

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



**Análisis del impacto en la escorrentía según el tipo de suelo utilizando  
teledetección de la sub cuenca del Bajo Jequetepeque**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**AUTOR**

**Iraldi Jesus Rimbaldi Rojas**

**ASESOR**

**Angel Antonio Ruiz Pico**

<https://orcid.org/0000-0003-2638-0593>

**Chiclayo, 2024**

**Análisis del impacto en la escorrentía según el tipo de suelo utilizando  
teledetección de la sub cuenca del Bajo Jequetepeque**

PRESENTADA POR

**Iraldi Jesus Rimbaldi Rojas**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO CIVIL**

APROBADA POR

Juan Alejandro Agreda Barbaran

PRESIDENTE

Wilmer Moises Zelada Zamora

SECRETARIO

Angel Antonio Ruiz Pico

VOCAL

## **Dedicatoria**

En Primer lugar, se la dedico a quien ilumina mi camino cada mañana, Dios, A mi madre por apoyarme todo este tiempo, a mi abuela que en paz descanse. a mis familiares cercanos y a mis amigos quienes con sus consejos me motivaron a no renunciar.

## **Agradecimientos**

A Dios nuestro creador por darme la salud y sapiencia para desarrollar esta tesis, a mis padres, mi madre a mi lado y mi padre en el cielo, mis familiares cercanos por todo su apoyo incondicional en el transcurso de la carrera universitaria, a mi abuela que en paz descanse, por sus consejos que en vida pudo ofrecerme, a una persona que siempre me apoyo y su nombre me lo reservo pero sabe muy bien quien es, y a todas aquellas personas que de una u otra manera han aportado a que mis objetivos se logren.

# ANÁLISIS DEL IMPACTO EN LA ESCORRENTÍA SEGÚN EL T...

## INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://tesis.usat.edu.pe">tesis.usat.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
2	<a href="http://www.forest-trends.org">www.forest-trends.org</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="https://repositorio.lamolina.edu.pe">repositorio.lamolina.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="https://repositorio.urp.edu.pe">repositorio.urp.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="https://repositorio.ug.edu.ec">repositorio.ug.edu.ec</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="http://ingeoexpert.com">ingeoexpert.com</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="http://www.scribd.com">www.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1%
9	<a href="https://repositorio.unc.edu.pe">repositorio.unc.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%

## Índice

<b>Resumen.....</b>	<b>17</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>18</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>19</b>
<b>Marco teórico.....</b>	<b>23</b>
<b>Antecedentes .....</b>	<b>23</b>
<b>Bases teóricas .....</b>	<b>24</b>
Uso de suelos.....	24
La planificación urbana .....	25
Píxeles.....	25
Cuenca.....	26
Escorrentía.....	26
Coeficiente de escorrentía .....	27
Teledetección .....	27
Sensibilidad.....	27
Meteosat .....	27
Fotografía aérea.....	28
Modelo Digital de Terreno .....	28
Índice de Lluvias.....	28
Defensa riveraña.....	28
Numero de Curva.....	29
<b>Objetivos de la investigación.....</b>	<b>29</b>
<b>Objetivos Generales.....</b>	<b>29</b>
<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>29</b>
<b>Metodología .....</b>	<b>30</b>
<b>Tipo y nivel de Investigación.....</b>	<b>30</b>
<b>Diseño de investigación.....</b>	<b>30</b>
<b>Población, muestra y muestreo .....</b>	<b>30</b>
<b>Población.....</b>	<b>30</b>

<b>Muestra .....</b>	<b>31</b>
<b>Muestreo .....</b>	<b>31</b>
<b>Criterio de selección .....</b>	<b>32</b>
<b>Técnica e instrumentos de recolección de datos .....</b>	<b>32</b>
<b>Resultados .....</b>	<b>53</b>
<b>Discusión .....</b>	<b>116</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>118</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>121</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>122</b>

## Lista de Graficos

<b>Tabla N° 1 – Parámetros generales de la cuenca del Jequetepeque .....</b>	<b>20</b>
<b>Tabla N° 2: Perímetro, área y longitudes de río. Fuente: Propia .....</b>	<b>53</b>
<b>Tabla N° 3: Perímetro, área y longitudes de río. Fuente: Propia .....</b>	<b>53</b>
<b>Tabla N° 4: Cálculos de la Cuenca. Fuente: Propia .....</b>	<b>53</b>
<b>Tabla N° 5: Factor Forma. Fuente: Propia .....</b>	<b>54</b>
<b>Tabla N° 6: Índice de Compacidad. Fuente: Propia .....</b>	<b>54</b>
<b>Tabla N° 7: Datos de la Cuenca y sus Áreas Parciales. Fuente: Propia .....</b>	<b>55</b>
<b>Tabla N° 8: Características de la Cuenca. Fuente: Elaboración propia .....</b>	<b>56</b>
<b>Tabla N° 9: Calculo de Elevación media Fuente: Elaboración propia .....</b>	<b>58</b>
<b>Tabla N° 10: Calculo de Rectángulo Equivalente. Fuente: Elaboración propia.....</b>	<b>58</b>
<b>Tabla N° 11: Sub Áreas Fuente: Elaboración propia .....</b>	<b>59</b>
<b>Tabla N° 12: Pendiente de la Cuenca Fuente: Elaboración propia .....</b>	<b>59</b>
<b>Tabla N° 13: Perfil Longitudinal de la cuenca Fuente: Elaboración propia.....</b>	<b>60</b>
<b>Tabla N° 14: Pendiente de la Cuenca Fuente: Elaboración propia .....</b>	<b>60</b>
<b>Tabla N° 15: Tiempo de concentración Fuente: Elaboración propia .....</b>	<b>61</b>
<b>Tabla N° 16: Caudales máximos (Estación Yonan) Fuente: SENAMHI.....</b>	<b>62</b>
<b>Tabla N° 17: Calculo de Periodo de Retorno Fuente: Propia.....</b>	<b>64</b>
<b>Tabla N° 18: Cálculos de Datos de Cuenca Fuente: Propia.....</b>	<b>64</b>
<b>Tabla N° 19: Periodo Retorno. Fuente: Propia .....</b>	<b>67</b>

<b>Grafica N° 1: Pérdida de hectáreas de bosque a nivel nacional, 2001 – 2020 .....</b>	<b>19</b>
<b>Grafica N° 2: <i>Frecuencia de Altitudes. Fuente: Propia</i> .....</b>	<b>56</b>
<b>Grafica N° 3: Grafica para la determinación de tipo de Cuenca. Fuente: Propia .....</b>	<b>57</b>
<b>Grafica N° 4: Curva Hipsométrica. Fuente: Propia.....</b>	<b>57</b>
<b>Grafica N° 5: Parámetros para el Calculo de Altitud media de la Cuenca. ....</b>	<b>57</b>
<b>Grafica N° 6: Perfil Longitudinal de la cuenca. ....</b>	<b>60</b>
<b>Grafica N° 7: Caudal Máximo Anual. Fuente: Propia.....</b>	<b>65</b>
<b>Grafica N° 8: Caudal Máximo Anual. Fuente: Propia.....</b>	<b>65</b>
<b>Grafica N° 9: Histograma. Fuente: Propia.....</b>	<b>66</b>
<b>Grafica N° 10: Periodo de Retorno. Fuente: Propia .....</b>	<b>66</b>
<b>Grafica N° 11: Precipitación. Fuente: SENAMHI .....</b>	<b>67</b>

## Lista de Imagen

<b>Imagen N° 1– Representación de la cuenca del rio Jequetepeque .....</b>	<b>21</b>
<b>Imagen N° 2 - Visión general de logo de Copernicus .....</b>	<b>22</b>
<b>Imagen N° 3 – Tipo de suelos .....</b>	<b>25</b>
<b>Imagen N° 4 – Partes de una cuenca.....</b>	<b>26</b>
<b>Imagen N° 5: <i>Zonas de una Cuenca</i> .....</b>	<b>28</b>
<b>Imagen N° 6: <i>Cuenca de Rio Jequetepeque</i> Fuente: MINEM.....</b>	<b>31</b>

## Lista de Mapas

<b>Mapa N° 1: La cuenca del Jequetepeque que va del este al oeste a través de los Andes hacia el pacifico.....</b>	<b>31</b>
<b>Mapa N° 2: Ubicación de la zona poblada Jequetepeque .....</b>	<b>130</b>
<b>Mapa N° 3: Plano topográfico, ubicación y geolocalización de la Sub cuenca del Bajo Jequetepeque .....</b>	<b>131</b>
<b>Mapa N° 4: Uso de suelos de la sub cuenca del Bajo Jequetepeque .....</b>	<b>132</b>
<b>Mapa N° 5: Zonas de vida de la sub cuenca del Bajo Jequetepeque .....</b>	<b>133</b>
<b>Mapa N° 6: Ubicación Hidrológica de la sub cuenca del bajo Jequetepeque.....</b>	<b>134</b>
<b>Mapa N° 7: Ubicación política de la sub cuenca del Bajo Jequetepeque.....</b>	<b>135</b>

## Lista de figuras

<b>Figura N° 1 : Vista general del sistema USGS. Fuente: USGS .....</b>	<b>32</b>
<b>Figura N° 2 : Creación de cuenta en USGS. Fuente: USGS .....</b>	<b>33</b>
<b>Figura N° 3: Ubicación de zona de Jequetepeque, sub cuenca. Fuente: USGS.....</b>	<b>33</b>
<b>Figura N° 4: Ubicación de zona de Jequetepeque, sub cuenca. Fuente: USGS.....</b>	<b>34</b>
<b>Figura N° 5: Selección de parámetros para imágenes satelitales. Fuente: USGS .....</b>	<b>34</b>
<b>Figura N° 6: Resultados preliminares. Fuente: USGS .....</b>	<b>35</b>
<b>Figura N° 7 : Opción de descarga de datos. Fuente: USGS .....</b>	<b>35</b>
<b>Figura N° 8 : Opciones de descarga de datos landsat 8. Fuente: USGS .....</b>	<b>36</b>
<b>Figura N° 9: Pre visualización de cuadrante. Fuente: USGS.....</b>	<b>36</b>
<b>Figura N° 10: Imagen teledetectable óptima para obtención de datos. Fuente: USGS ...</b>	<b>37</b>
<b>Figura N° 11: Carpeta y contenido de datos descargados. Fuente: Propia .....</b>	<b>37</b>
<b>Figura N° 12: Icono de escritorio ArcMap. Fuente: Propia .....</b>	<b>38</b>
<b>Figura N° 13: Inicialización de programa ArcMap. Fuente: Propia.....</b>	<b>38</b>
<b>Figura N° 14: Ruta a seguir para composición de bandas. Fuente: Propia .....</b>	<b>38</b>
<b>Figura N° 15: Ruta a seguir para composición de bandas. Fuente: Propia .....</b>	<b>39</b>
<b>Figura N° 16: Ruta a seguir para composición de bandas. Fuente: Propia .....</b>	<b>39</b>
<b>Figura N° 17: Proceso de procesamiento exitoso. Fuente: Propia .....</b>	<b>39</b>
<b>Figura N° 18: Propiedades de la capa de teledetección. Fuente: Propia .....</b>	<b>40</b>
<b>Figura N° 19: Propiedades de capas para procesamiento de bandas. ....</b>	<b>40</b>
<b>Figura N° 20: Combinaciones de bandas. Fuente: Propia .....</b>	<b>41</b>
<b>Figura N° 21: Zona de trabajo. Fuente: Propia .....</b>	<b>41</b>
<b>Figura N° 22: Sub cuenca Jequetepeque Fuente: Propia.....</b>	<b>42</b>
<b>Figura N° 23: Representación morfológica de la superficie.. Fuente: Propia .....</b>	<b>42</b>
<b>Figura N° 24: Representación bidimensional. Fuente: Propia .....</b>	<b>43</b>
<b>Figura N° 25: Raster fill. Fuente: Propia .....</b>	<b>43</b>
<b>Figura N° 26: Flujo de dirección de la sub cuenca Bajo Jequetepeque. Fuente: Propia .</b>	<b>43</b>

<b>Figura N° 27: Visualización de puntos de flujo acumulativo de la sub cuenca Bajo Jequetepeque. Fuente: Propia</b> .....	44
<b>Figura N° 28: Identificación del curso de agua. Fuente: Propia</b> .....	44
<b>Figura N° 29: Identificación de ramales del rio de la cuenca bajo. Jequetepeque. Fuente: Propia</b> .....	45
<b>Figura N° 30: Delimitación de la Sub Cuenca del Bajo Jequetepeque. Fuente: Propia</b> ..	45
<b>Figura N° 31: Representación bidimensional de la sub cuenca delimitada. Fuente: Propia</b> .....	46
<b>Figura N° 32: Reclasificación de la delimitación de la cuenca. Fuente: Propia</b> ....	46
<b>Figura N° 33: Representación de flujo de rio. Fuente: Iber</b> .....	46
<b>Figura N° 34: Captura ArcMap. Fuente: Propia</b> .....	47
<b>Figura N° 35: Captura Iber (Malla para modelamiento). Fuente: Propia</b> .....	47
<b>Figura N° 36: Iber Analisis 2D. Fuente: Propia</b> .....	48
<b>Figura N° 37: Hidrograma. Fuente: Propia</b> .....	48
<b>Figura N° 38: Tabla de caudales. Fuente: Propia</b> .....	49
<b>Figura N° 39: Señalización de Entradas de Caudal. Fuente: Propia</b> .....	49
<b>Figura N° 40: Señalización de Salida de Caudal. Fuente: Propia</b> .....	49
<b>Figura N° 41: Tipo de Suelos de la cuenca. Fuente: Propia</b> .....	50
<b>Figura N° 42: Tabla de Cálculo de Resultados: Propia</b> .....	50
<b>Figura N° 43: Cálculo de Cuenca Jequetepeque. Fuente: Propia</b> .....	51
<b>Figura N° 44: Topografía del Terreno. Fuente: Propia</b> .....	52
<b>Figura N° 45: Caudal Especifico de la Cuenca. Fuente: Propia</b> .....	52
<b>Figura N° 46: Topografía general de la cuenca. Fuente: Propia</b> .....	76
<b>Figura N° 47: Suelos de la Cuenca. Fuente: Propia</b> .....	77
<b>Figura N° 48: Profundidad de Cuenca. Fuente: Propia</b> .....	78
<b>Figura N° 49: Caudal Especifico. Fuente: Propia</b> .....	78
<b>Figura N° 50: Velocidad de Cuenca. Fuente: Propia</b> .....	79
<b>Figura N° 51: Elevación del Agua. Fuente: Propia</b> .....	79

