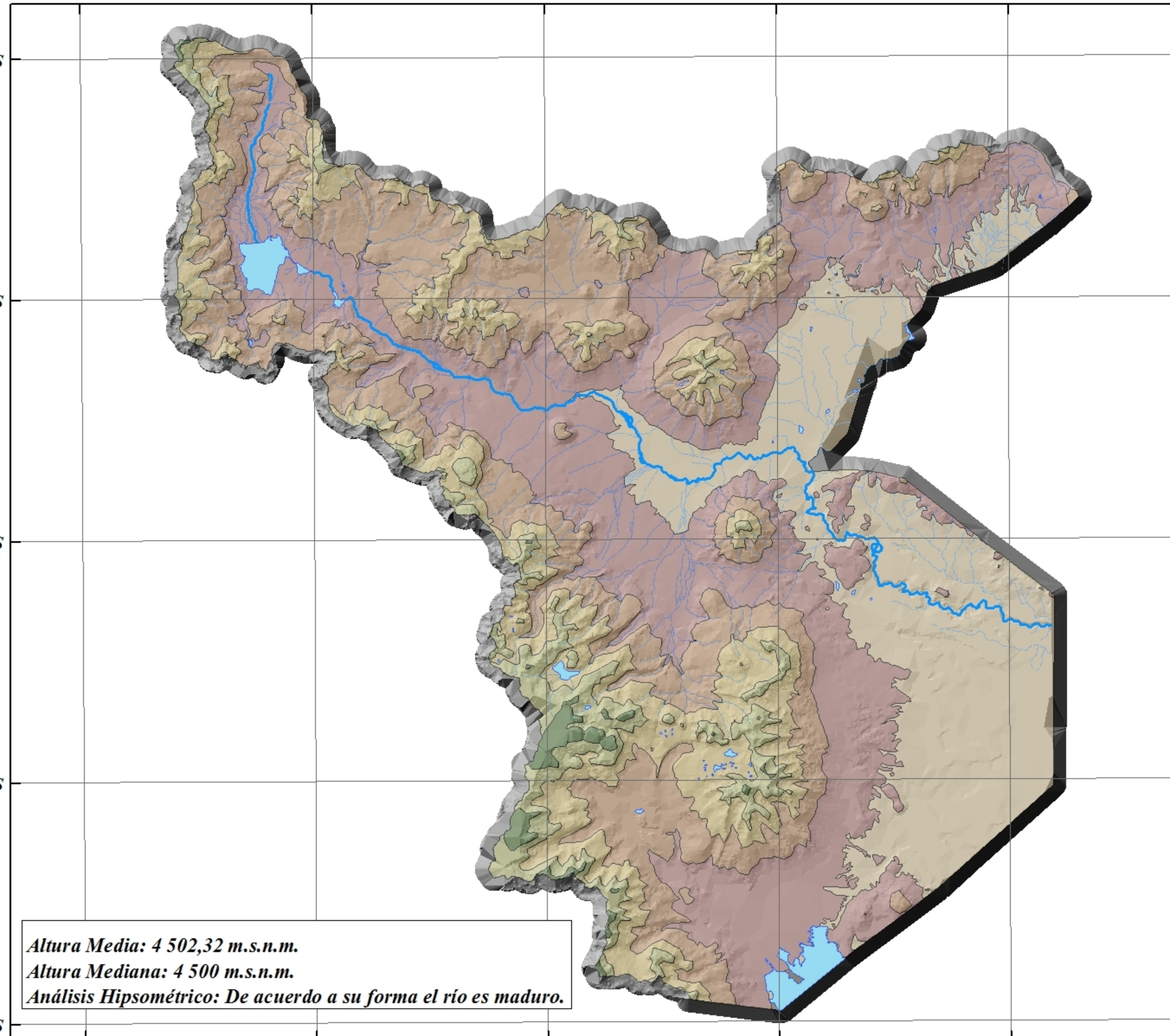
17°20'0''S

17°30'0''S

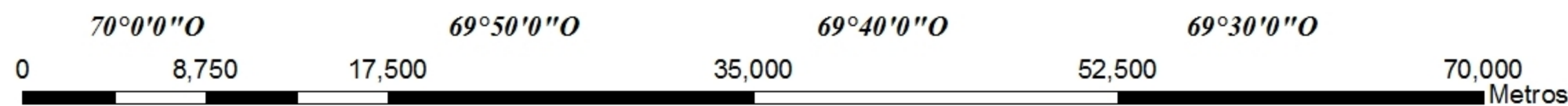
17°30'0''S

17°40'0''S

17°40'0''S



Altura Media: 4 502,32 m.s.n.m.
Altura Mediana: 4 500 m.s.n.m.
Análisis Hipsométrico: De acuerdo a su forma el río es maduro.



*Universidad Nacional
Jorge Basadre Grohmann*

*Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura
y Geotecnia*

*Escuela Profesional de Ingeniería
Geológica - Geotecnia*

Tema:

*Modelación Hidrológica usando ArcGis
y sus extensiones para la Cuenca del
Río Maure Región Tacna*

Tesis presentada por:

Bach. Sandra G. Valdivia Barrales

Asesor:

Ing. Luis Cornejo Navarrete

Mapa Número:

15

Leyenda:

Curva Hipsométrica:

	5250
	5000
	4750
	4500
	4250
	4000

MAPA DE LA CURVA HIPSOMETRICA DE LA CUENCA MAURE

70°10'0"O

70°0'0"O

69°50'0"O

69°40'0"O

69°30'0"O

17°0'0"S

17°0'0"S

17°10'0"S

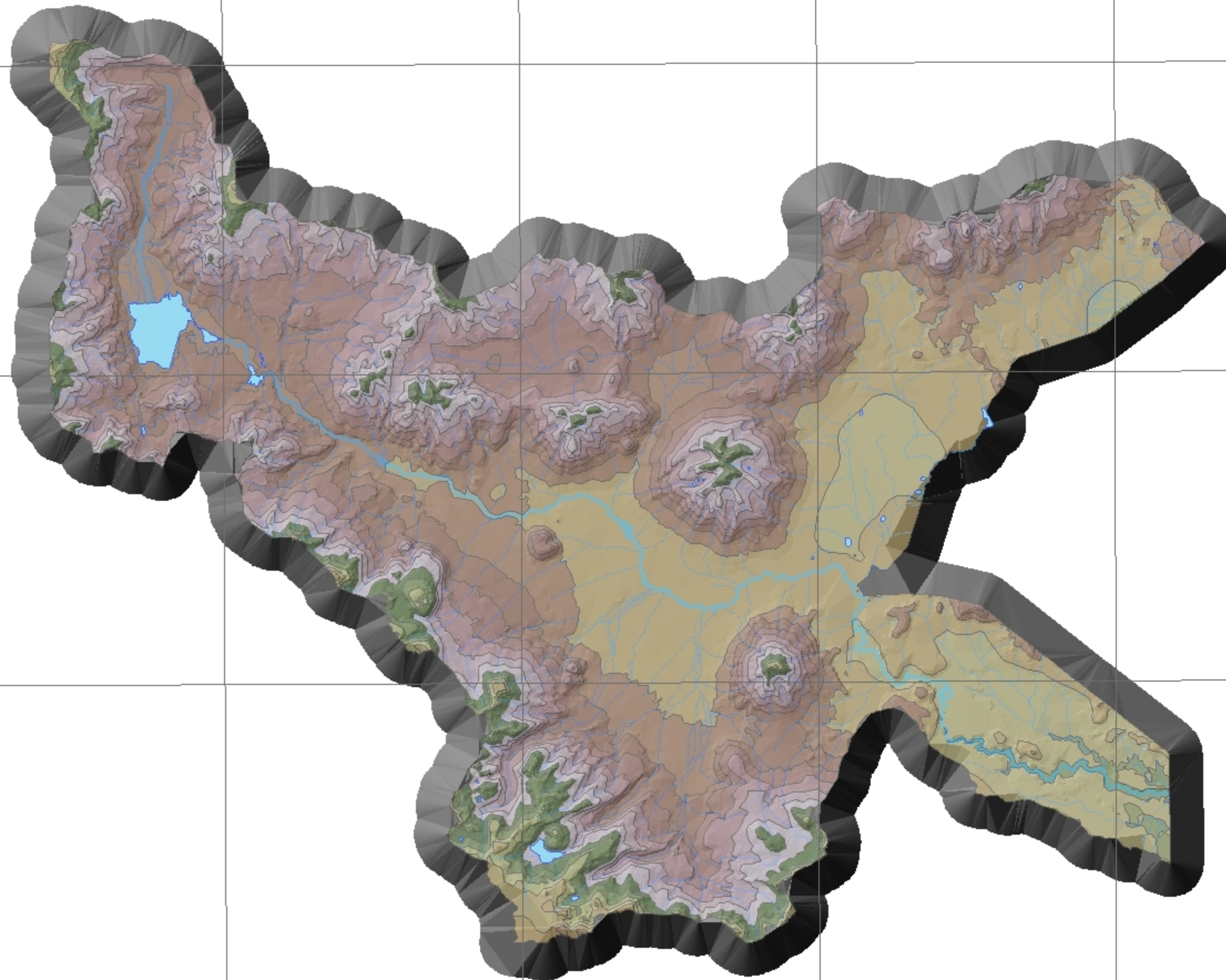
17°10'0"S

17°20'0"S

17°20'0"S

17°30'0"S

17°30'0"S



Altura Media: 4 505,10 m.s.n.m.
 Altura Mediana: 4 510m.s.n.m.
 Análisis Hipsométrico: De acuerdo a su forma el río es maduro.