<b>Figura N° 52: Profundidad de Cuenca. Fuente: Propia</b> .....	80
<b>Figura N° 53: Profundidad de Cuenca. Fuente: Propia</b> .....	80
<b>Figura N° 54: Caudal Especifico. Fuente: Propia</b> .....	81
<b>Figura N° 55: Elevación de la Cuenca. Fuente: Propia</b> .....	81
<b>Figura N° 56: Elevación del Agua. Fuente: Propia</b> .....	82
<b>Figura N° 57: Tipo de Suelo de la Cuenca. Fuente: Propia</b> .....	82
<b>Figura N° 58: Profundidad de la Cuenca. Fuente: Propia</b> .....	83
<b>Figura N° 59: Caudal Especifico. Fuente: Propia</b> .....	83
<b>Figura N° 60: Velocidad. Fuente: Propia</b> .....	84
<b>Figura N° 61: Elevación del Agua. Fuente: Propia</b> .....	84
<b>Figura N° 62: Profundidad de Cuenca. Fuente: Propia</b> .....	85
<b>Figura N° 63: Profundidad de la Cuenca. Fuente: Propia</b> .....	85
<b>Figura N° 64: Caudal Especifico. Fuente: Propia</b> .....	86
<b>Figura N° 65: Velocidad. Fuente: Propia</b> .....	86
<b>Figura N° 66: Elevación del Agua. Fuente: Propia</b> .....	87
<b>Figura N° 63: Profundidad de la cuenca. Fuente: Propia</b> .....	88
<b>Figura N° 64: Caudal Especifico. Fuente: Propia</b> .....	88
<b>Figura N° 65: Velocidad. Fuente: Propia</b> .....	89
<b>Figura N° 66: Elevación del Agua. Fuente: Propia</b> .....	89
<b>Figura N° 67: Profundidad de la cuenca. Fuente: Propia</b> .....	90
<b>Figura N° 68: Velocidad. Fuente: Propia</b> .....	91
<b>Figura N° 69: Caudal Especifico. Fuente: Propia</b> .....	91
<b>Figura N° 70: Elevación del Agua. Fuente: Propia</b> .....	92
<b>Figura N° 71: Profundidad de la cuenca. Fuente: Propia</b> .....	93
<b>Figura N° 72: Caudal Especifico. Fuente: Propia</b> .....	93
<b>Figura N° 73: Velocidad. Fuente: Propia</b> .....	94
<b>Figura N° 74: Elevación del Agua. Fuente: Propia</b> .....	94

<b>Figura N° 75: Profundidad de la cuenca. Fuente: Propia</b> .....	95
<b>Figura N° 76: Velocidad. Fuente: Propia</b> .....	96
<b>Figura N° 77: Elevación del Agua. Fuente: Propia</b> .....	97
<b>Figura N° 78: Profundidad de la cuenca. Fuente: Propia</b> .....	98
<b>Figura N° 79: Caudal Especifico. Fuente: Propia</b> .....	99
<b>Figura N° 80: Velocidad. Fuente: Propia</b> .....	99
<b>Figura N° 81: Elevación del agua. Fuente: Propia</b> .....	99
<b>Figura N° 82: Profundidad de la cuenca. Fuente: Propia</b> .....	101
<b>Figura N° 83: Caudal Especifico. Fuente: Propia</b> .....	101
<b>Figura N° 84: Velocidad. Fuente: Propia</b> .....	101
<b>Figura N° 85: Elevación del Agua. Fuente: Propia</b> .....	102
<b>Figura N° 86: Profundidad de la cuenca. Fuente: Propia</b> .....	103
<b>Figura N° 87: Caudal Especifico. Fuente: Propia</b> .....	103
<b>Figura N° 88: Velocidad. Fuente: Propia</b> .....	104
<b>Figura N° 89: Elevación del Agua. Fuente: Propia</b> .....	104
<b>Figura N° 90: Profundidad de la cuenca. Fuente: Propia</b> .....	105
<b>Figura N° 91: Caudal Especifico. Fuente: Propia</b> .....	106
<b>Figura N° 92: Velocidad. Fuente: Propia</b> .....	106
<b>Figura N° 93: Elevación del Agua. Fuente: Propia</b> .....	106
<b>Figura N° 94: Profundidad de cuenca. Fuente: Propia</b> .....	107
<b>Figura N° 95: Caudal Especifico. Fuente: Propia</b> .....	108
<b>Figura N° 96: Velocidad. Fuente: Propia</b> .....	108
<b>Figura N° 97: Elevación del Agua. Fuente: Propia</b> .....	109
<b>Figura N° 98: Profundidad de la cuenca. Fuente: Propia</b> .....	110
<b>Figura N° 99: Caudal Especifico. Fuente: Propia</b> .....	110
<b>Figura N° 100: Velocidad. Fuente: Propia</b> .....	111
<b>Figura N° 101: Elevación del Agua. Fuente: Propia</b> .....	111

<b>Figura N° 102: Profundidad de la cuenca. Fuente: Propia</b> .....	112
<b>Figura N° 103: Caudal Especifico. Fuente: Propia</b> .....	113
<b>Figura N° 104: Velocidad Fuente: Propia</b> .....	113
<b>Figura N° 105: Elevación del Agua. Fuente: Propia</b> .....	114
<b>Figura N° 106: Profundidad de la cuenca. Fuente: Propia</b> .....	115
<b>Figura N° 107: Caudal Especifico. Fuente: Propia</b> .....	115
<b>Figura N° 108: Velocidad. Fuente: Propia</b> .....	116
<b>Figura N° 109: Elevación del Agua. Fuente: Propia</b> .....	116

## Panel fotográfico

<b>Fotografía N° 1: Zona bajo Jequetepeque .....</b>	<b>145</b>
<b>Fotografía N° 2: Zona bajo Jequetepeque .....</b>	<b>145</b>
<b>Fotografía N° 3: Zona arqueológica Pakatnamu .....</b>	<b>145</b>
<b>Fotografía N° 4: Zona de cultivos bajo Jequetepeque .....</b>	<b>146</b>
<b>Fotografía N° 5: Zona de cultivos bajo Jequetepeque .....</b>	<b>146</b>
<b>Fotografía N° 6: Zona de cultivos bajo Jequetepeque .....</b>	<b>147</b>
<b>Fotografía N° 7: Zona de desembocadura hacia el mar del rio Jequetepeque .....</b>	<b>147</b>
<b>Fotografía N° 8: Desembocadura del rio Jequetepeque.....</b>	<b>147</b>
<b>Fotografía N° 9: Desembocadura del rio Jequetepeque.....</b>	<b>147</b>

## Resumen

La presente investigación sobre “ANÁLISIS DEL IMPACTO EN LA ESCORRENTÍA SEGÚN EL TIPO DE SUELO UTILIZANDO TELEDETECCIÓN DE LA SUB CUENCA DEL BAJO JEQUETEPEQUE” se planteó con el objetivo de analizar cuál es el impacto que tiene la escorrentía de la sub cuenca del bajo Jequetepeque, el cual dependerá del uso de suelo, el mismo que es captado a través de la técnica de teledetección estableciendo de manera general un análisis de sensibilidad, elaborando diversos modelos hidrológicos los cuales, a partir de cartografía digitales, estos servirán para dar a conocer si se producen variaciones en los entornos de los cauces aplicando el programa ArcGis, y de ser el caso, se establecerá escenarios para futuros cambios de usos de suelos en las zonas pertinentes simulando variaciones de escorrentías. Con ello se busca de una manera sofisticada y asertiva cuantificar el recurso hídrico superficial que le corresponda a la Sub cuenca del Bajo Jequetepeque.

**Palabras claves:** Teledetección, Modelo hidrológico, uso de suelos, recursos hídricos.

### **Abstract**

The present research on "ANALYSIS OF THE IMPACT ON RUNOFF ACCORDING TO SOIL TYPE USING REMOTE SENSING OF THE LOWER JEQUETEPEQUE SUB BASIN" was proposed with the objective of analyzing the impact of runoff from the lower Jequetepeque sub-basin, the which will depend on the use of the land, the same that is captured through the remote sensing technique, generally establishing a sensitivity analysis, elaborating various hydrological models which, based on digital cartography, will serve to make known if variations in the riverbed environments by applying the ArcGis program, and if applicable, scenarios will be established for future changes in land use in the relevant areas, simulating runoff variations. With this, it is sought in a sophisticated and assertive way to quantify the surface water resource that corresponds to the Lower Jequetepeque Sub-basin.

**Keywords:** Remote sensing, hydrological model, land use, water resources.

## Introducción

En este trabajo, el cual es producto de la preocupación por el bajo interés que existe por parte de los estudiantes universitarios de hoy en día en la investigación, por lo cual me siento orgulloso de formar parte de un proyecto de carácter investigativo innovador en el campo de la ingeniería, cabe recalcar que con el paso de los años los usos de los nuevos softwares hacen posible incrementar las maneras de resolver los problemas relacionados con la ingeniería civil

En lo que respecta a la geografía en el Norte del litoral peruano la cuenca Jequetepeque es la encargada de proveer agua con los fines de agricultura, así como los de pastoreo, necesidades domésticas, la producción y la minería cercana a la zona, además cumple un papel fundamental en la generación de energía hidroeléctrica. [1]

Es en este caso que el reservorio Gallito ciego almacena el agua de las zonas alto andinas para lograr de esta forma abastecer la vasta zona agrícola que se presenta alrededor de la misma, así mismo a los numerosos centros poblados de la costa. Eventos de carácter externo como las precipitaciones, sobre todo en los años en los que se presenta el fenómeno del niño, producen una significativa erosión y sedimentación en los embalses, aparte de lo anterior mencionado cabe recalcar que la deforestación de la cuenca superior para la minería y la agricultura han aportado a dichos aumentos. [2]

Cabe recalcar que en los últimos años nuestro país ha disminuido su cantidad de bosques en un número significativo, 20 mil hectáreas solo en el 2020, la cual es la tasa más alta en los últimos 20 años

**Grafica N° 1: Pérdida de hectáreas de bosque a nivel nacional, 2001 – 2020**



**Fuente: Geobosques / MINAM**

La meta que se plantea el MRSH (Mecanismo por retribución de servicios hídricos) es llegar a garantizar la gestión de los recursos naturales y la mejora por parte de los agricultores en sus terrenos ubicados en la cuenca Jequetepeque a través de un incentivo económico, de esta manera los campos usados en la siembra de diversos productos contribuyen con la regularización de lo que viene siendo flujo de agua y reducción significativa de la sedimentación. [3]

**Tabla N° 1 – Parámetros generales de la cuenca del Jequetepeque**

<b>Ubicación</b>	Cuenca del Jequetepeque, Departamentos de Cajamarca y La Libertad, Perú
<b>Tipo de proyecto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Servicios hídricos</u>: regulación del flujo del agua y reducción de la sedimentación;</li> <li>• <u>Beneficios sociales</u>: Mejoramiento de los medios de subsistencia de la población rural de bajos recursos económicos.</li> </ul>
<b>Tamaño de la cuenca y área del proyecto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Cuenca del Jequetepeque</u>: 437.250 ha (4372,5 km<sup>2</sup>)</li> <li>• <u>Área del proyecto piloto</u>: 2.047 ha (La Succha, Ayambra y las subcuencas de Ahijadero)</li> </ul>
<b>Socios institucionales clave</b>	World Wildlife Fund (WWF), CARE, Gobierno Regional de Cajamarca (GORE Cajamarca) y el Proyecto Especial del Gobierno para Jequetepeque y Zaña (PEJEZA).
<b>Usuarios del agua</b>	389.859 habitantes, SN Power (planta hidroeléctrica Gallito Ciego), y los 15.072 miembros usuarios del agua de la Jurisdicción del Servicio de Riego Regulado Jequetepeque (JUSDORR).
<b>Proveedores de servicios hídricos</b>	1.338 personas (317 familias) viviendo junto a las tres subcuencas
<b>Estado del proyecto</b>	Fase I. Diseño del proyecto y preparación (2006-2007); Fase II. Trabajo en el área piloto de las tres subcuencas (2008-2012); estas dos fases se han completado.
<b>Financiación del proyecto y mecanismo de pago</b>	Donantes: La cooperación internacional de DANIDA (Dinamarca), DGIS (Países Bajos), GIZ (Alemania) y el Challenge Program for Water and Food; adicionalmente SN Power, JUSDORR, el Gobierno Regional de Cajamarca y PEJEZA contribuyeron los recursos para la implementación en el área piloto.
<b>Nivel de inversión</b>	Más de US\$1.700.000 de donantes, agencias gubernamentales y otros usuarios del agua.
<b>Escalabilidad</b>	Ocho subcuencas fueron seleccionadas para ampliar el proyecto y potencialmente otras más se añadirán en el futuro, por lo que es un modelo de retribución multilateral aplicable a otras cuencas.

**Fuente: Forest Trend (2013)**

Con lo que respecta al coeficiente de escorrentía (C) la cual es aplicada con el método racional en un área de determinada, se estima el tipo y el uso del suelo existente, la que viene acompañada de una bibliografía abundante respaldada internacionalmente

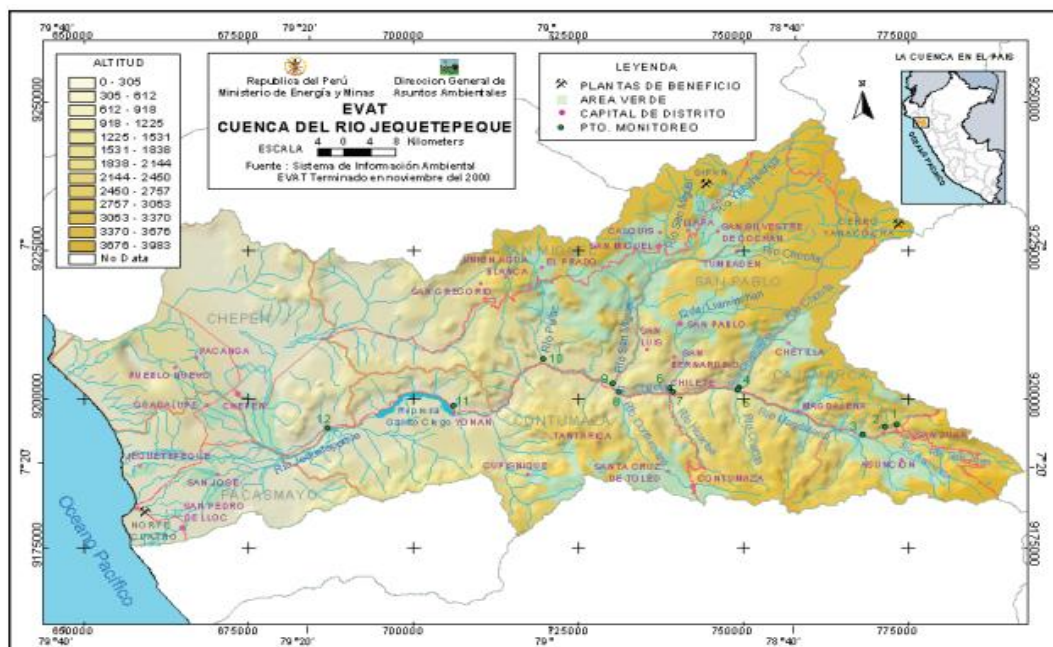
De forma convencional la clasificación de los usos de suelos se realiza a través de la obtención de imágenes satelitales para su futura interpretación y lograr hacer una comparativa del mismo con visitas in situ. [4]

En el presente trabajo se centra en la aplicación de la obtención de imágenes satelitales obtenidas de los satélites LANDSAT 7 y en su defecto LANDSAT 8 los cuales nos permitirán enlazar valores de C obtenidos mediante la técnica de la Teledetección.

Para lograr la regulación del flujo de agua que atraviesa el valle del Jequetepeque se realizó el inicio de operaciones de la represa Gallito Ciego en el año 1988 la cual se encuentra ubicada a los 400 msnm y es la que separa las partes de la cuenca, alta y media, de la cuenca en su parte inferior, esta represa es la encargada de suministrar agua para el riego agrícola a lo largo del valle.

En este embalse se depositaron grandes volúmenes de sedimentos en especial durante las avenidas de los fenómenos del niño de 1988-1989 y de 1997-1998, lo cual agravo la acumulación anual de los sedimentos. [5] Sin embargo, mediciones realizadas durante los últimos años por el Gobierno Regional del Departamento de La Libertad indicaron mejoras en el volumen y capacidad de almacenamiento de agua en el reservorio.

**Imagen N° 1– Representación de la cuenca del rio Jequetepeque**



**Fuente:** Ministerio de Energía y Minas(MINEM) (2000).

Hablando netamente de lo que es la teledetección, es una de las técnicas aplicadas para la adquisición de datos del entorno de la superficie terrestre a través de los sensores instalados en cada una de las plataformas espaciales

La interacción electromagnética entre los terrenos mapeados y el sensor del satélite genera un gran número de datos los cuales luego serán procesados para obtener una forma interpretable de la superficie terrestre.

La ventaja de utilizar teledetección en la actualidad radica en que los satélites proporcionan información actualizada de distintos cuadrantes, además basados en la actualidad de los presentes problemas sanitarios y de pandemia que se están suscitando, el mapeo satelital es una de las formas más viables de conseguir la información requerida sin la necesidad de estar exponiendo la salud e integridad del investigador.

Con respecto a las imágenes de los satélites o imágenes Sentinel, están comprendidos en el programa Copérnicus, el cual abarca el territorio extranjero y a la vez el nacional, están son de acceso gratuito.

### **Imagen N° 2 - Visión general de logo de Copernicus**



**Fuente:** Copernicus.eu/es

Los satélites que proporcionan estas imágenes son: [6]

- Sentinel 1: Imágenes de radar terrestres y oceánicas.
- Sentinel 2: Imágenes ópticas terrestres disponibles como productos nivel 1C (corregidos radiométrica y geoméricamente) y nivel 2A (corregido atmosféricamente).
- Sentinel 3: Servicios globales de vigilancia terrestre y oceánica.
- Sentinel 4: Datos para la vigilancia de la composición atmosférica.
- Sentinel 5: Datos para la vigilancia de la composición atmosférica.
- Sentinel 6: Datos altimétricos de alta precisión.

## Marco teórico

### Antecedentes

El autor Michel A Mulders nos indica que se ha practicado la teledetección desde 1972 específicamente iniciando con una resolución moderada en el sistema espacial, Landsat MSS. Se produjeron muchas imágenes satelitales las cuales ofrecían una visión de contrastes en los diversos paisajes. Se hicieron progresos en el área de enfoques multifactoriales para predecir la ocurrencia espacial de movimientos superficiales terrestres, en el análisis de mezcla espectral de componentes múltiples para identificar tipos de cobertura de la tierra, y en la definición de series temporales de imágenes y el uso de estas para identificar componentes y monitorear la cobertura de la tierra, incluyendo nieve. [7]

El instituto Geográfica Nacional nos habla acerca del primer satélite que fue lanzado de la tierra, un satélite de observación, en el año 1972, es desde este momento en el cual se inicia la técnica de la teledetección, la cual era muy poco utilizada en los años anteriores puesto que su coste era elevado ya que se requería del uso de imágenes satelitales. Este mismo instituto recalca que gracias a la disponibilidad de satélites e imágenes obtenidas de los mismo, así como el desarrollo de nuevas tecnologías, es cada vez más frecuente que diversas empresas y organizaciones públicas incorporen un uso sistemático de teledetección en la gran mayoría de sus proyectos, ya que las aplicaciones que se pueden obtener llegan a ser muy ventajosas. Entre muchos recursos naturales, los recursos hídricos son uno de los recursos estratégicos y económicos clave para garantizar un crecimiento económico y social sostenible. [8]

Según la DWSA, la protección del área de la fuente de agua potable como un área importante de almacenamiento de agua está estrechamente relacionada con la estabilidad de la civilización y el bienestar de las personas. [9]

Según Cheng, en general, la contaminación de fuentes difusas (NPS) se produce por escorrentía del suelo, erosión, deposición de aire, inundaciones, intrusión o alteración hidrológica (lluvia y nieve derretida), donde es difícil rastrear la contaminación hasta una fuente en particular. Esta contaminación por NPS amenaza la seguridad del agua y

el medio ambiente, ya que es uno de los principales tipos de contaminación para DWSA. [10]

El instituto geográfico Nacional, durante el año 2004 es cuando da inicio el proyecto denominado Plan Nacional de Teledetección (PNT) el cual aborda la obtención de imágenes satelitales en todo el territorio español, además de fomentar el uso masivo del mismo. [6]

Según el Proyecto regional de cuencas andinas en la parte más alta de la cuenca la cual está a más de 3.500 msnm, alrededor de 36 mil hectáreas de bosques montanos naturales se mantienen, por lo general sobre las laderas más empinadas, adyacentes a plantaciones de pino y eucalipto, por otra parte, bajo los 3.500 msnm, la vegetación natural es escasa debido a su sobreexplotación para uso doméstico, recolección de leña. [11]

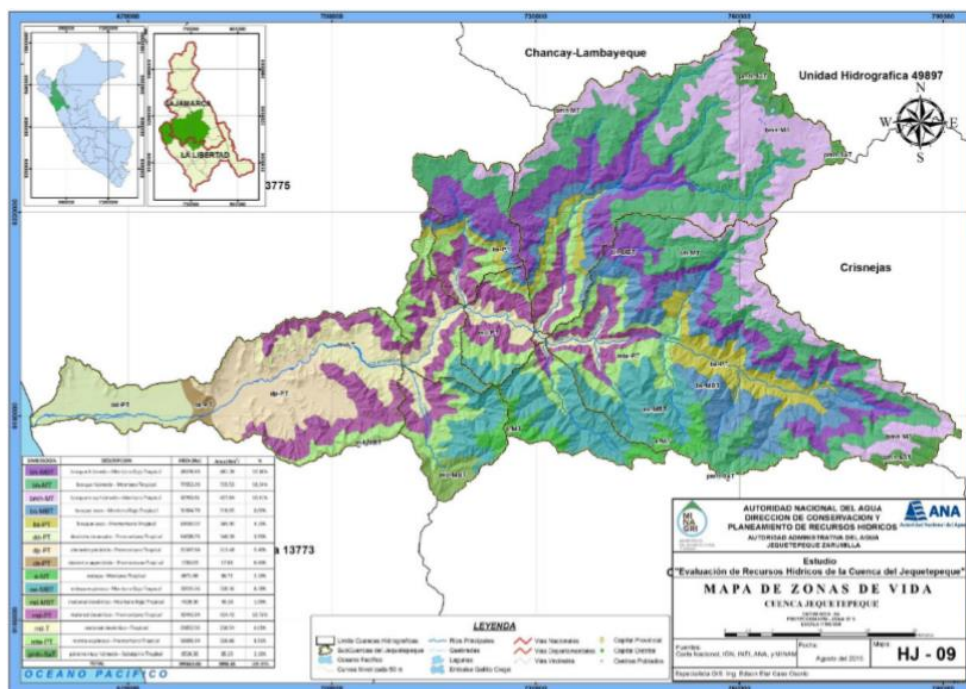
Según la Autora Jenny en 1941 la geomorfología, la ciencia del suelo y la teledetección son campos de investigación estrechamente relacionados. La ecuación "clorpt" plantada por Jenny proporciona una forma útil de ilustrar los vínculos fundamentales entre los tres campos. Si la ciencia del suelo se ve como un análisis de la respuesta del suelo al clima, organismos, relieve, material parental y tiempo, la geomorfología puede verse como un análisis de la respuesta del relieve al clima, organismos, relieve, material parental y tiempo. [12]

## **Bases teóricas**

### *Uso de suelos*

En cuanto a este campo, se refiere a la ocupación determinada sobre la superficie, la cual está basada en su capacidad portante, su potencial de desarrollo a futuro y está clasificada en urbana y rural, ambas ejercidas con su respectiva planificación. [13]

### Imagen N° 3 – Tipo de suelos



Fuente: Autoridad Nacional del Agua (ANA)

### La planificación urbana

Constituye un instrumento por el cual se define el tipo de uso que tendrá el suelo, el estado es el encargado de definirlo, cabe recalcar que es dentro de la ciudad, asimismo determina los lineamientos para su utilización normando su aprovechamiento.

Su asignación se da a partir de sus características físicas y funcionales que tienen en la estructura urbana, y tiene el objetivo de ocupar el espacio de manera ordenada y de acuerdo a su capacidad física. [13]

### Píxeles

Según “Oxford Languages” es la unidad de imagen digitalizada de manera básica en una pantalla, puede ser en escala monocromática o color, uno de los ejemplos de su medición es que, en una pantalla de media pulgada, medida diagonalmente, alcanza una resolución de 390 píxeles por cuadro ya establecido. [14]

### ***Cuenca***

Una cuenca es un accidente de carácter geográfico la cual es tomada como una depresión en la superficie terrestre, es una extensión de terreno más ancha y menos profunda dentro de un valle, el almacenamiento de aguas de las mismas es vertida en los ríos aledaños a esta. [15]

#### ***Cuenca Alta***

Es la zona donde se ubica el nacimiento del río principal en zonas de laderas y montaña. [15]

#### ***Cuenca Media***

Es la zona que corresponde al valle de un río, donde en general, realiza un zigzagado. [15]

#### ***Cuenca Baja***

Es la zona baja donde los ríos pierden velocidad, fuerza y sedimentan todos los materiales recogidos formando llanuras. [15]

### **Imagen N° 4 – Partes de una cuenca**

**Fuente:** Eoeart,

### ***Escorrentía***

Se le denomina escorrentía a toda agua superficial proveniente de lluvia, la cual se desliza o desplaza por todo el trayecto de una superficie determinada.

También se le hace referencia a esta como una corriente la cual es formada en el momento en el que el cauce de un río, sea artificial o natural, no alcanza a contener el agua de las mismas. [14]

### ***Coefficiente de escorrentía***

Es el que su simbología es una (C), este mismo representa la fracción del agua total de la lluvia que ha sido precipitada la cual genera una escorrentía superficial real, el suelo ha quedado completamente saturado.

Su valor depende de las características concretas del terreno que determinan la infiltración del agua en el suelo. [16]

### ***Teledetección***

La teledetección es una completa y moderna forma de medición, nos permite la observación a distancia de distintas zonas de superficie terrestre, esta se realiza mediante objetos que permiten el escaneo, captura o grabación a tiempo real como pueden ser satélites o radares.

La teledetección está especialmente recomendada cuando el objeto que queremos observar está demasiado lejos como para hacer una medición directa (como en la astronomía), cuando se pretende no alterar el objeto de estudio (como sucede en la arqueología o con las obras de arte), y cuando se ha de hacer una observación a distancia a propósito (como para detectar las condiciones meteorológicas de los próximos días). [17]

### ***Sensibilidad***

El estudio de sensibilidad en cuanto al uso de los programas Iber y ArcGis, esta de manera relacionada con el planteamiento de futuros casos en los cuales se pueda modelar un planteamiento hidrológico cercano a la realidad en épocas venideras

### ***Meteosat***

Es uno de los satélites meteorológicos que se encuentra de manera geoestacionaria el cual es propiedad de EUMETSAT [18]

### ***Fotografía aérea***

La fotografía es uno de los sistemas de percepción remota que utiliza la reflexión de la luz solar, obtenidas desde un avión o un satélite, estas mismas presentan variaciones en cuanto a sus características, textura, forma y patrones que corresponden a diferencias en rasgos y estructuras en la superficie.

#### **Imagen N° 5: Zonas de una Cuenca**

De estos elementos, las variaciones de tono que se observan en las fotografías aéreas convencionales son las mismas que se ven con los ojos.

La fotografía está limitada a longitudes de ondas ópticas compuestas de las porciones ultravioleta (UV), visible e infrarrojo cercano del espectro electromagnético. La primera y la última de estas porciones son recuperables bajo condiciones especiales de películas y filtros. [19]

### ***Modelo Digital de Terreno***

También es denominado Modelo digital de elevaciones (MDE) el cual se basa en una estructura digital de datos los cuales representan la distribución espacial de elevación de la superficie de cada uno de los terrenos a evaluarse.

La unidad básica de información de un MDT es un valor de elevación Z, al que acompañan los valores correspondientes de X e Y, que expresados en un sistema de proyección geográfica permiten una precisa referenciación espacial. [20]

### ***Índice de lluvias***

No es más que la cantidad de masa acuosa presentada sobre una superficie vertical, productos de varios factores

### ***Defensa riveraña***

Son estructuras que serán utilizadas para prever, regualrizar y controlar las inundaciones que pueden generar en los ríos que presenten gran caudal sobre todo en épocas de avenidas [21]

### *Numero de Curva*

La utilización del número de curva como parámetro para estimar la infiltración en el suelo a partir de la precipitación es común en España. Sin embargo, uno de los desafíos es la falta de actualización de la información necesaria para su cálculo. [22]

## **Objetivos de la investigación**

### *Objetivos Generales*

Analiza el impacto en la escorrentia según el tipo de suelo utilizando teledeteccion de la sub Cuenca del bajo Jequetepeque.

### **Objetivos específicos**

- Elaborar el modelo hidrológico de la cuenca a partir de la cartografía digital y los datos hidrometeorológicos.
- Establecer un análisis de sensibilidad mediante la aplicación de variaciones en los coeficientes de escorrentía dependiendo de los usos de suelo.
- Evaluar el impacto que produce las las variaciones de escorrentia en en el entorno del cause.
- Simular variaciones de escorrentia a partir de posibles escenarios futuros en los usos de suelos.
- Cuantificar el recurso hidrico superficial

## **Metodología**

### **Tipo y nivel de Investigación**

Según el propósito de esta investigación, es considerada de tipo investigativa, puesto que los conceptos dados, los diversos procedimientos y metodologías aplicadas para la recolección de distintas fuentes informativas, fueron implementadas para la obtención de datos provenientes de los satélites, mediante el empleo de teledetección, orientando en si su desarrollo a la aplicación de la técnica de la teledetección como un método eficaz y viable para la toma de datos y su aplicación en los diversos proyectos a los cuales puede estar asociado

De acuerdo al nivel de profundización que esta tesis presenta, el estudio es considerado como descriptivo. Cada uno de los puntos tratados a continuación, describen paso a pasos, los cálculos y criterios facilitados por la técnica de la Teledetección. De ser necesario se evaluará previamente el terreno in situ tan solo con el fin de corroborar la información lanzada por los satélites

### **Diseño de investigación**

La investigación sigue las condiciones del diseño cualitativo, dado que se busca conocer los procesos de obtención del uso de teledetección y posteriormente hacer uso de datos del sistema satelital para futuras ejecuciones in situ. (hecho de implementare teledetección)

### **Población, muestra y muestreo**

#### ***Población***

Jequetepeque se encuentra en la zona occidental del territorio andino en el norte del Perú, la cual recorre de este a oeste una distancia aproximada de 150km desde su origen, lago pequeño ubicado a 4.188msnm, en el departamento de Cajamarca



### *Criterio de selección*

Debido a que en el Perú las técnicas de Teledetección son recientes y muy poco usadas, metodología nueva para ser aplicada, sus aplicaciones en el campo de la ingeniería son bastas y nos da una aproximación muy cercana a la realidad

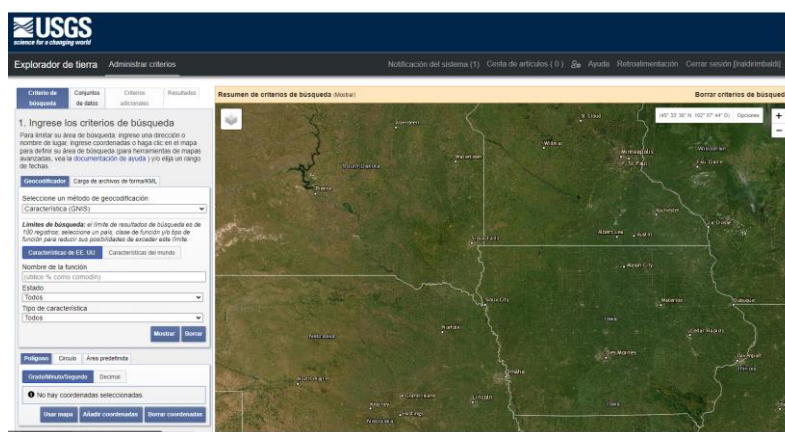
### **Técnica e instrumentos de recolección de datos**

La técnica empleada para el presente trabajo de investigación es la obtención de información a través del uso de la técnica de teledetección de la sub cuenca del bajo Jequetepeque, es decir, los datos son obtenidos a través de cartografías digitales, usando datos proporcionados por satélites, Landsat 7 y Landsat 8 específicamente, su respectivo análisis será tomado a partir del procesamiento de los mismos en el programa ArcMap el cuanto este software se nos hara de mucha utilidad en el momento de obtención verídica de los usos de suelos que se estén dando en la zona a estudiar.