70°10'0"O

70°0'0"O

69°50'0"O

69°40'0"O

69°30'0"O

0 8,750 17,500 35,000 52,500 70,000 Metros

Universidad Nacional
 Jorge Basadre Grohmann
 Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura
 y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería
 Geológica - Geotecnia

Tema:

Modelación Hidrológica usando ArcGis
 y sus extensiones para la Cuenca del
 Río Maure Región Tacna



Tesis presentada por:

Bach. Sandra G. Valdivia Barrales

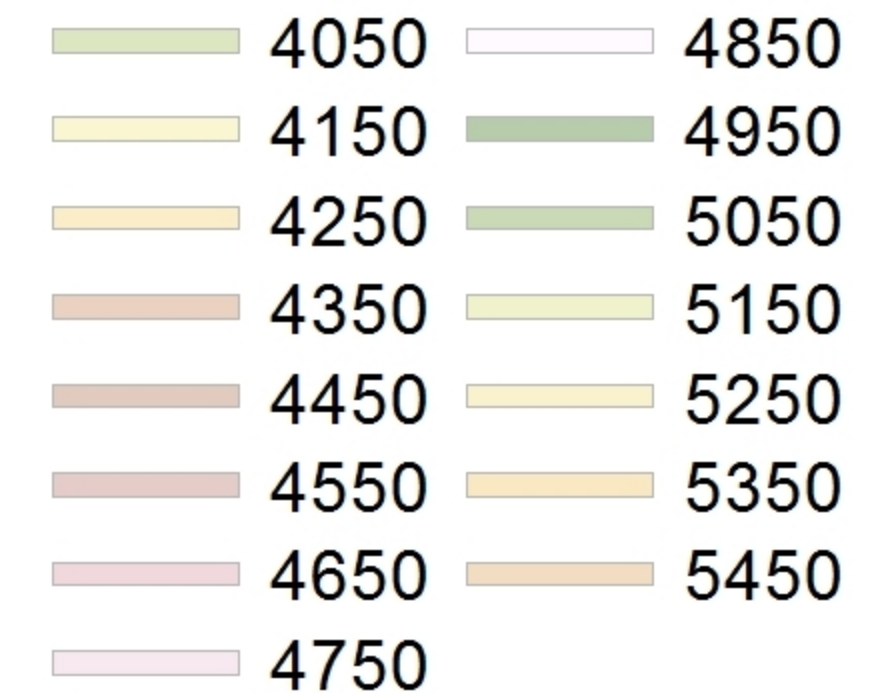
Asesor:

Ing. Luis Cornejo Navarrete

Mapa Número:
 16

Leyenda:

Curva Hipsométrica:



MAPA DE LA CURVA HIPSOMETRICA DE LA CUENCA UCHUSUMA

69°50'0"O

69°40'0"O

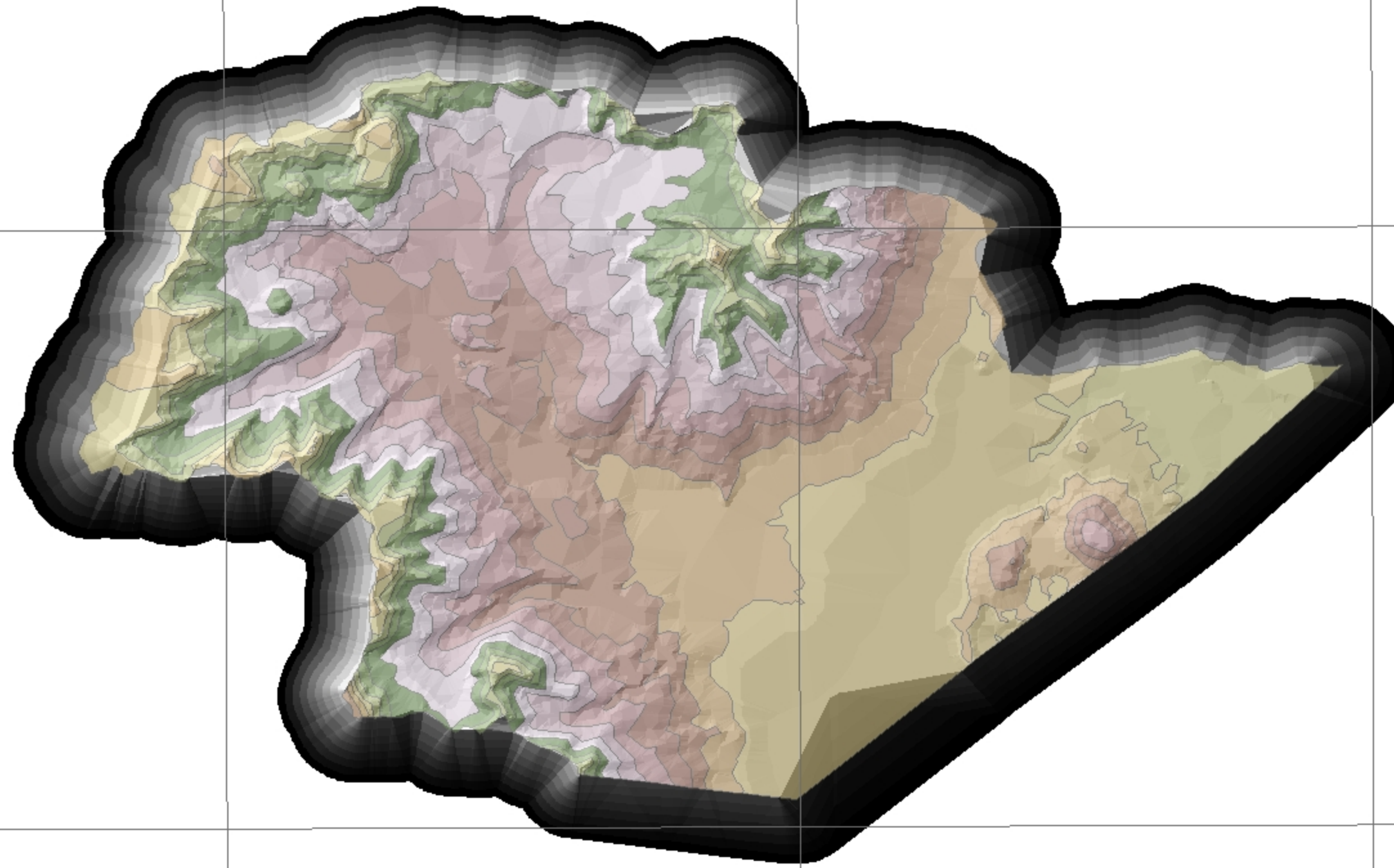
69°30'0"O

17°30'0"S

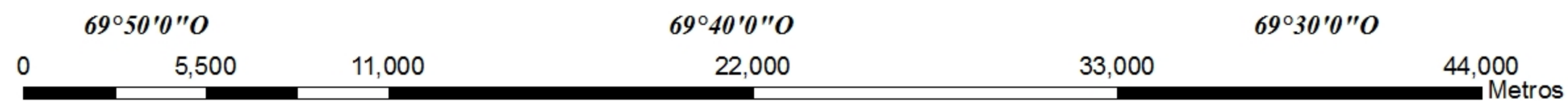
17°30'0"S

17°40'0"S

17°40'0"S



Altura Media: 4 626,60 m.s.n.m.
 Altura Mediana: 4 650 m.s.n.m.
 Análisis Hipsométrico: De acuerdo a su forma el río es joven.



Universidad Nacional
 Jorge Basadre Grohmann

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura
 y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería
 Geológica - Geotecnia

Tema:

Modelación Hidrológica usando ArcGis
 y sus extensiones para la Cuenca del
 Río Maure Región Tacna



Tesis presentada por:

Bach. Sandra G. Valdivia Barrales

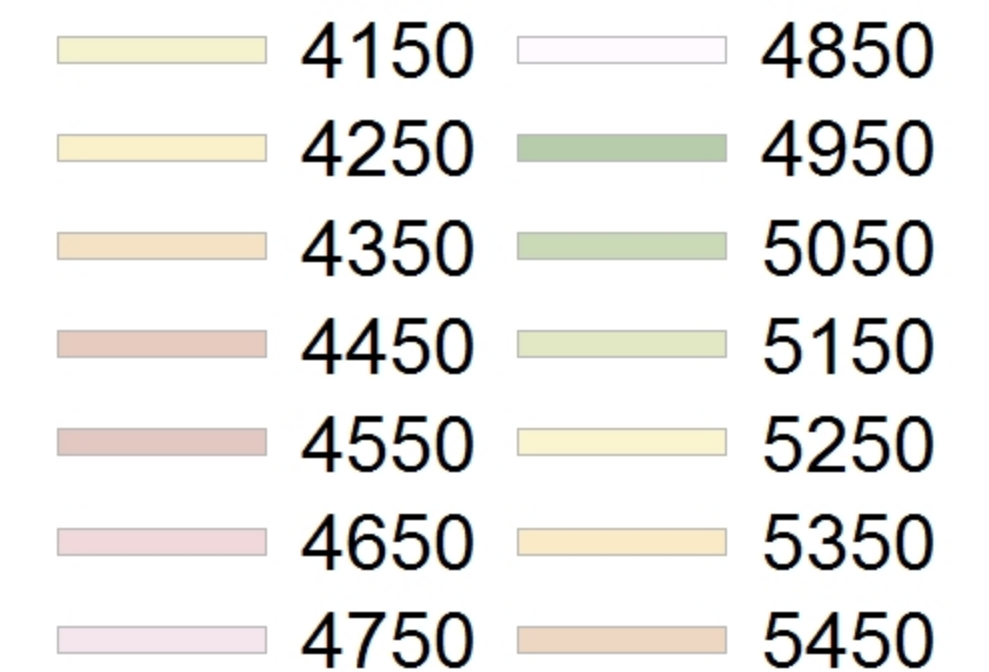
Mapa Número:
 17

Asesor:

Ing. Luis Cornejo Navarrete

Leyenda:

Curva Hipsométrica:



MAPA DE LA CURVA HIPSOMETRICA DE LA CUENCA CAÑO

69°40'0"O

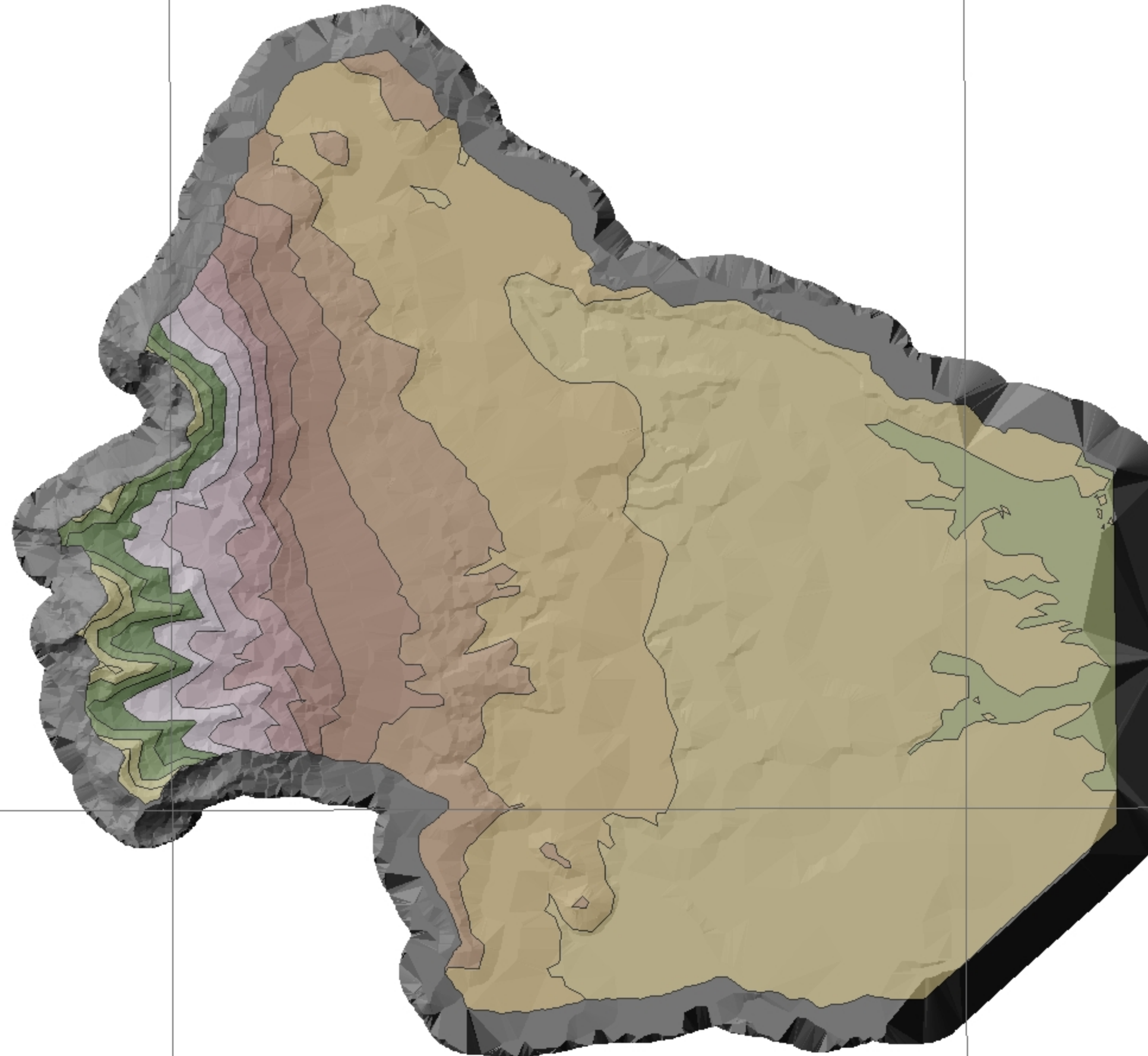
69°30'0"O

17°20'0"S

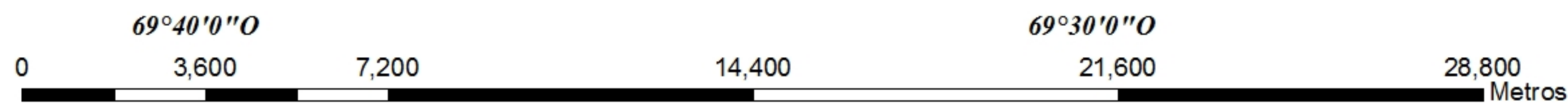
17°20'0"S

17°30'0"S

17°30'0"S



Altura Media: 4 296,4 m.s.n.m.
 Altura Mediana: 4 250 m.s.n.m.
 Análisis Hipsométrico: De acuerdo a su forma el río es maduro.



Universidad Nacional
 Jorge Basadre Grohmann
 Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura
 y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería
 Geológica - Geotecnia

Tema:

Modelación Hidrológica usando ArcGis
 y sus extensiones para la Cuenca del
 Río Maure Región Tacna



Mapa Número:
 18

Tesis presentada por:

Bach. Sandra G. Valdivia Barrales

Asesor:

Ing. Luis Cornejo Navarrete

Leyenda:

Curva Hipsométrica:

	4050		4750
	4150		4850
	4250		4950
	4350		5050
	4450		5150
	4550		5250
	4650		5350

MAPA DE PENDIENTE DE LA CUENCA DEL RIO MAURE

70°10'0"O

70°0'0"O

69°50'0"O

69°40'0"O

69°30'0"O

17°0'0"S

17°0'0"S

17°10'0"S

17°10'0"S

17°20'0"S

17°20'0"S

17°30'0"S

17°30'0"S

17°40'0"S

17°40'0"S

70°10'0"O

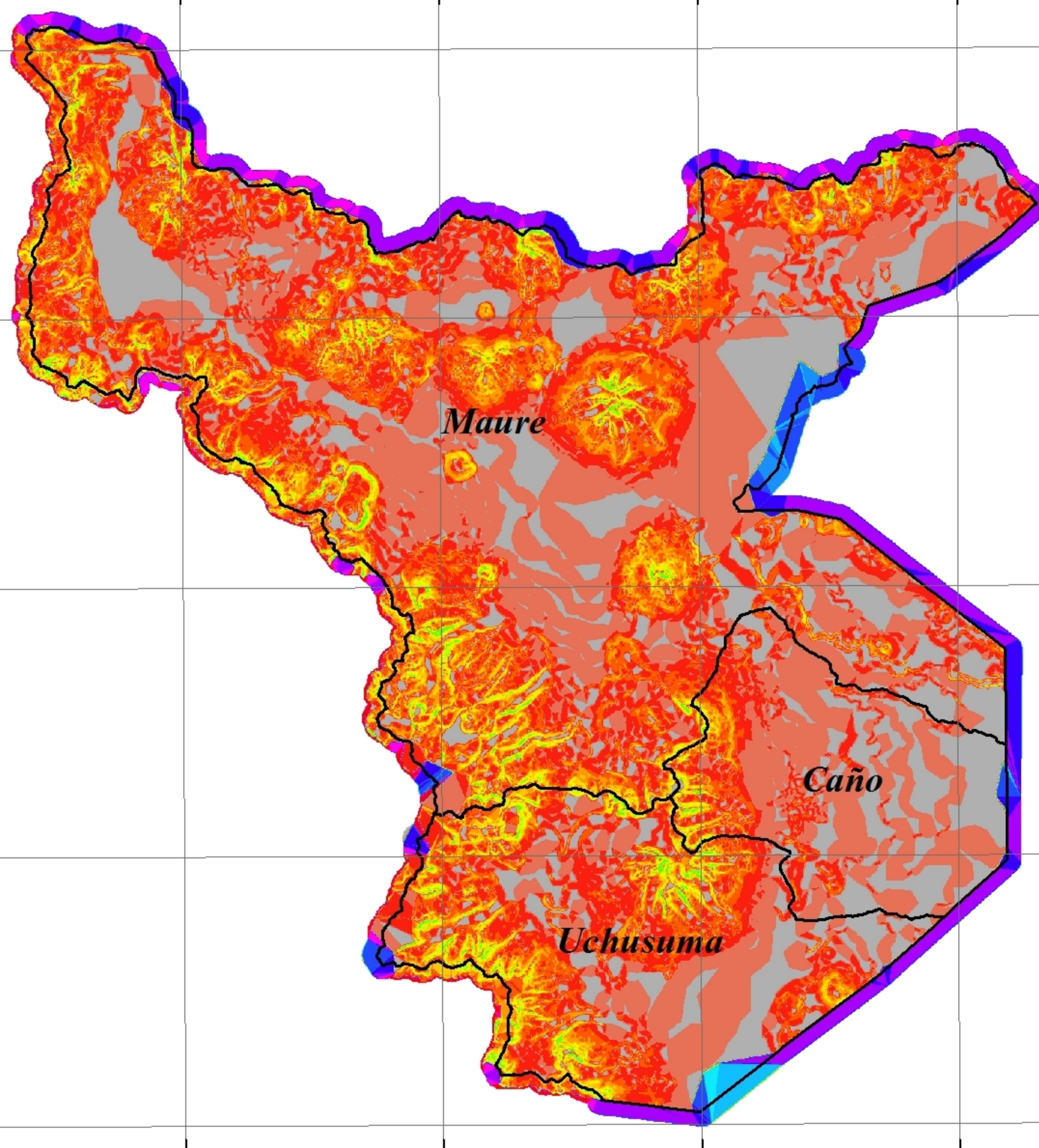
70°0'0"O

69°50'0"O

69°40'0"O

69°30'0"O

0 8,750 17,500 35,000 52,500 70,000 Metros



Universidad Nacional
Jorge Basadre Grohmann

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura
y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería
Geológica - Geotecnia

Tema:

**Modelación Hidrológica usando ArcGis
y sus extensiones para la Cuenca del
Río Maure Región Tacna**



Tesis presentada por:

Bach. Sandra G. Valdivia Barrales

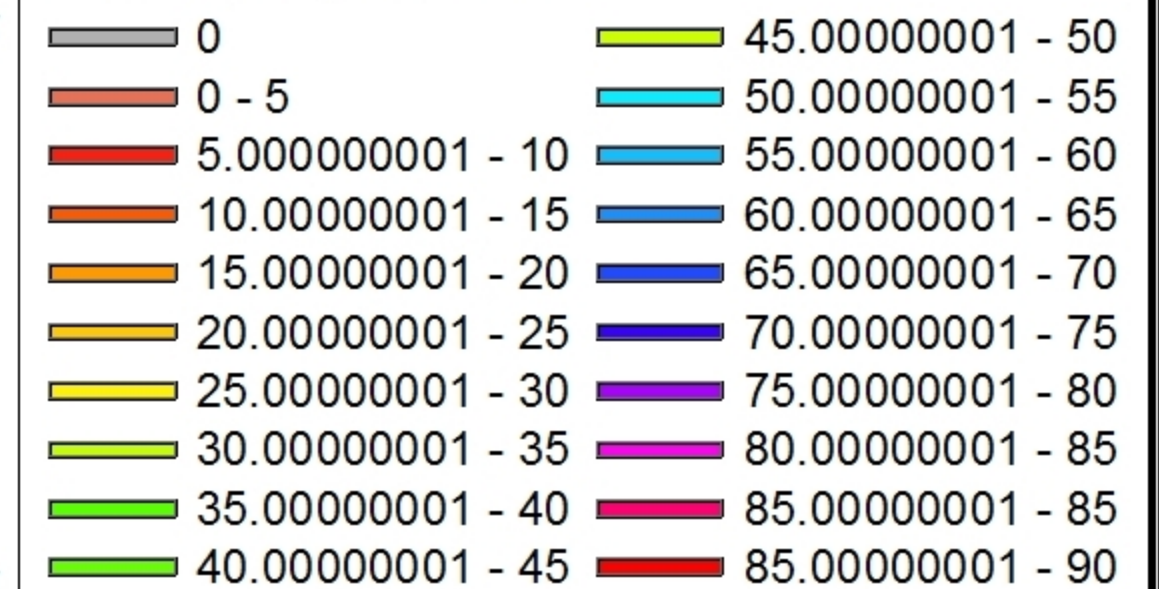
Asesor:

Ing. Luis Cornejo Navarrete

**Mapa Número:
19**

Leyenda:

Pendiente (grados):



MAPA DE ORIENTACION DE PENDIENTE DE LA CUENCA DEL RIO MAURE

70°10'0"O

70°0'0"O

69°50'0"O

69°40'0"O

69°30'0"O

17°0'0"S

17°0'0"S

17°10'0"S

17°10'0"S

17°20'0"S

17°20'0"S

17°30'0"S

17°30'0"S

17°40'0"S

17°40'0"S

70°10'0"O

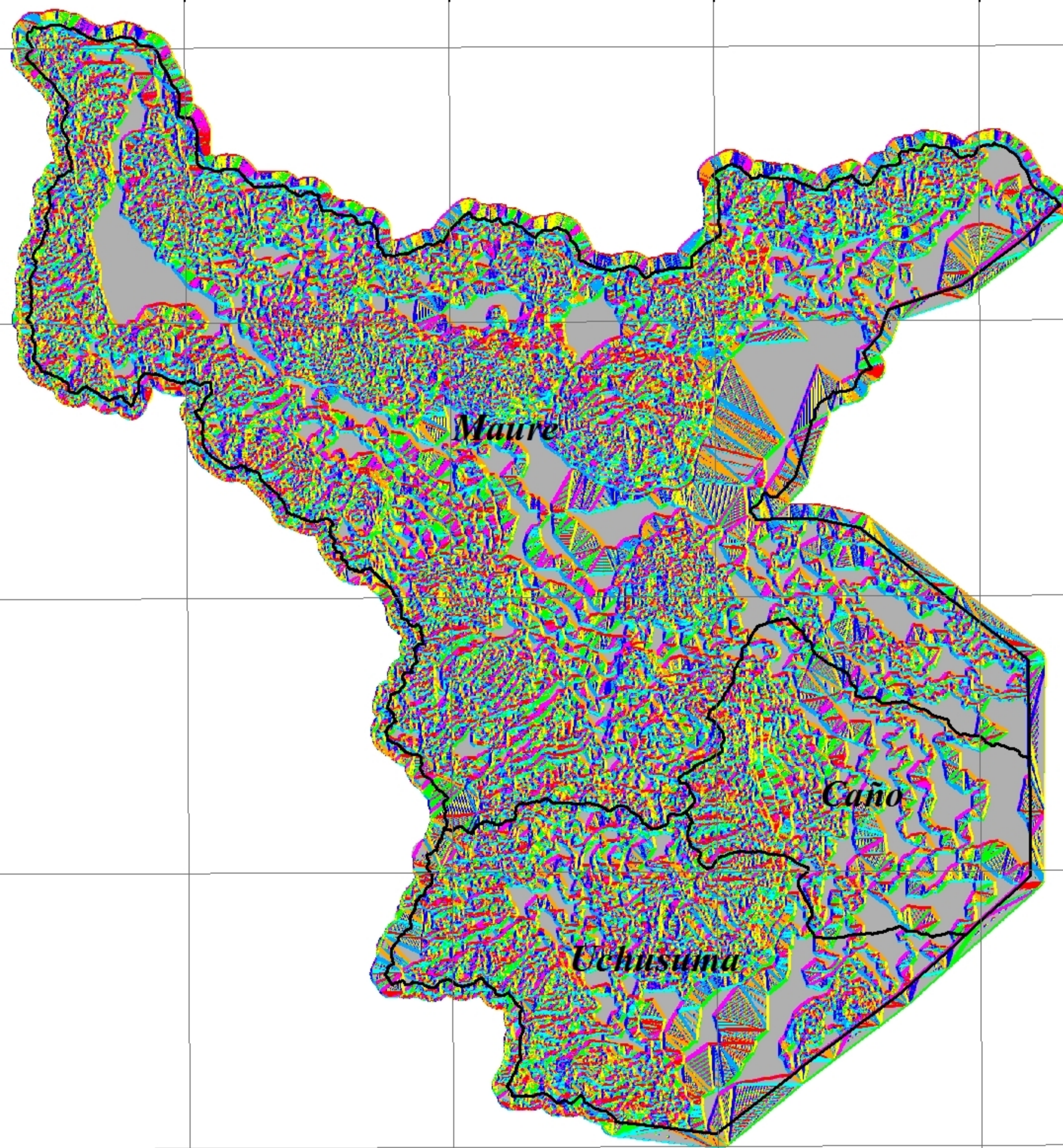
70°0'0"O

69°50'0"O

69°40'0"O

69°30'0"O

0 8,750 17,500 35,000 52,500 70,000 Metros



Universidad Nacional
Jorge Basadre Grohmann

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura
y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería
Geológica - Geotecnia

Tema:

**Modelación Hidrológica usando ArcGis
y sus extensiones para la Cuenca del
Río Maure Región Tacna**



Tesis presentada por:

Bach. Sandra G. Valdivia Barrales

Asesor:

Ing. Luis Cornejo Navarrete

Mapa Número:
20

Leyenda:

Orientación Pendiente (grados):

- Plano (-1)
- Norte (0-22.5)
- Nordeste (22.5-67.5)
- Este (67.5-112.5)
- Sudeste (112.5-157.5)
- Sur (157.5-202.5)
- Sudoeste (202.5-247.5)
- Oeste (247.5-292.5)
- Noroeste (292.5-337.5)
- Norte (337.5-360)

MAPA DE LA DENSIDAD DE DRENAJE DE LA CUENCA MAURE

70°10'0"O

70°0'0"O

69°50'0"O

69°40'0"O

69°30'0"O

17°0'0"S

17°0'0"S

17°10'0"S

17°10'0"S

17°20'0"S

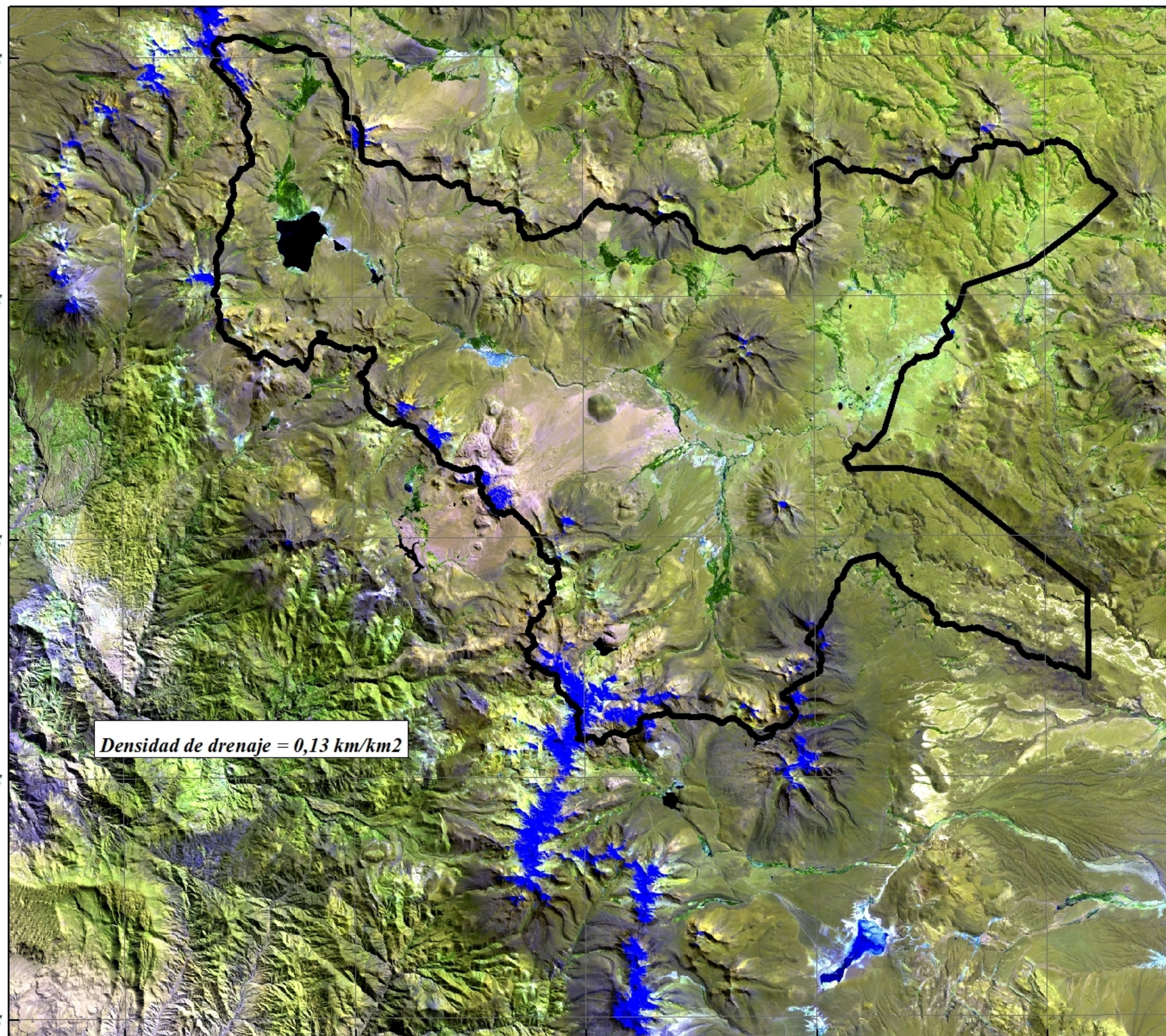
17°20'0"S

17°30'0"S

17°30'0"S

17°40'0"S

17°40'0"S



Densidad de drenaje = 0,13 km/km2

0 8,750 17,500 35,000 52,500 70,000 Metros

Universidad Nacional
Jorge Basadre Grohmann

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura
y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería
Geológica - Geotecnia