También mediante la recolección de datos de la investigación realizada se ha logrado determinar y/o cuantificar el recurso hídrico superficial de la sub cuenca del bajo Jequetepeque durante los últimos años

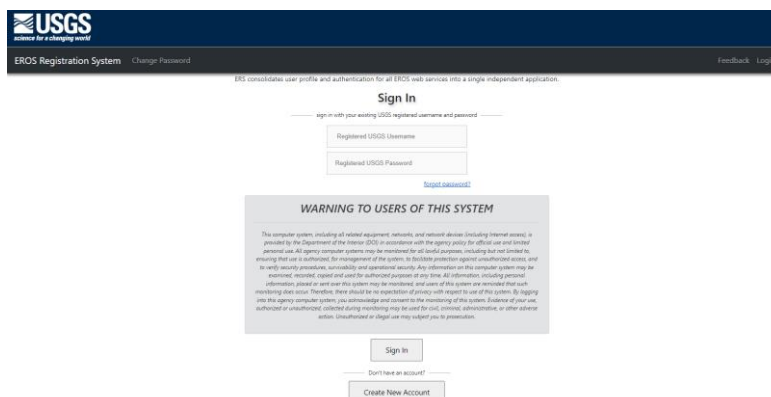
Recolección de datos para su implementación en el programa ArcMap e IBER

1. Se procede a ingresar a la página de USGS en el siguiente link, <https://earthexplorer.usgs.gov/>, el cual es el visualizador de la sociedad geológica de estados unidos de norte américa



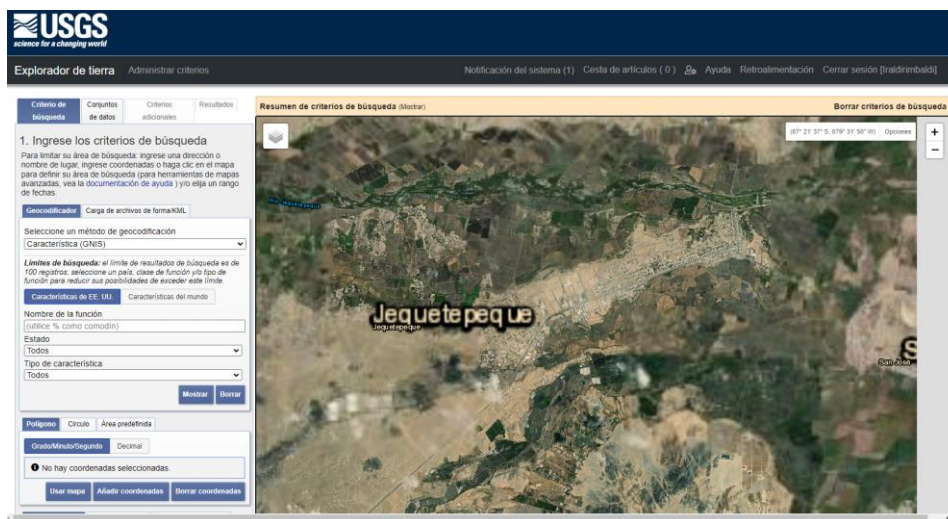
**Figura N° 1 : Vista general del sistema USGS. Fuente: USGS**

- Una vez dentro de esta plataforma deberemos de ingresar con nuestra cuenta o en su defecto crear una cuenta la cual nos permita hacer el uso adecuado de este sistema y por ende obtener los mejores resultados



**Figura N° 2 : Creación de cuenta en USGS. Fuente: USGS**

- Ahora ubicamos nuestra zona de interés, para lo cual se puede colocar coordenadas en el buscador o de una manera más sencilla ubicarla a través de la localización en el mapa. En este caso se hace búsqueda de la zona del Jequetepeque



**Figura N° 3: Ubicación de zona de Jequetepeque, sub cuenca. Fuente: USGS**

- Marcar las partes que se quiere analizar dentro del mapa, la zona de la sub cuenca del bajo Jequetepeque es la zona de nuestra incumbencia

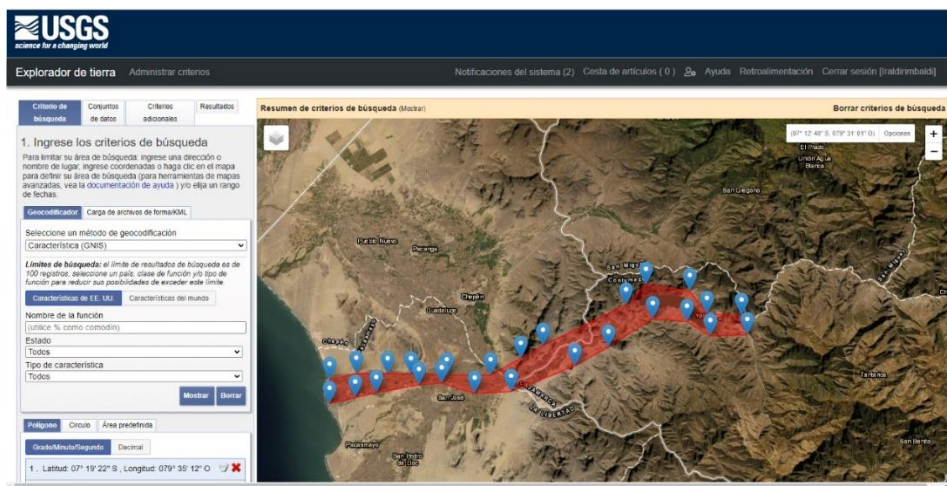


Figura N° 4: Ubicación de zona de Jequetepeque, sub cuenca. Fuente: USGS

5. Lo siguiente es ir a data set, en seguida vamos al apartado de landsat, landsat collec level 1, landsat 8 OLL/TIRS

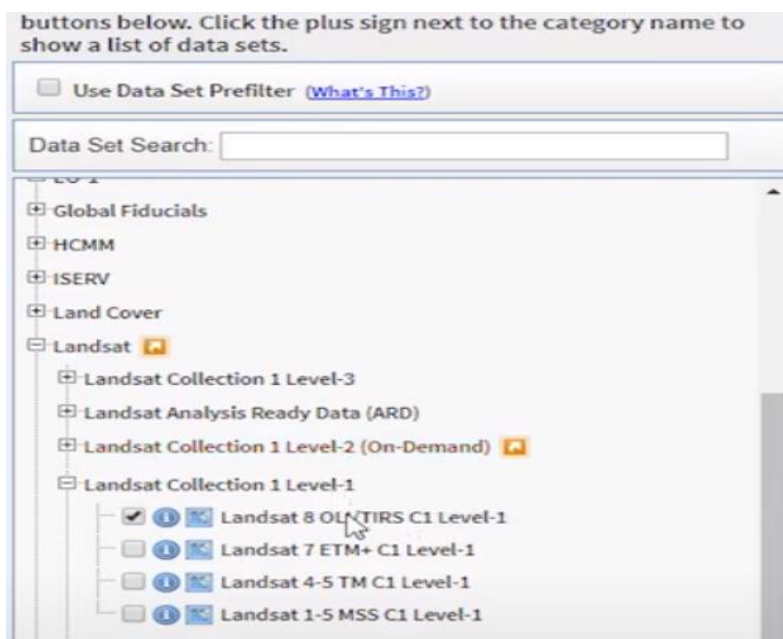
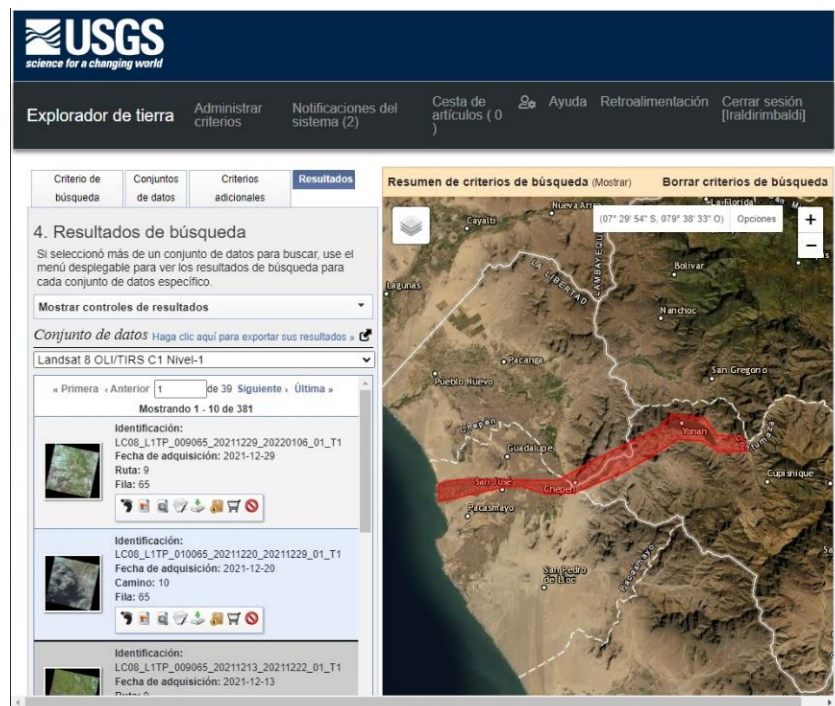


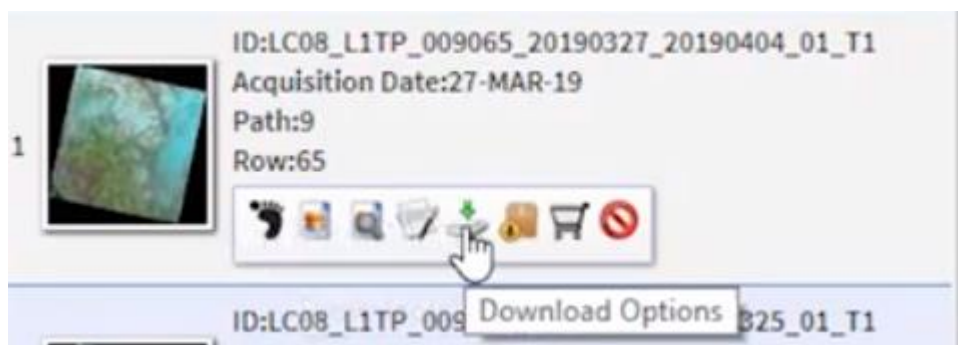
Figura N° 5: Selección de parámetros para imágenes satelitales. Fuente: USGS

6. Luego pasamos a los resultados



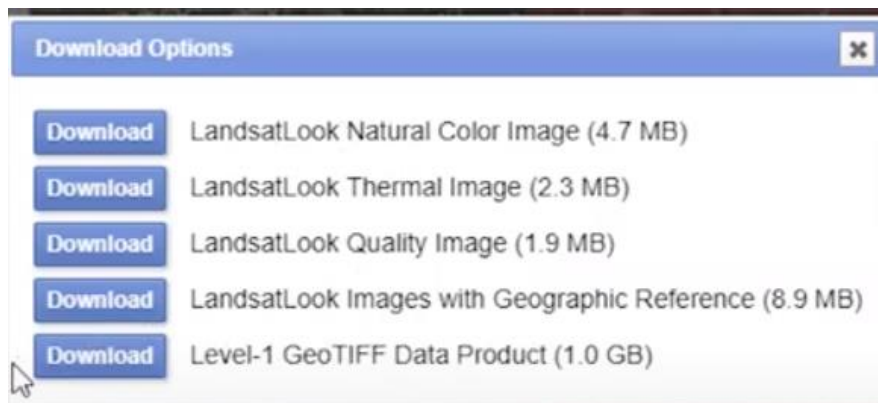
**Figura N° 6: Resultados preliminares. Fuente: USGS**

7. De cada uno de los resultados existen varias opciones para el procesamiento y tratado de cada una de las imágenes que se han logrado captar dentro de los parámetros establecidos; en este caso la que nos interesa es la de descargas



**Figura N° 7 : Opción de descarga de datos. Fuente: USGS**

8. Dentro de las opciones de descarga, existen 5 parámetros, siendo el primero y el último de nuestra incumbencia



**Figura N° 8 : Opciones de descarga de datos landsat 8. Fuente: USGS**

9. En el primero se puede hacer una descarga de la imagen de manera previa o pre visualización antes de hacer la obtención del paquete de datos en general



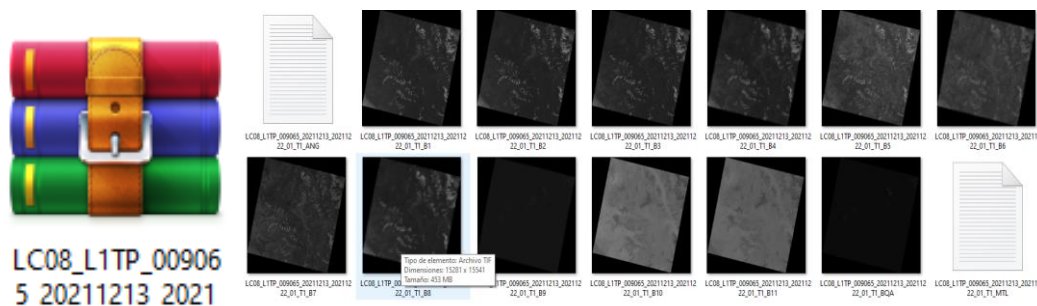
**Figura N° 9: Pre visualización de cuadrante. Fuente: USGS**

10. Cabe recalcar que este proceso debe hacerse las veces que se necesario hasta lograr ubicar una en la cual la intensidad de nubes sea la mínima, no afecte a nuestra zona o en el mejor de los casos no exista nubosidad en el momento del cual se tomó las imágenes