Tema:

Modelación Hidrológica usando ArcGis
y sus extensiones para la Cuenca del
Río Maure Región Tacna



Tesis presentada por:

Bach. Sandra G. Valdivia Barrales




Asesor:

Ing. Luis Cornejo Navarrete

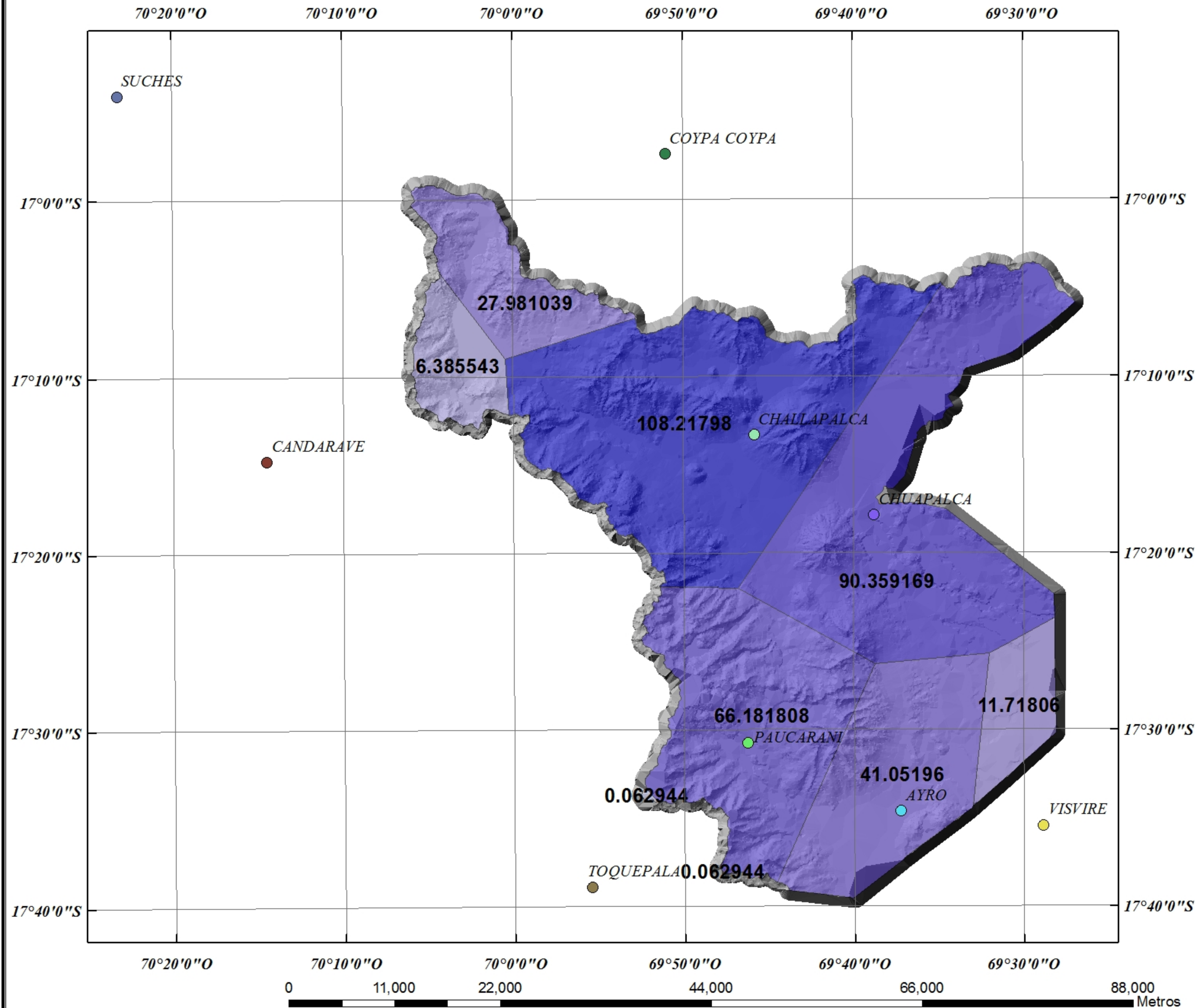
Mapa Número:
21

Leyenda:

DRENAJE.bil

-  Rojo: Band_7
-  Verde: Band_5
-  Azul: Band_1

MAPA DE POLIGONOS DE THIESSEN DE LA CUENCA DEL RIO MAURE



Universidad Nacional
Jorge Basadre Grohmann

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura
y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería
Geológica - Geotecnia

Tema:

Modelación Hidrológica usando ArcGis
y sus extensiones para la Cuenca del
Río Maure Región Tacna



Tesis presentada por:

Bach. Sandra G. Valdivia Barrales

Asesor:

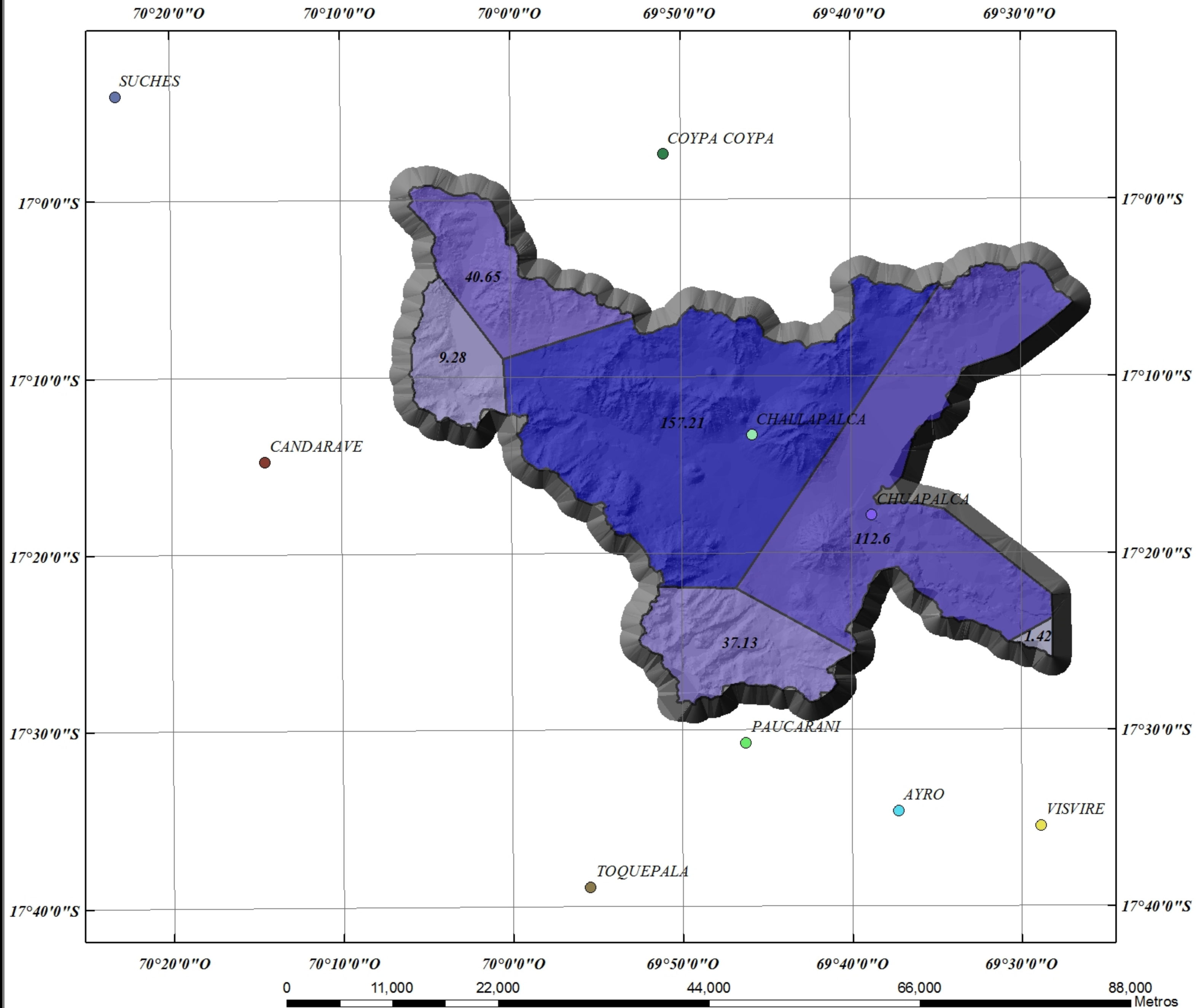
Ing. Luis Cornejo Navarrete

Mapa Número:
22

Leyenda:

Estaciones	Poligono de Thiessen
AYRO	6.294417E-02
CANDARAVE	6.385543
CHALLAPALCA	11.71806
CHUAPALCA	27.98104
COYPA COYPA	41.05196
PALCA	66.18181
PAUCARANI	90.35917
SUCHES	108.218
TOQUEPALA	0.062944
VISVIRE	11.71806

MAPA DE POLIGONOS DE THIESSEN DE LA CUENCA MAURE



Universidad Nacional
Jorge Basadre Grohmann

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura
y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería
Geológica - Geotecnia

Tema:

Modelación Hidrológica usando ArcGis
y sus extensiones para la Cuenca del
Río Maure Región Tacna

Tesis presentada por:

Bach. Sandra G. Valdivia Barrales

Asesor:

Ing. Luis Cornejo Navarrete



Mapa Número:
23

Leyenda:

Estaciones	Polígonos Thiessen Maure PPT_AREA
AYRO	1.42
CANDARAVE	9.28
CHALLAPALCA	37.13
CHUAPALCA	40.65
COYPA COYPA	112.6
PALCA	157.21
PAUCARANI	1.42
SUCHES	
TOQUEPALA	
VISVIRE	

MAPA DE POLIGONOS DE THIESSEN DE LA CUENCA UCHUSUMA

69°50'0"O

69°40'0"O

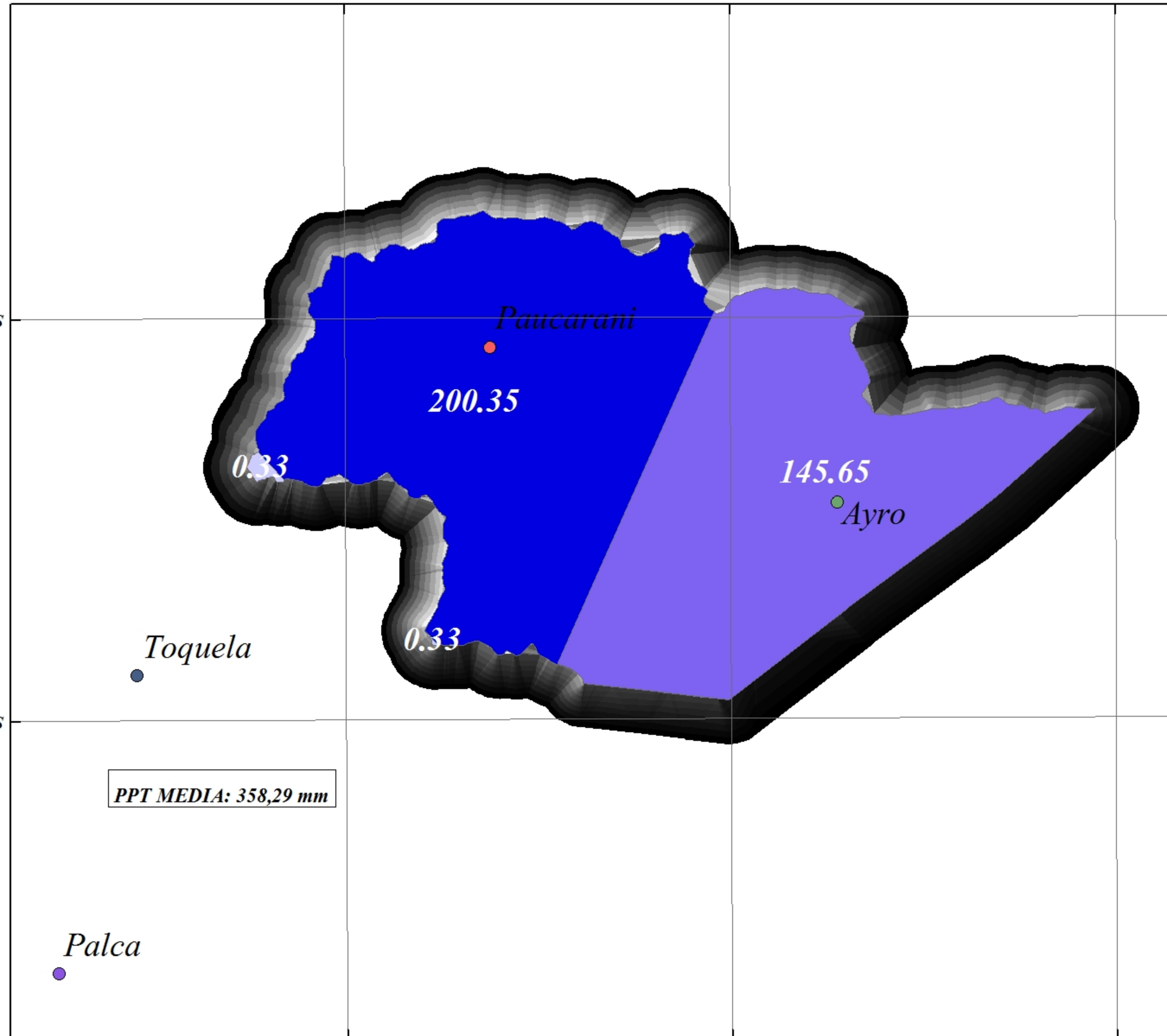
69°30'0"O

17°30'0"S

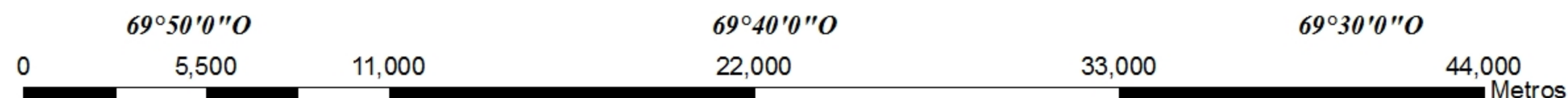
17°30'0"S

17°40'0"S

17°40'0"S



PPT MEDIA: 358,29 mm



Universidad Nacional
Jorge Basadre Grohmann

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura
y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería
Geológica - Geotecnia

Tema:

Modelación Hidrológica usando ArcGis
y sus extensiones para la Cuenca del
Río Maure Región Tacna



Tesis presentada por:

Bach. Sandra G. Valdivia Barrales

Asesor:

Ing. Luis Cornejo Navarrete

Mapa Número:
24

Leyenda:

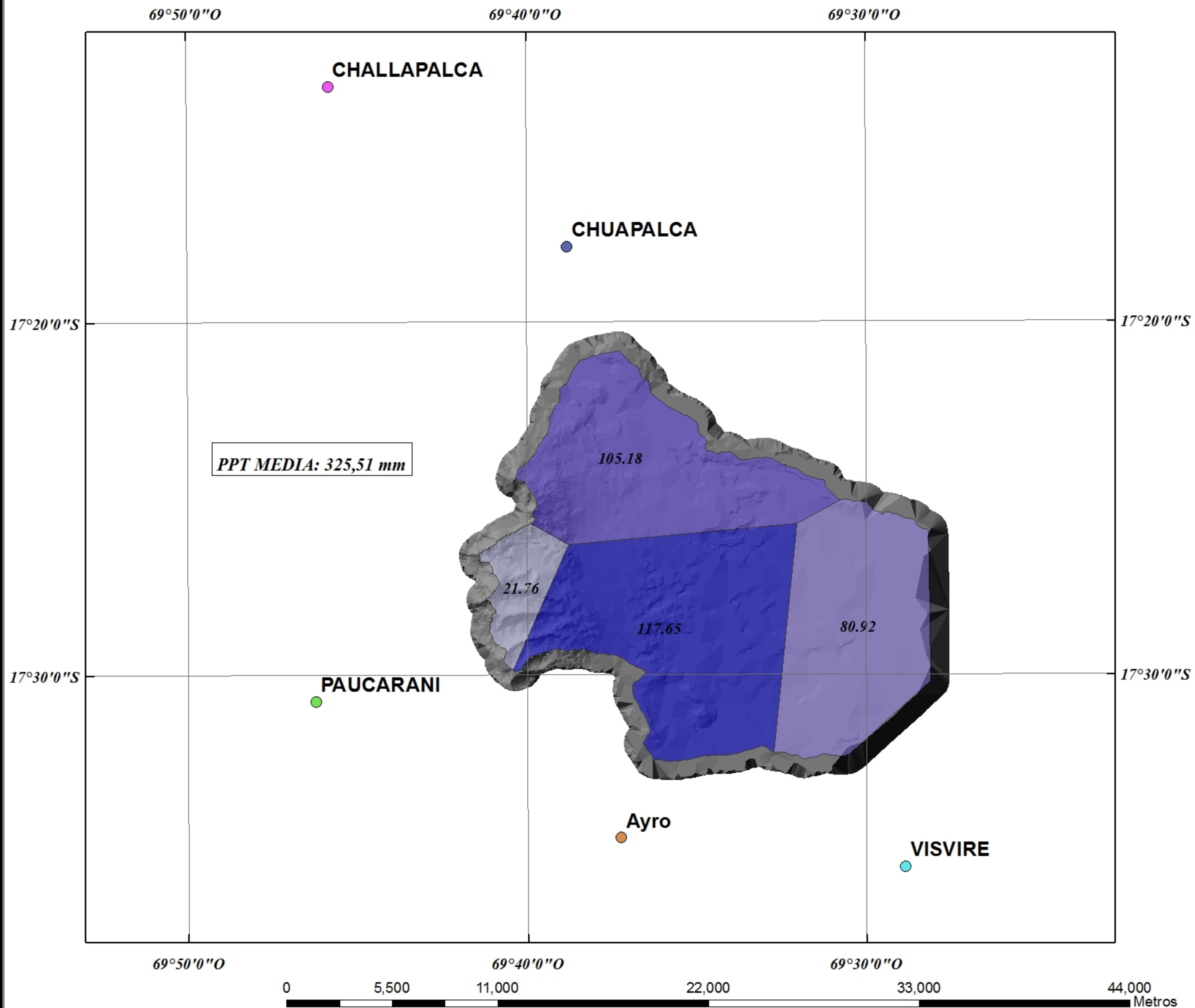
Estaciones Uchusuma

- Ayro
- Palca
- Paucarani
- Toquela

Poligonos Thiessen Uchusuma

- 0.33
- 145.65
- 200.35

MAPA DE POLIGONOS DE THIESSEN DE LA CUENCA CAÑO



Universidad Nacional
 Jorge Basadre Grohmann
 Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura
 y Geotecnia
 Escuela Profesional de Ingeniería
 Geológica - Geotecnia

Tema:
 Modelación Hidrológica usando ArcGis
 y sus extensiones para la Cuenca del
 Río Maure Región Tacna

Tesis presentada por:
 Bach. Sandra G. Valdivia Barrales

Asesor:
 Ing. Luis Cornejo Navarrete

Mapa Número:
 25

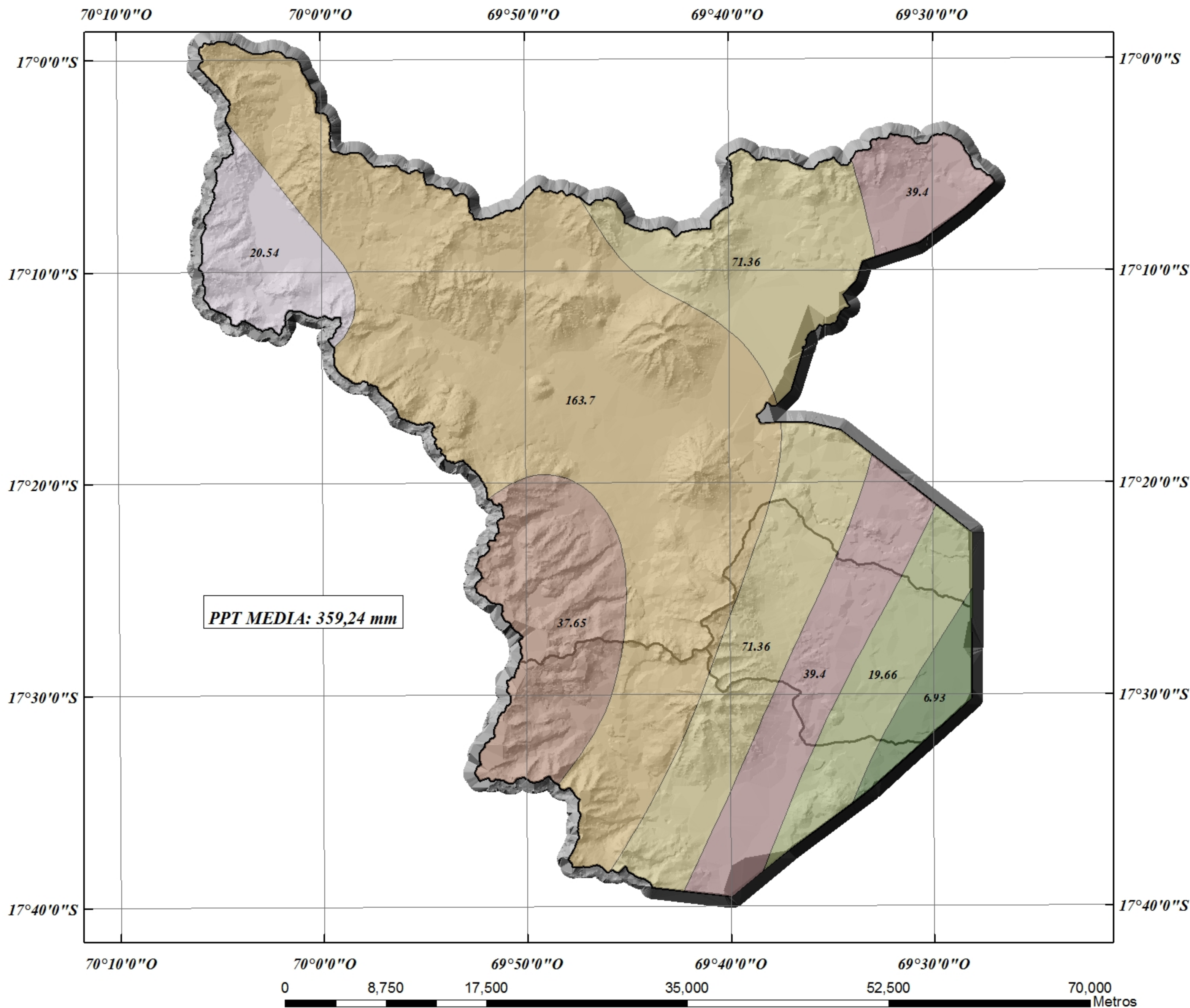
Leyenda:
Estaciones Caño

- Ayro
- CHALLAPALCA
- CHUAPALCA
- PAUCARANI
- VISVIRE

Poligonos de Thiessen Caño

- 21.76
- 80.92
- 105.18
- 117.65
- 117.65

MAPA DE ISOYETAS DE LA CUENCA DEL RIO MAURE



Universidad Nacional
 Jorge Basadre Grohmann
 Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura
 y Geotecnia
 Escuela Profesional de Ingeniería
 Geológica - Geotecnia

Tema:
 Modelación Hidrológica usando ArcGis
 y sus extensiones para la Cuenca del
 Río Maure Región Tacna

Tesis presentada por:
 Bach. Sandra G. Valdivia Barrales

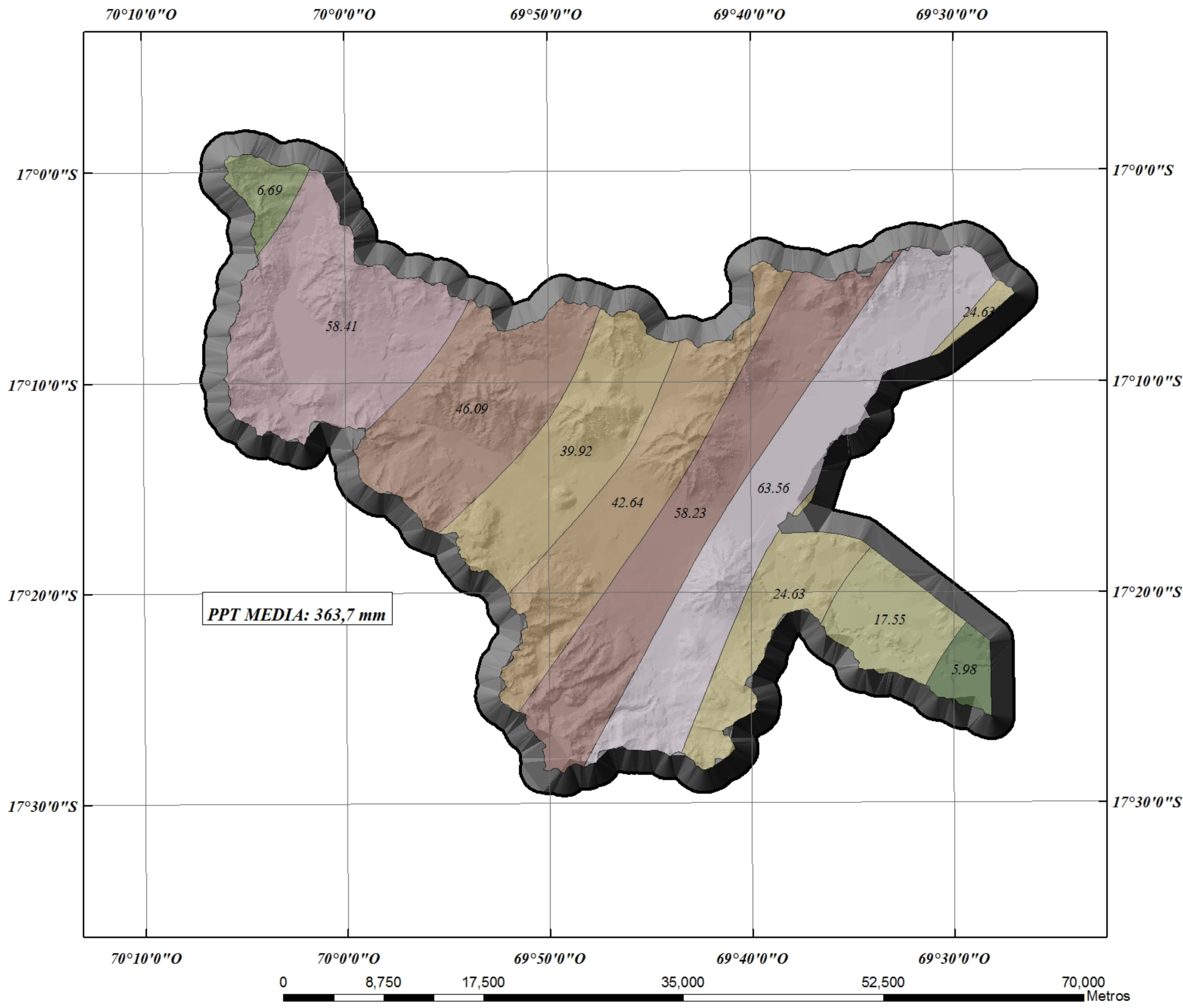
Asesor:
 Ing. Luis Cornejo Navarrete

Mapa Número:
 26

Leyenda:
Isocetes (ppt_area):

Green	6.93
Light Green	19.66
White	20.54
Brown	37.65
Pink	39.4
Yellow	71.36
Orange	163.7

MAPA DE ISOYETA DE LA CUENCA MAURE




*Universidad Nacional
Jorge Basadre Grohmann*

*Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura
y Geotecnia*

*Escuela Profesional de Ingeniería
Geológica - Geotecnia*

Tema:
*Modelación Hidrológica usando ArcGis
y sus extensiones para la Cuenca del
Río Maure Región Tacna*

 Mapa Número: 27	Tesis presentada por: <i>Bach. Sandra G. Valdivia Barrales</i>
	Asesor: <i>Ing. Luis Cornejo Navarrete</i>

Leyenda:
Isoyetas (ppt_area):

	5.98
	5.99 - 6.69
	6.70 - 17.55
	17.56 - 24.63
	24.64 - 39.92
	39.93 - 42.64
	42.65 - 46.09
	46.10 - 58.23
	58.24 - 58.41
	58.42 - 63.56