**Figura N° 10: Imagen teledetectable óptima para obtención de datos. Fuente: USGS**

11. En la última opción de la descarga se hace la toma del comprimido para lograr el procesamiento de los datos requeridos, una vez descargado se debe descomprimir el archivo y guardarlo en una carpeta con un nombre apropiado para su uso

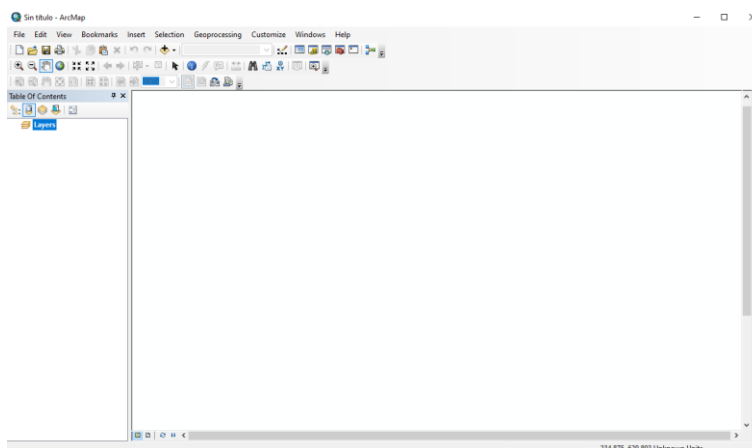


**Figura N° 11: Carpeta y contenido de datos descargados. Fuente: Propia**

12. En la lista de nuestros programas ingresamos a ArcMap

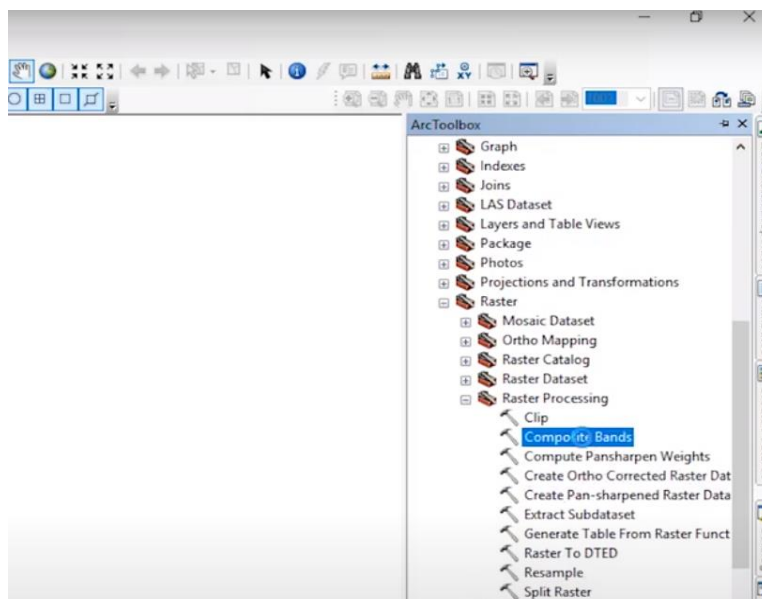


**Figura N° 12: Icono de escritorio ArcMap. Fuente: Propia**



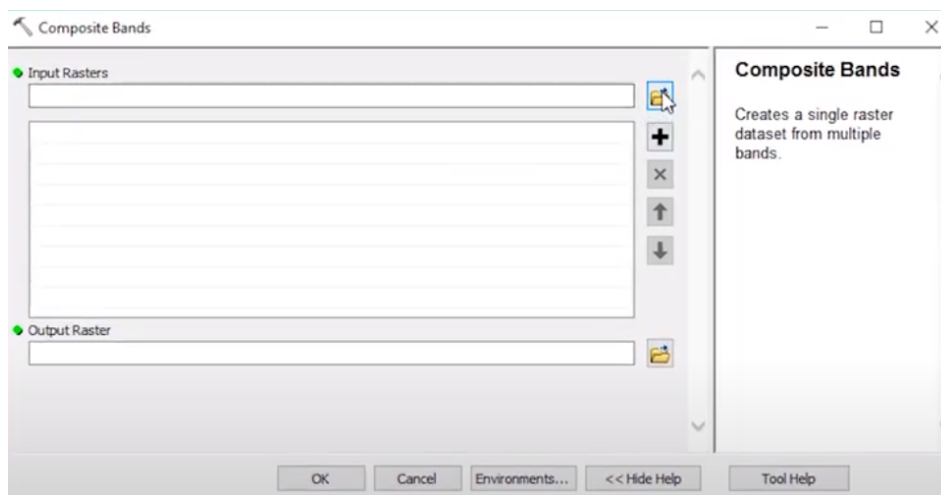
**Figura N° 13: Inicialización de programa ArcMap. Fuente: Propia**

13. Una vez dentro de ArcMap vamos a la opción de data manager tools y ubicamos la opción Raster, luego Raster processing y por último composite Bands



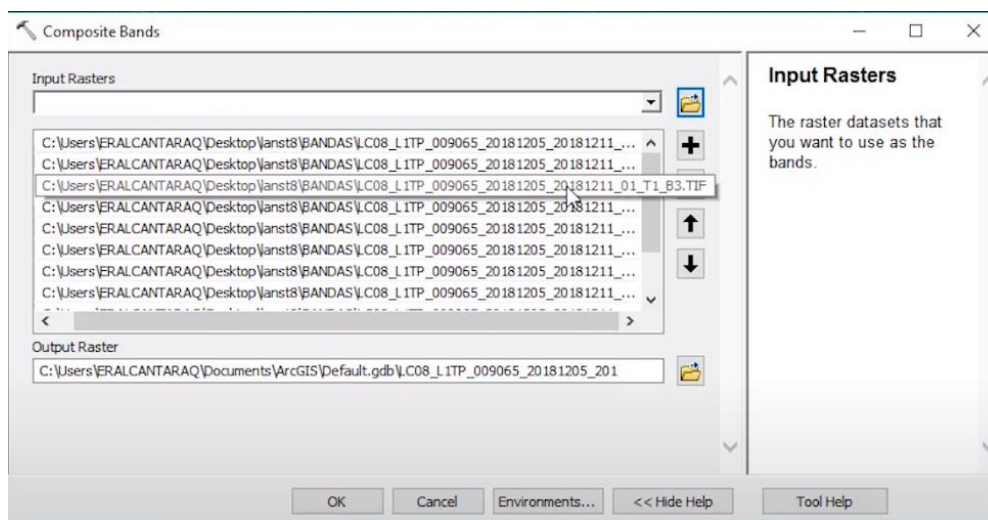
**Figura N° 14: Ruta a seguir para composición de bandas. Fuente: Propia**

14. Esto nos sirve para hacer combinaciones de las bandas de nuestra imagen tele detectada con anterioridad



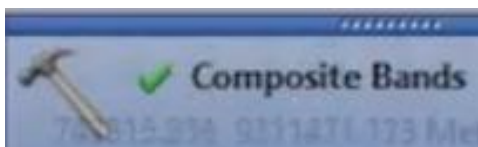
**Figura N° 15: Ruta a seguir para composición de bandas. Fuente: Propia**

15. Para la composición de bandas de manera correcta se debe revisar que todas las que fueron cargadas estén en orden ascendente de manera correcta



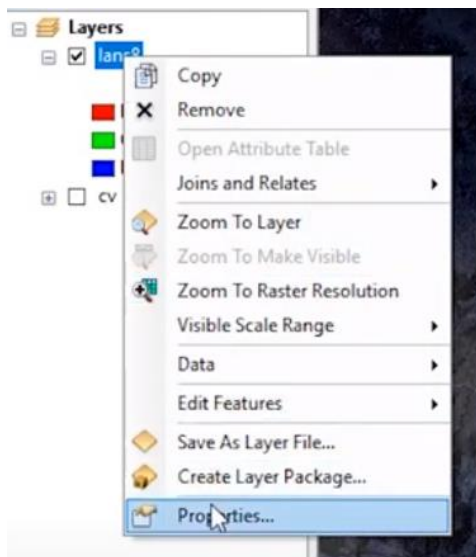
**Figura N° 16: Ruta a seguir para composición de bandas. Fuente: Propia**

16. Luego debemos guardarla y esperar a que termine de procesar



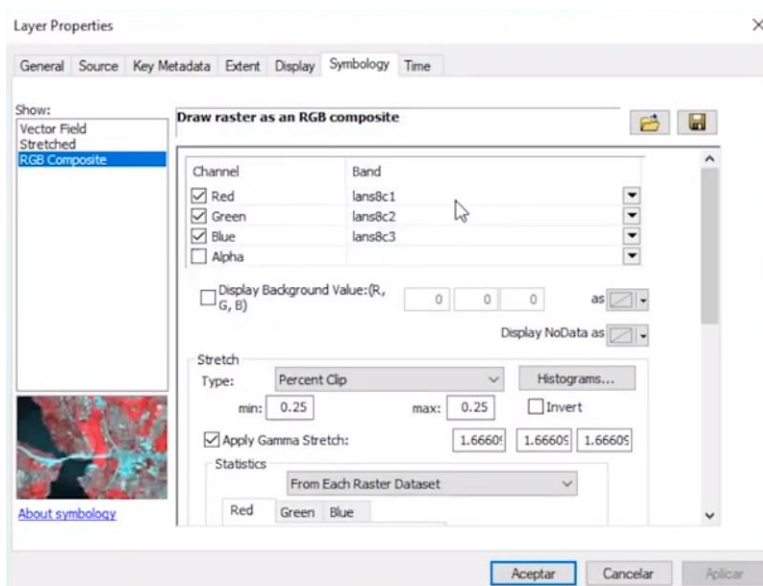
**Figura N° 17: Proceso de procesamiento exitoso. Fuente: Propia**

17. Luego en la capa seleccionamos propiedades



**Figura N° 18: Propiedades de la capa de teledetección. Fuente: Propia**

18. Una vez dentro se puede colocar la combinación de las bandas que se desea obtener, siendo a continuación mostrada la lista de las posibles combinaciones de bandas



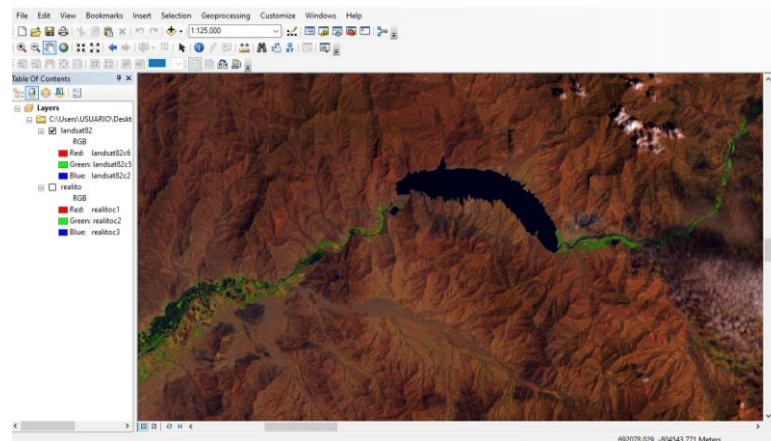
**Figura N° 19: Propiedades de capas para procesamiento de bandas.**

**Fuente: Propia**

Natural Color	4 3 2
False Color (urban)	7 6 4
Color Infrared (vegetation)	5 4 3
Agriculture	6 5 2
Atmospheric Penetration	7 6 5
Healthy Vegetation	5 6 2
Land/Water	5 6 4
Natural With Atmospheric Removal	7 5 3
Shortwave Infrared	7 5 4
Vegetation Analysis	6 5 4

**Figura N° 20: Combinaciones de bandas. Fuente: Propia**

19. Una vez aplicados podemos ver cada una de las diversas combinaciones que nos sean de interés, en este caso para identificar a grosso modo el uso de suelo que se esté dando en esos momentos

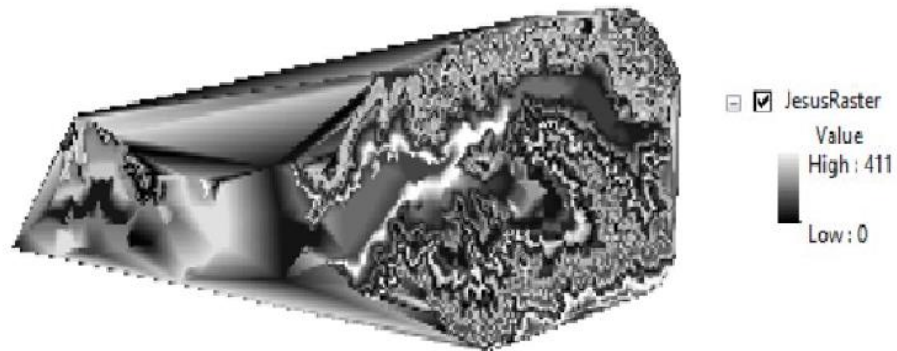


**Figura N° 21: Zona de trabajo. Fuente: Propia**

20. Una vez realizado esto se procede a trabajar el modelamiento a través del programa ArcGis

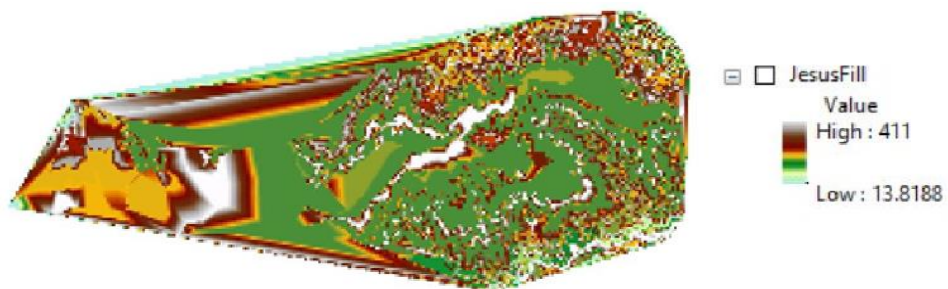


Se procede a realizar una representación bidimensional de la sub cuenca Jequetepeque.



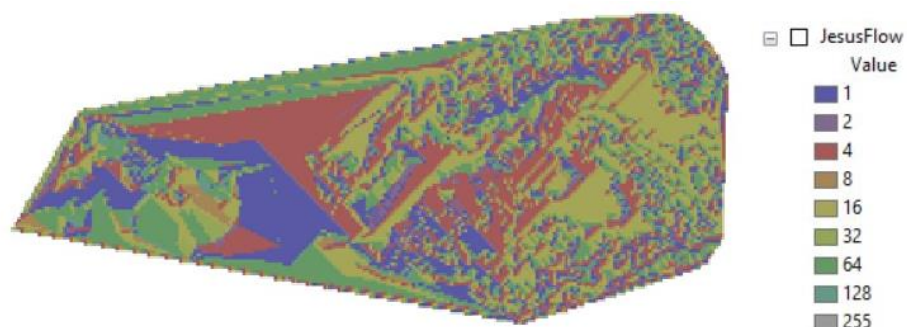
**Figura N° 24: Representación bidimensional. Fuente: Propia**

Antes de realizar los cálculos se procede a tener una mejor visualización bidimensional de la sub cuenca Jequetepeque, por ese motivo se utiliza la herramienta raster fill para poder calcular el flujo de dirección de la sub cuenca



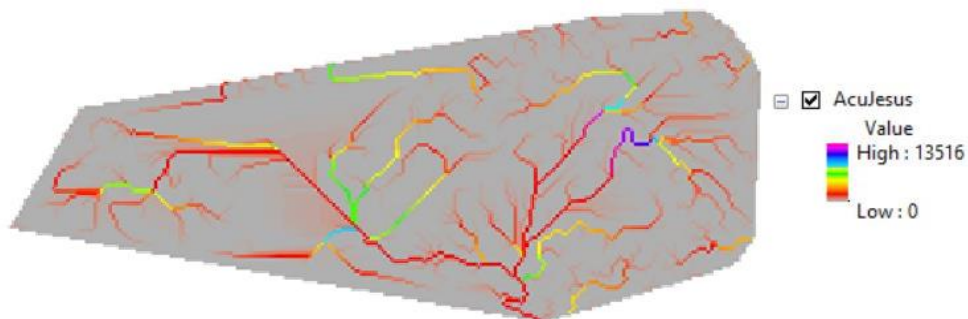
**Figura N° 25: Raster fill. Fuente: Propia**

Se utilizó la herramienta Flow Direction para tener una mejor visualización del flujo principal de la cuenca y de sus ramales



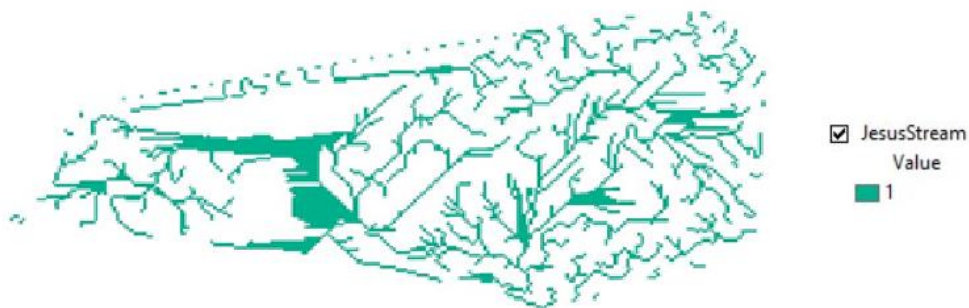
**Figura N° 26: Flujo de dirección de la sub cuenca Bajo Jequetepeque. Fuente: Propia**

Se realizó el flujo acumulativo para tener una noción de los puntos de mayor acumulación de la sub cuenca Jequetepeque, donde se puede apreciar por el color cuales son los puntos de mayor acumulación según la leyenda.



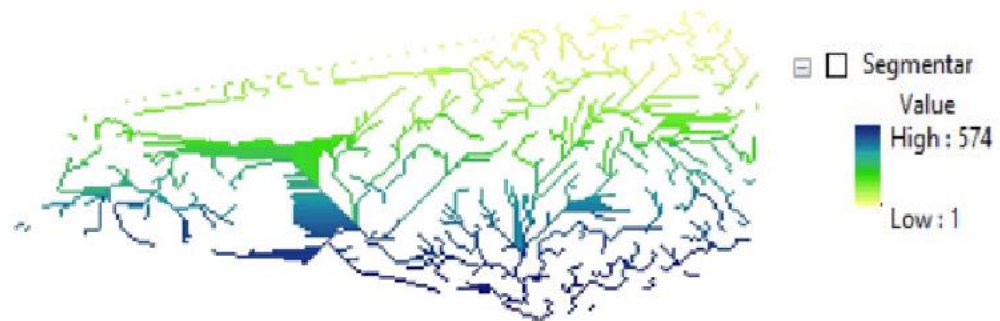
**Figura N° 27: Visualización de puntos de flujo acumulativo de la sub cuenca Bajo Jequetepeque. Fuente: Propia**

Podemos apreciar una mejor visualización del flujo acumulado a través de la herramienta stream accumulation para una mejor apreciación de la acumulación de la corriente.



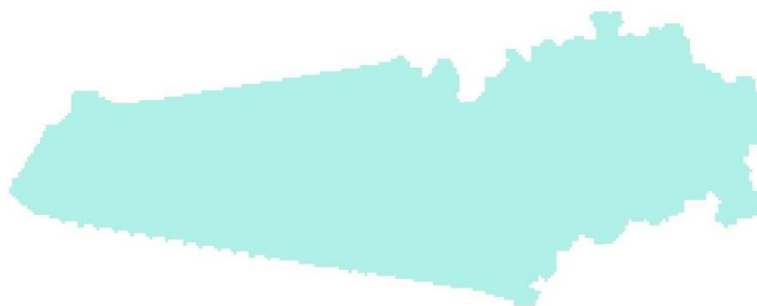
**Figura N° 28: Identificación del curso de agua. Fuente: Propia**

Podemos observar la acumulación segmentada para una visualización a mayor detalle de los ramales de la cuenca



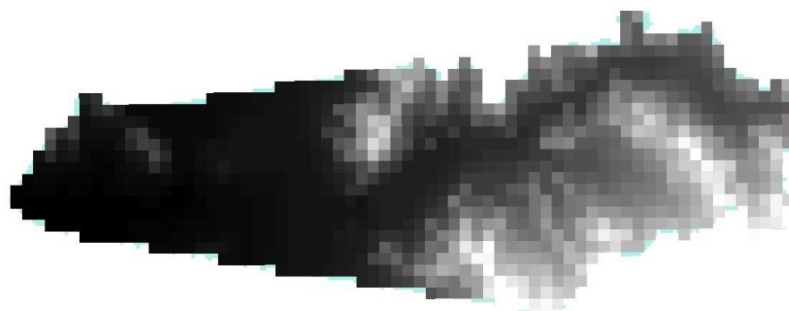
**Figura N° 29: Identificación de ramales del río de la cuenca bajo Jequetepeque. Fuente: Propia**

Se procede a realizar la delimitación de la sub cuenca del bajo Jequetepeque



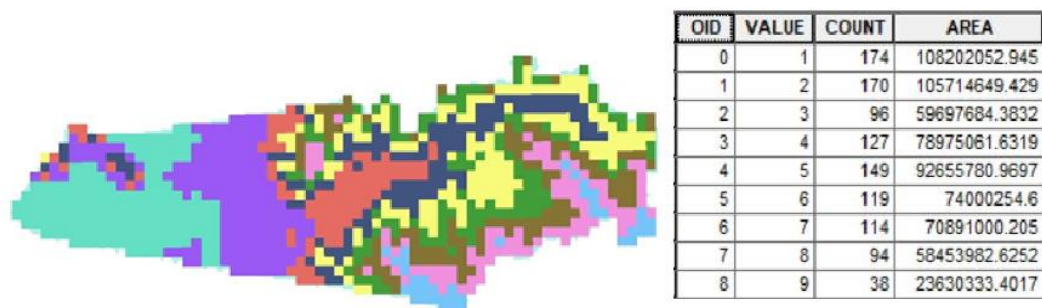
**Figura N° 30: Delimitación de la Sub Cuenca del Bajo Jequetepeque. Fuente: Propia**

Se procede a realizar una representación bidimensional de la delimitación de la sub cuenca Jequetepeque.



**Figura N° 31: Representación bidimensional de la sub cuenca delimitada.**  
**Fuente: Propia**

Parcialización de la delimitación de la sub cuenca del bajo Jequetepeque; en este caso se ha optado por dividir la delimitación del bajo Jequetepeque en 9 áreas, debido a que es una sub cuenca



**Figura N° 32: Reclasificación de la delimitación de la cuenca.**  
**Fuente: Propia**

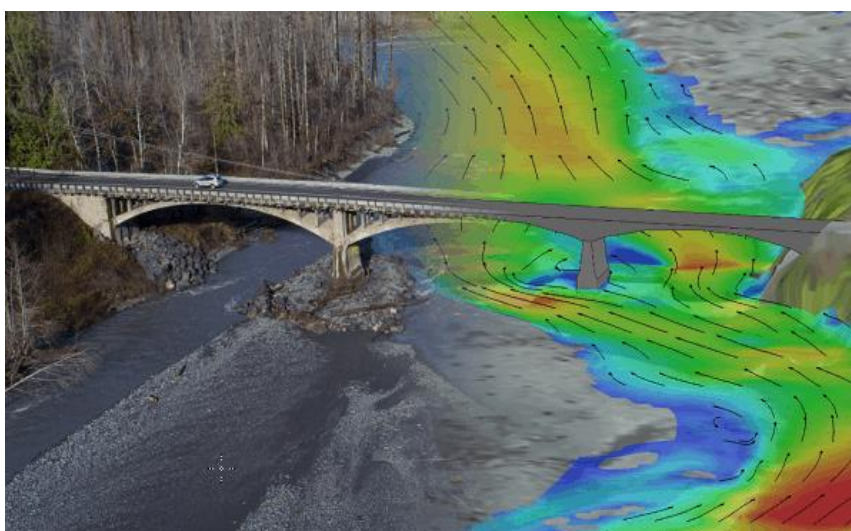
### **Análisis mediante modelamiento con IBER**

Se utiliza el programa IBER para realizar el modelamiento hidráulico de la cuenca del Bajo Jequetepeque

El cual será descrito a continuación:

Iber es un modelo hidrológico, hidráulico bidimensional, el cual es utilizado para la simulación del flujo superficial

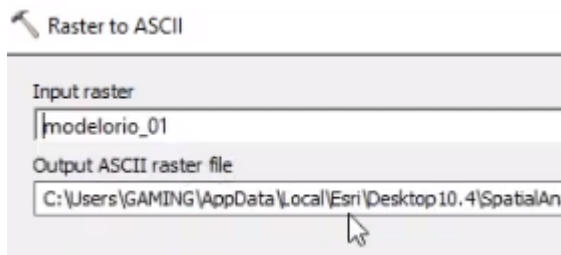
En este programa se resuelve hidrodinámica, turbulencia, transporte de sedimentos, procesos de calidad de agua y hábitat



**Figura N° 33: Representación de flujo de río. Fuente: Iber**

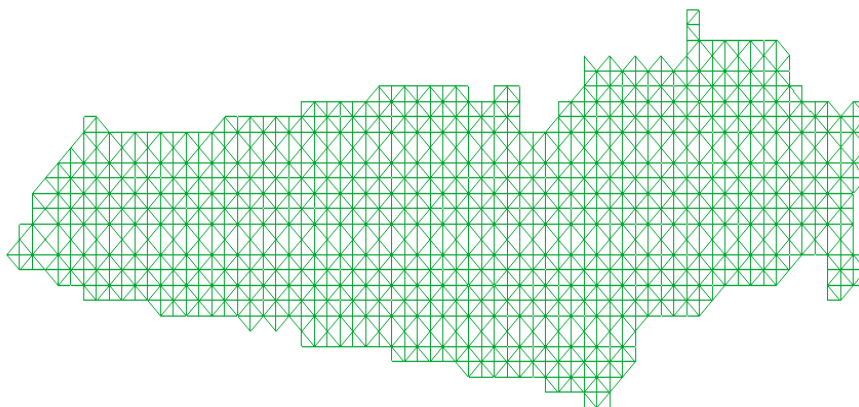
Con los datos que tenemos del ArcMap anteriormente planteado se hace la conversión de los datos para lograr la apertura en el programa IBER

Se convierte el raster anteriormente delimitado a un ASCII para poder usar la data dentro del programa IBER



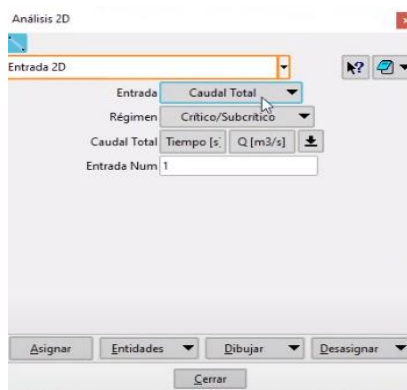
**Figura N° 34: Captura ArcMap. Fuente: Propia**

Creamos la geometría e importamos la malla y como anexo colapsamos la geometría y de momento no se genera malla ya que las condiciones hidrodinámicas se crean dentro de la geometría mas no en el mallado



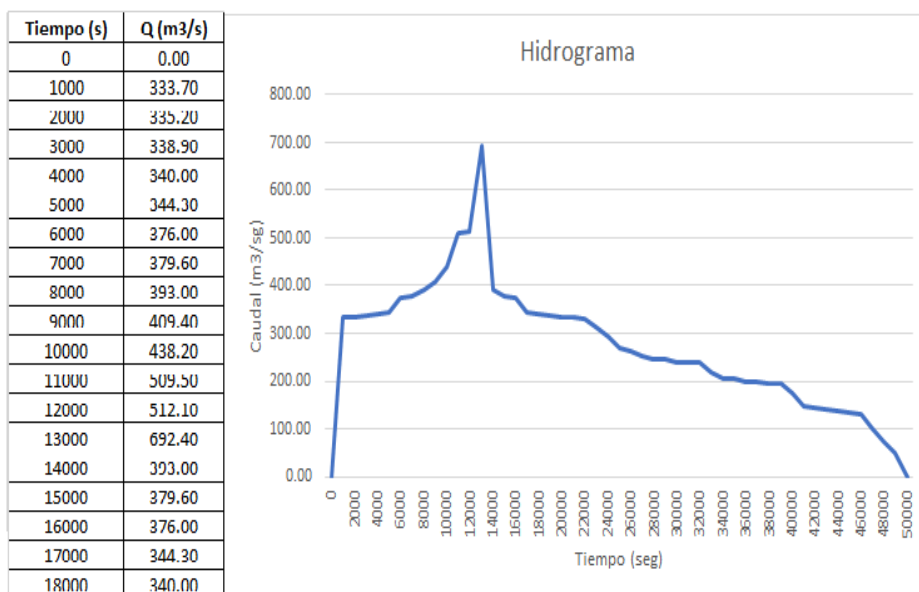
**Figura N° 35: Captura Iber (Malla para modelamiento). Fuente: Propia**

A través del análisis 2D ingresamos datos del caudal en un registro ya generado mediante un estudio hidrológico por parte de la entidad SENAMHI



**Figura N° 36: Iber Analisi 2D. Fuente: Propia**

Los datos a ingresar se copian como tabla y se registran o se ingresan en la parte central



**Figura N° 37: Hidrograma. Fuente: Propia**

Se debe generar las entradas y salidas correspondientes a la cuenca con los caudales que se estén tomando, y estos deben ser estructurados cuidadosamente en la geometría de la sub cuenca del bajo Jequetepeque

Tablas de datos a ingresar dentro del modelamiento IBER

ENTRADA N°01		ENTRADA N°02, 03 Y 04		ENTRADA N°05 Y 06	
Tiempo (s)	Q (m3/s)	Tiempo (s)	Q (m3/s)	Tiempo (s)	Q (m3/s)
0	0.00	0	0.00	0	0.00
1000	333.70	1000	205.50	1000	201.00
2000	335.20	2000	219.40	2000	214.00
3000	338.90	3000	237.90	3000	231.00
4000	340.00	4000	239.80	4000	254.00
5000	344.30	5000	239.90	5000	289.00