MAPA DE ISOYETA DE LA CUENCA UCHUSUMA

69°50'0"O

69°40'0"O

69°30'0"O

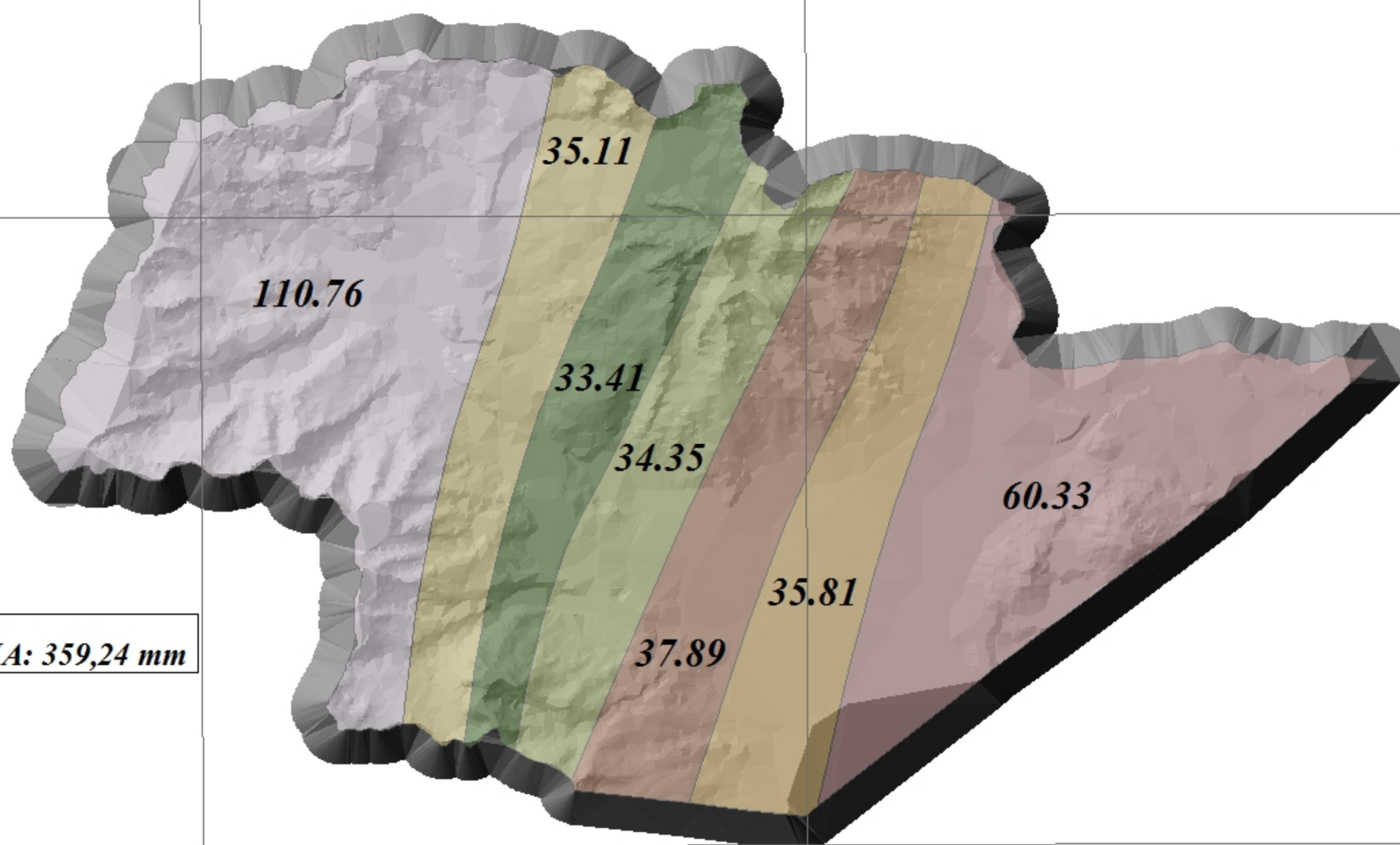
17°30'0"S

17°30'0"S

17°40'0"S

17°40'0"S

PPT MEDIA: 359,24 mm



69°50'0"O

69°40'0"O

69°30'0"O

0 5,500 11,000

22,000

33,000

44,000

Metros

Universidad Nacional
Jorge Basadre Grohmann
Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura
y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería
Geológica - Geotecnia

Tema:

**Modelación Hidrológica usando ArcGis
y sus extensiones para la Cuenca del
Río Maure Región Tacna**



Tesis presentada por:

Bach. Sandra G. Valdivia Barrales

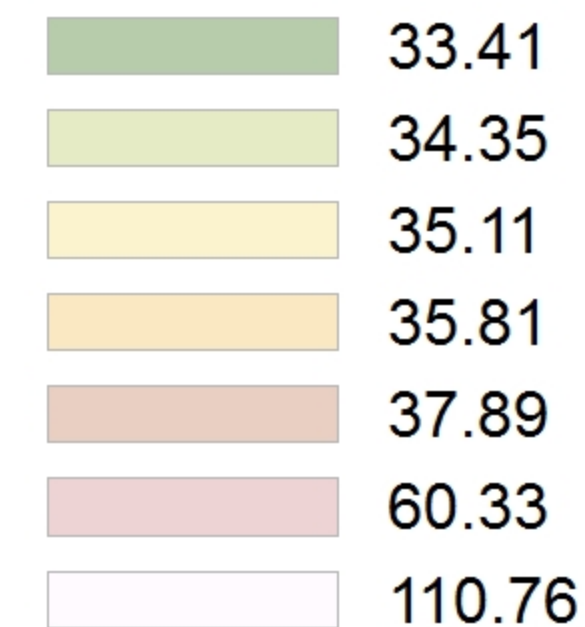
Asesor:

Ing. Luis Cornejo Navarrete

Mapa Número:
28

Leyenda:

Isoyetas (ppt_area):



MAPA DE ISOYETA DE LA CUENCA CAÑO

69°40'0"O

69°30'0"O

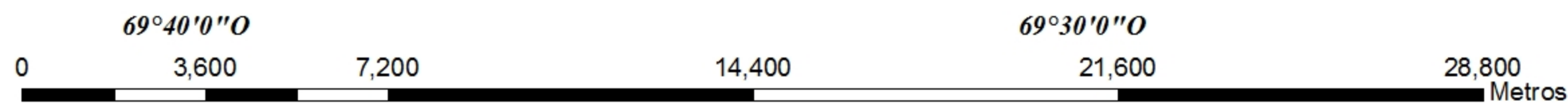
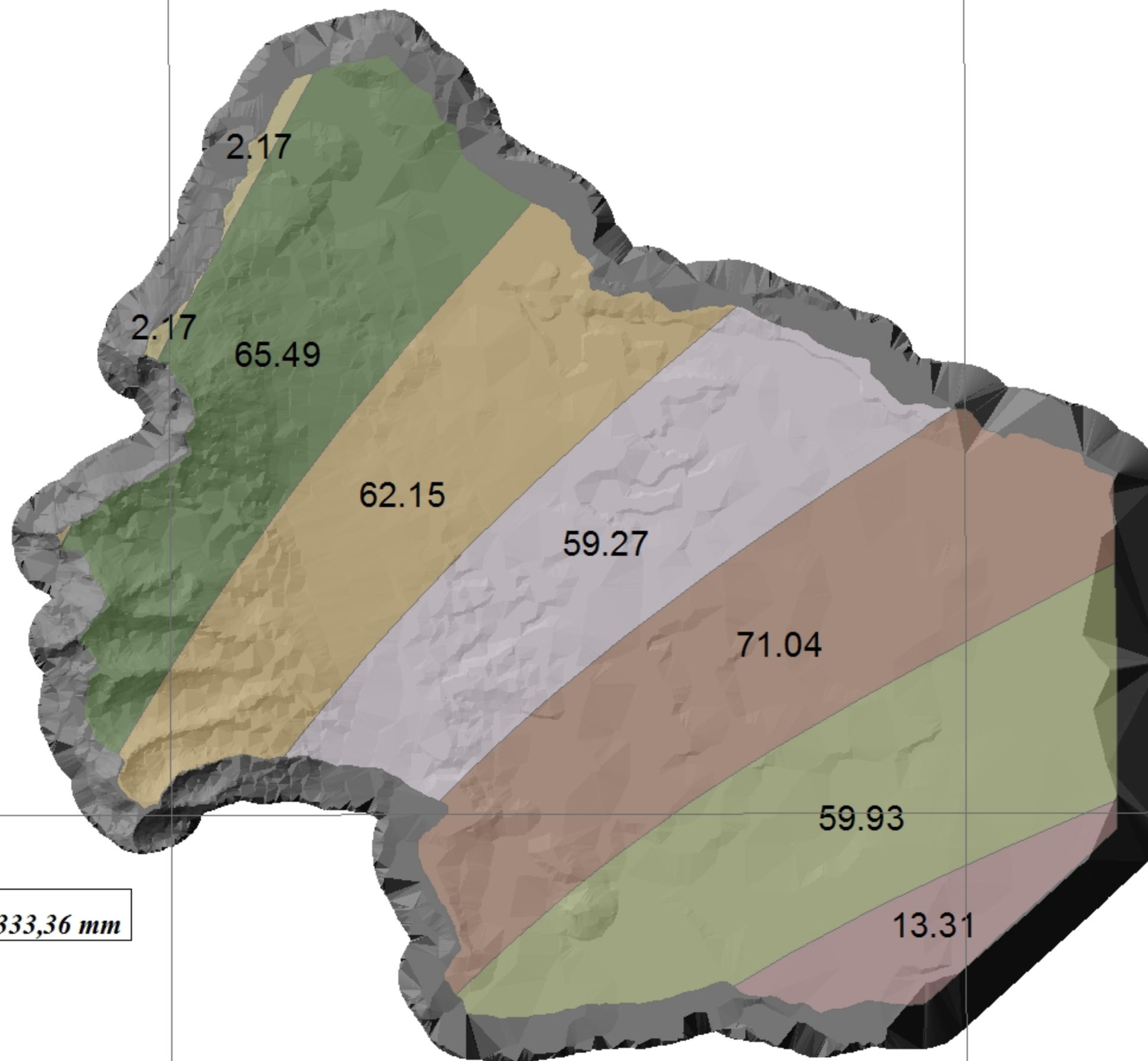
17°20'0"S

17°20'0"S

17°30'0"S

17°30'0"S

PPT MEDIA: 333,36 mm



Universidad Nacional
 Jorge Basadre Grohmann
 Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura
 y Geotecnia
 Escuela Profesional de Ingeniería
 Geológica - Geotecnia

Tema:
 Modelación Hidrológica usando ArcGis
 y sus extensiones para la Cuenca del
 Río Maure Región Tacna



Mapa Número:
 29

Tesis presentada por:
 Bach. Sandra G. Valdivia Barrales
 Asesor:
 Ing. Luis Cornejo Navarrete

Leyenda:
Isoyetas (ppt_area):

2.17	2.17
13.31	13.31
59.27	59.27
59.93	59.93
62.15	62.15
65.49	65.49
71.04	71.04