**Figura N° 38: Tabla de caudales. Fuente: Propia**

Entradas de la sub cuenca del bajo Jequetepeque



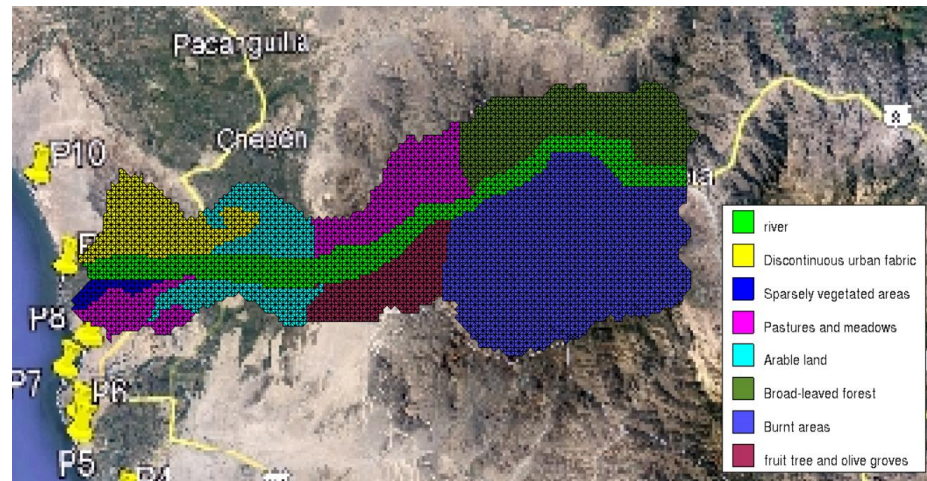
**Figura N° 39: Señalización de Entradas de Caudal. Fuente: Propia**

Salidas de la sub cuenca del Bajo Jequetepeque



**Figura N° 40: Señalización de Salida de Caudal. Fuente: Propia**

Se ingresan las rugosidades en el programa IBER las cuales son importadas en su defecto de ArcMap y se procede a generar el formato Raster, el cual debe ser llevado a ASCII, procedimiento similar al anterior ya planteado



**Figura N° 41: Tipo de Suelos de la cuenca. Fuente: ANA**

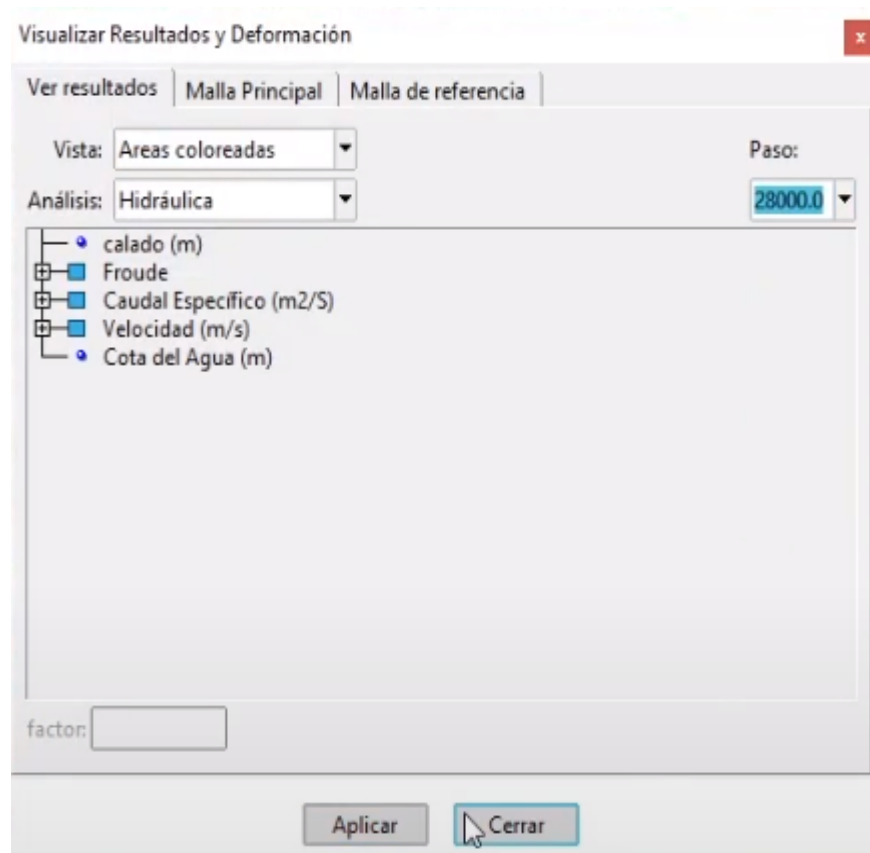
Una vez realizado esto se dispone a calcular lo trabajado, F5, para que inicie el proceso

Iber - COMPUTATIONS STARTED					
PROJECT NAME: FINAL					
Version of Iber: 3.2					
	Simulation time	Time step	Time	Qin	Qout
Calculating element connectivities	50.000	1.00000	12:54:33:81	0.000	0.000
10.%	100.000	1.00000	12:54:33:86	163.513	0.000
20.%	150.000	1.00000	12:54:33:90	330.363	0.000
30.%	200.000	1.00000	12:54:33:94	497.213	0.000
40.%	250.000	1.00000	12:54:33:98	664.063	0.000
50.%	300.000	1.00000	12:54:34:03	830.913	0.000
60.%	350.000	1.00000	12:54:34:07	997.763	0.000
70.%	400.000	1.00000	12:54:34:11	1164.613	0.000
81.%	450.000	1.00000	12:54:34:15	1331.463	0.000
91.%	500.000	1.00000	12:54:34:19	1498.313	0.000
100.%	550.000	1.00000	12:54:34:23	1665.163	0.000
Calculating edge connectivities	600.000	1.00000	12:54:34:27	1832.013	0.000
10.%	650.000	1.00000	12:54:34:32	1998.863	0.000
20.%	700.000	1.00000	12:54:34:36	2165.713	0.000
30.%	750.000	1.00000	12:54:34:40	2332.563	0.000
40.%	800.000	1.00000	12:54:34:44	2499.413	0.000
50.%	850.000	1.00000	12:54:34:48	2666.263	0.000
60.%	900.000	1.00000	12:54:34:52	2833.113	0.000
70.%	950.000	1.00000	12:54:34:56	2999.963	0.000
80.%	1000.000	1.00000	12:54:34:61	3166.813	0.000
90.%	1050.000	1.00000	12:54:34:66	3333.663	0.000
100.%	1100.000	1.00000	12:54:34:71	3337.735	0.000
Initial volume:	0.000000 m3	1.00000	12:54:34:78	3338.485	0.000
		1.00000	12:54:34:84	3339.235	0.000
		1.00000	12:54:34:89	3339.985	0.000
		1.00000	12:54:34:94	3340.735	0.000
		1.00000	12:54:34:99	3341.485	0.000
		1.00000	12:54:35:03	3342.235	0.000

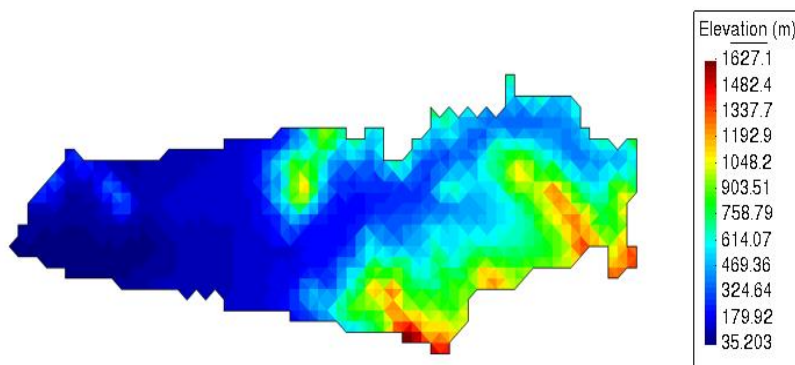
**Figura N° 42: Tabla de Cálculo de Resultados: Propia**

Se comprueba que no se tiene error como se puede apreciar en la imagen anterior y se procede a usar las herramientas de post cálculo para obtener las vistas

Colocando la configuración de áreas coladas he hidráulica y teniendo en cuenta que debemos colocar el paso en el último paso establecido se procede a obtener un calado de la sub cuenca en análisis, Sub cuenca del bajo Jequetepeque



**Figura N° 43: Cálculo de Cuenca Jequetepeque. Fuente: Propia**



**Figura N° 44: Topografía del Terreno. Fuente: Propia**

Se obtiene una visualización por cada uno de los pasos que se estén calculando, en este caso se toma como referencia el del contorno con un paso de 40450 y se obtienen las descargas



**Figura N° 45: Caudal Especifico de la Cuenca. Fuente: Propia**

## Resultados

DATOS			
<b>PERIMETRO DE LA CUENCA DEL RIO JEQUETEPEQUE</b>			
<b>Perimetro Total</b>		150.03	Km
<b>AREA DE LA CUENCA DEL RIO JEQUETEPEQUE</b>			
<b>AREA Total</b>		667.47	Km2
<b>LONGITUD DEL CURSO DEL RIO JEQUETEPEQUE</b>			
<b>L</b>		47.74	Km

*Tabla N° 2: Perímetro, área y longitudes de río. Fuente: Propia*

DATOS DE ARC MAP 10.8	
AREA(Km2)	PERIMETRO(Km)
667.465639	150.034559
DATOS DE ARC MAP 10.5	
NOMBRE RIO	LONGITUD (Km)
JEQUETEPEQUE	2.99
JEQUETEPEQUE	9.53
JEQUETEPEQUE	14.72
JEQUETEPEQUE	20.50
JEQUETEPEQUE	47.74

*Tabla N° 3: Perímetro, área y longitudes de río. Fuente: Propia*

CÁLCULOS			
Ancho medio			
CUENCA	A (Km2)	L (Km)	Am
RIO Jequetepeque	667.47	47.74	13.98
Factor de Forma			
CUENCA	Am (Km2)	L (Km)	Factor Forma
Rio Jequetepeque	13.98	47.74	0.29

*Tabla N° 4: Cálculos de la Cuenca. Fuente: Propia*

**Para el factor de forma se debe tener en cuenta lo siguiente:**

Este factor, como los otros que se utilizan en este Estudio, es un referente para establecer la dinámica esperada de la escorrentía superficial en una cuenca, teniendo en cuenta que aquellas cuencas con formas alargadas, tienden a presentar un flujo de agua más veloz, a comparación de las cuencas redondeadas, logrando una evacuación de la cuenca más rápida, mayor desarrollo de energía cinética en el arrastre de sedimentos hacia el nivel de base, principalmente.

*Tabla N° 5: Factor Forma. Fuente: Propia*

Índice de Compacidad			
CUENCA	P (Km)	A (Km <sup>2</sup> )	KC
RIO JEQUETEPEQUE	150.03	667.47	1.64

*Tabla N° 6: Índice de Compacidad. Fuente: Propia*

$$K_c = \frac{P_{cuenca}}{P_{circulo.A}} = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = 0,2821 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Si:  $K_c \approx 1$  cuenca regular, más susceptible a inundaciones y crecidas

$K_c > 1$  cuenca irregular, más alargada y menos susceptible a inundaciones.

*Parámetros para delimitación de cuenca*

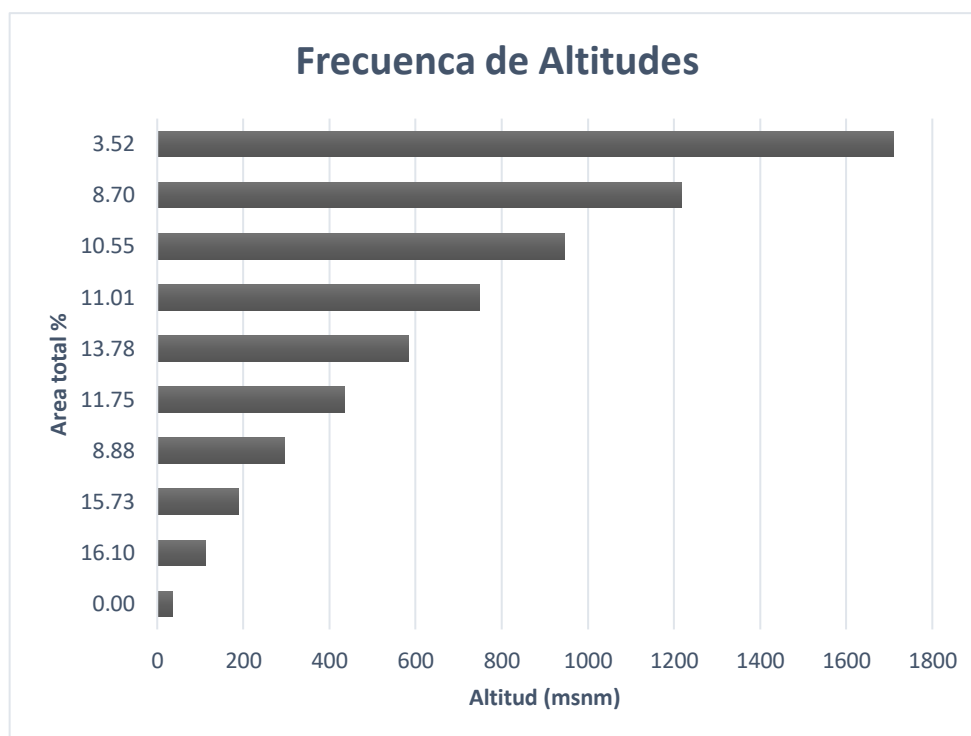
Obtenemos que la sub cuenca del bajo Jequetepeque es de tipo irregular, más alargada y menos susceptible a la inundación

<b>DATOS DE ARC MAP 10.8</b>					
<b>AREA</b>		<b>MIN</b>	<b>MAX</b>		
108202053		35.202827	110.335762		
105714649		113.204338	188.004852		
59697684.4		188.957947	293.379608		
78975061.6		296.314056	432.031525		
92655781		434.468903	579.559021		
74000254.6		583.497498	741.545288		
70891000.2		748.046936	937.241333		
58453982.6		945.341614	1200		
23630333.4		1218.01233	1708.71826		

<b>ALTITUD</b>	<b>AREAS</b>			<b>%</b>	
	<b>PARCIALES</b>	<b>ACUMULADAS</b>	<b>QUE QUEDAN</b>	<b>A. TOTAL</b>	<b>A. Q' QUEDAN</b>
35	0	0	672.22	0.00	100.00
113	108.20	108.20	564.02	16.10	83.90
189	105.71	213.92	458.30	15.73	68.18
296	59.70	273.61	398.61	8.88	59.30
434	78.98	352.59	319.63	11.75	47.55
583	92.66	445.25	226.98	13.78	33.77
748	74.00	519.25	152.98	11.01	22.76
945	70.89	590.14	82.08	10.55	12.21
1218	58.45	648.59	23.63	8.70	3.52
1709	23.63	672.22	0.00	3.52	0.00
<b>TOTAL</b>	672.22		<b>TOTAL</b>	100.00	

**Tabla N° 7: Datos de la Cuenca y sus Áreas Parciales. Fuente: Propia**



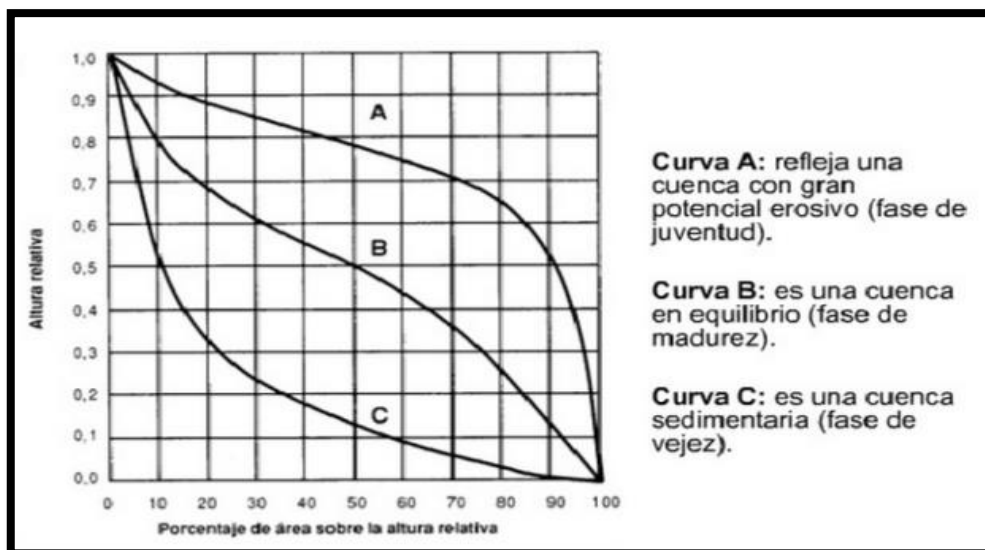
**Grafica N° 2: Frecuencia de Altitudes. Fuente: Propia**

### CURVAS CARACTERISTICAS DE LA CUENCA

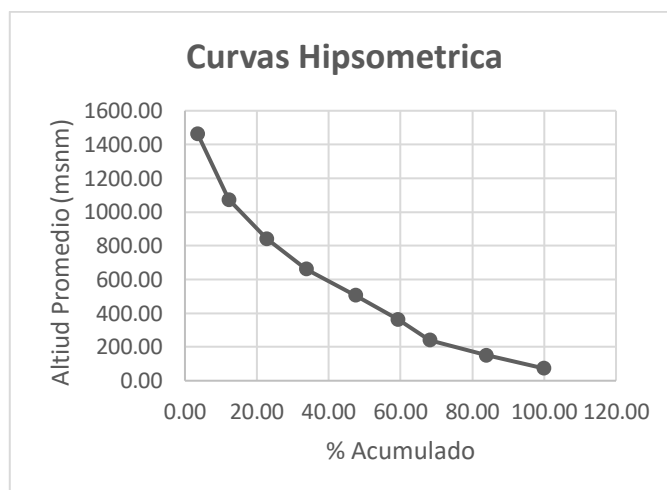
AREA Km2	PERIMETRO Km
4376.50	376.07

		ALTITUD				
AREA (m2)	AREA (Km2)	MIN	MAX	PROMEDIO	ACUMULADO	% ACUMULADO
108202053	108.20	35.202827	110.335762	72.77	672.22	100.00
105714649	105.71	113.204338	188.004852	150.60	564.02	83.90
59697684.4	59.70	188.957947	293.379608	241.17	458.30	68.18
78975061.6	78.98	296.314056	432.031525	364.17	398.61	59.30
92655781	92.66	434.468903	579.559021	507.01	319.63	47.55
74000254.6	74.00	583.497498	741.545288	662.52	226.98	33.77
70891000.2	70.89	748.046936	937.241333	842.64	152.98	22.76
58453982.6	58.45	945.341614	1200	1072.67	82.08	12.21
23630333.4	23.63	1218.01233	1708.718262	1463.37	23.63	3.52
TOTAL	672.22					

**Tabla N° 8: Características de la Cuenca. Fuente: Elaboración propia**



**Gráfica N° 3: Gráfica para la determinación de tipo de Cuenca. Fuente: Propia**



**Gráfica N° 4: Curva Hipsométrica. Fuente: Propia**

Se podría decir que esta sub cuenca se encuentra entre las clases B y C, es decir entre una transición de una cuenca que se encuentra en fase de madurez a fase de vejez

$$H_{med} = \frac{\sum(h_i \cdot S_i)}{A}$$

$H_{med}$  = Altitud media de la cuenca en msnm

$h_i$   
= Altitud media de cada tramo de área contenido entre las curvas de nivel

$S_i$  = Área contenida entre las curvas de nivel

$A$  = Área total de la cuenca en  $km^2$

**Gráfica N° 5: Parámetros para el Calculo de Altitud media de la Cuenca.**

CALCULO DE LA ELEVACION MEDIA			
ALTITUDES	AREA PARC ( a )	ELEVACION MEDIA ( e )	( A ) x ( e )
35	0.00	0	0
113	108.20	74	8029
189	105.71	151	15971
296	59.70	243	14485
434	78.98	365	28857
583	92.66	509	47160
748	74.00	666	49267
945	70.89	847	60023
1218	58.45	1082	63228
1709	23.63	1463	34580
TOTAL	672.2208		321601
	<b>Em =</b>	<b>478</b>	

**Tabla N° 9: Calculo de Elevación media Fuente: Elaboración propia**

<b>RECTANGULO EQUIVALENTE</b>
-------------------------------

Indice de Compacidad			
CUENCA	P (Km2)	A (Km2)	KC
<b>RIO Jequetepete</b>	150.03	667.47	1.64

<b>LADO MAYOR</b>
-------------------

<b>L</b>	65.37	<b>KM</b>
----------	-------	-----------

$$l = \frac{KC\sqrt{A}}{1.12} \left( 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{1.12}{KC} \right)^2} \right)$$

<b>LADO MENOR</b>
-------------------

<b>I</b>	10.21	<b>KM</b>
----------	-------	-----------

**Tabla N° 10: Calculo de Rectángulo Equivalente. Fuente: Elaboración propia**

COTA (msnm)	DIFERENCIA(msnm)	SUB-AREAS (km2)	li (km)
35	0	0	0
113	78	31	3.05
189	76	30	2.96
296	107	43	4.19
434	138	55	5.40
583	149	59	5.82
748	165	66	6.43
945	197	79	7.71
1218	273	109	10.65
1709	491	196	19.17

*Tabla N° 11: Sub Áreas Fuente: Elaboración propia*

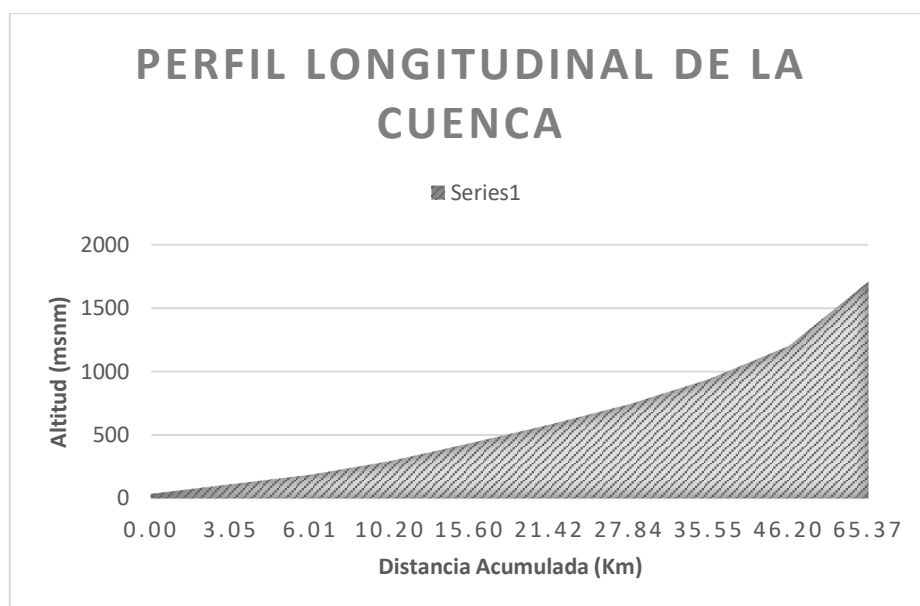
### PENDIENTE DE LA CUENCA

<b>COTA DE AFORO</b>	35		<b>L</b>	<b>47739.84</b>
<b>COTA MAYOR</b>	1709			
<b>DIF</b>	<b>1674</b>	msnm		
<b>S</b>	<b>3.51</b>	%	<b>0.04</b>	m

*Tabla N° 12: Pendiente de la Cuenca Fuente: Elaboración propia*

<b>PERFIL LONGITUDINAL DE LA CUENCA</b>					
COTA MAS	COTA MAS	DIFERENCIA	LONGITUD	DISTANCIA	DISTANCIA
<b>BAJA (1)</b>	<b>ALTA (2)</b>	<b>DE ELEV. (3)</b>	<b>DEL TRAMO</b>	<b>ACUMULADA</b>	<b>ACUMULADA</b>
(en msnm)	(en msnm)	(en m.)	(4) (en m.)	(5) (en m.)	(6) (en Km.)
0	35	35	0.00	0.00	0.00
35	110	75	3046.82	3046.82	3.05
113	188	75	2959.01	6005.83	6.01
189	293	104	4193.44	10199.27	10.20
296	432	136	5396.47	15595.74	15.60
434	580	145	5821.21	21416.94	21.42
583	742	158	6427.47	27844.41	27.84
748	937	189	7706.53	35550.94	35.55
945	1200	255	10650.79	46201.73	46.20
1218	1709	491	19167.47	65369.20	65.37

**Tabla N° 13: Perfil Longitudinal de la cuenca Fuente: Elaboración propia**



**Grafica N° 6: Perfil Longitudinal de la cuenca.**

**PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL**

COTAS	TRAMOS	LONGITUD Li	DESNIVEL(H)	S(m/m)	Li/RAIZ(S)
35	0	0.00	0	0	0
113	3.05	3046.82	78	0.026	19042.25
189	2.96	2959.01	76	0.026	18493.48
296	4.19	4193.44	107	0.026	26208.49
434	5.40	5396.47	138	0.026	33727.28
583	5.82	5821.21	149	0.026	36381.85
748	6.43	6427.47	165	0.026	40170.91
945	7.71	7706.53	197	0.026	48164.89
1218	10.65	10650.79	273	0.026	66566.19
1709	19.17	19167.47	491	0.026	119794.40
	TOTAL	65369.20		TOTAL	408549.74

S= 2.56 %

**Tabla N° 14: Pendiente de la Cuenca Fuente: Elaboración propia**

### Metodo de Kirppish

Mediante este método analizamos o calculamos el tiempo de concentración de la cuenca, el cual consiste en el tiempo que tarda desde la cota más alta hasta la cota más baja la escorrentía de una gota, es decir, hasta el final de la escorrentía superficial

*Figura N° 46: Coeficiente de Escorrentía. Fuente: Schwab et al. 1981*

Areá	L	Cota Max.	Cota Min.	ΔElevación
667.47	65.37	1708.72	35.20	1673.52

<b>Tiempo de Concentración</b>	
<b>Tc=</b>	7.62 hrs.

*Tabla N° 15: Tiempo de concentración Fuente: Elaboración propia*

Caudales máximos diarios tomados de la estación Yonan desde el año 1965 hasta el 2015

<b>Caudales Máximos Diarios (m3/s)</b>	
<b>Año</b>	<b>Est. Yonan</b>
1965	199.00
1966	102.10
1967	239.80
1968	57.00
1969	122.20
1970	139.90
1971	344.30
1972	376.00
1973	239.90
1974	134.80
1975	197.50
1976	130.70
1977	246.70
1978	37.90
1979	205.50
1980	52.20
1981	237.90
1982	76.10

1983	692.40
1984	512.10
1985	40.30
1986	145.30
1987	335.20
1988	102.20
1989	205.40
1990	102.60
1991	251.80
1992	110.90
1993	244.60
1994	319.40
1995	146.90
1996	294.30
1997	174.30
1998	509.50
1999	379.60
2000	340.00
2001	409.40
2002	333.70
2003	128.30
2004	106.60
2005	194.50
2006	331.60
2007	194.90
2008	393.00
2009	338.90
2010	264.20
2011	219.40
2012	311.90
2013	270.70
2014	135.70
2015	438.20

**Tabla N° 16: Caudales máximos (Estación Yonan) Fuente: SENAMHI**

Se realiza un análisis para el periodo de retorno por el método de Weibull el cual nos dice que debemos ordenar nuestros caudales obtenidos por la estación Yonan de mayor a menor seguidamente de enumerarlos para obtener la cantidad de datos obtenidos, seguidamente se calcula la probabilidad de que vuelvan a ocurrir los caudales en la cuenca del bajo Jequetepeque, como podemos notar mientras mayor es el caudal, la probabilidad de que este se repita es baja o muy baja.

Caudales Máximos Diarios (m <sup>3</sup> /s)		Caudal Ordenado	N° de Ocurrencias (n o i)	Probabilidad	PR
Año	Est. Yonan			n/(N+1)	
1965	199.00	692.40	1	1.92%	52.00
1966	102.10	512.10	2	3.85%	26.00
1967	239.80	509.50	3	5.77%	17.33
1968	57.00	438.20	4	7.69%	13.00
1969	122.20	409.40	5	9.62%	10.40
1970	139.90	393.00	6	11.54%	8.67
1971	344.30	379.60	7	13.46%	7.43
1972	376.00	376.00	8	15.38%	6.50
1973	239.90	344.30	9	17.31%	5.78
1974	134.80	340.00	10	19.23%	5.20
1975	197.50	338.90	11	21.15%	4.73
1976	130.70	335.20	12	23.08%	4.33
1977	246.70	333.70	13	25.00%	4.00
1978	37.90	331.60	14	26.92%	3.71
1979	205.50	319.40	15	28.85%	3.47
1980	52.20	311.90	16	30.77%	3.25
1981	237.90	294.30	17	32.69%	3.06
1982	76.10	270.70	18	34.62%	2.89
1983	692.40	264.20	19	36.54%	2.74
1984	512.10	251.80	20	38.46%	2.60
1985	40.30	246.70	21	40.38%	2.48
1986	145.30	244.60	22	42.31%	2.36
1987	335.20	239.90	23	44.23%	2.26
1988	102.20	239.80	24	46.15%	2.17
1989	205.40	237.90	25	48.08%	2.08
1990	102.60	219.40	26	50.00%	2.00
1991	251.80	205.50	27	51.92%	1.93
1992	110.90	205.40	28	53.85%	1.86
1993	244.60	199.00	29	55.77%	1.79
1994	319.40	197.50	30	57.69%	1.73
1995	146.90	194.90	31	59.62%	1.68
1996	294.30	194.50	32	61.54%	1.63
1997	174.30	174.30	33	63.46%	1.58
1998	509.50	146.90	34	65.38%	1.53
1999	379.60	145.30	35	67.31%	1.49
2000	340.00	139.90	36	69.23%	1.44
2001	409.40	135.70	37	71.15%	1.41
2002	333.70	134.80	38	73.08%	1.37
2003	128.30	130.70	39	75.00%	1.33
2004	106.60	128.30	40	76.92%	1.30
2005	194.50	122.20	41	78.85%	1.27

2006	331.60	110.90	42	80.77%	1.24
2007	194.90	106.60	43	82.69%	1.21
2008	393.00	102.60	44	84.62%	1.18
2009	338.90	102.20	45	86.54%	1.16
2010	264.20	102.10	46	88.46%	1.13
2011	219.40	76.10	47	90.38%	1.11
2012	311.90	57.00	48	92.31%	1.08
2013	270.70	52.20	49	94.23%	1.06
2014	135.70	40.30	50	96.15%	1.04
2015	438.20	37.90	51	0.98	1.02

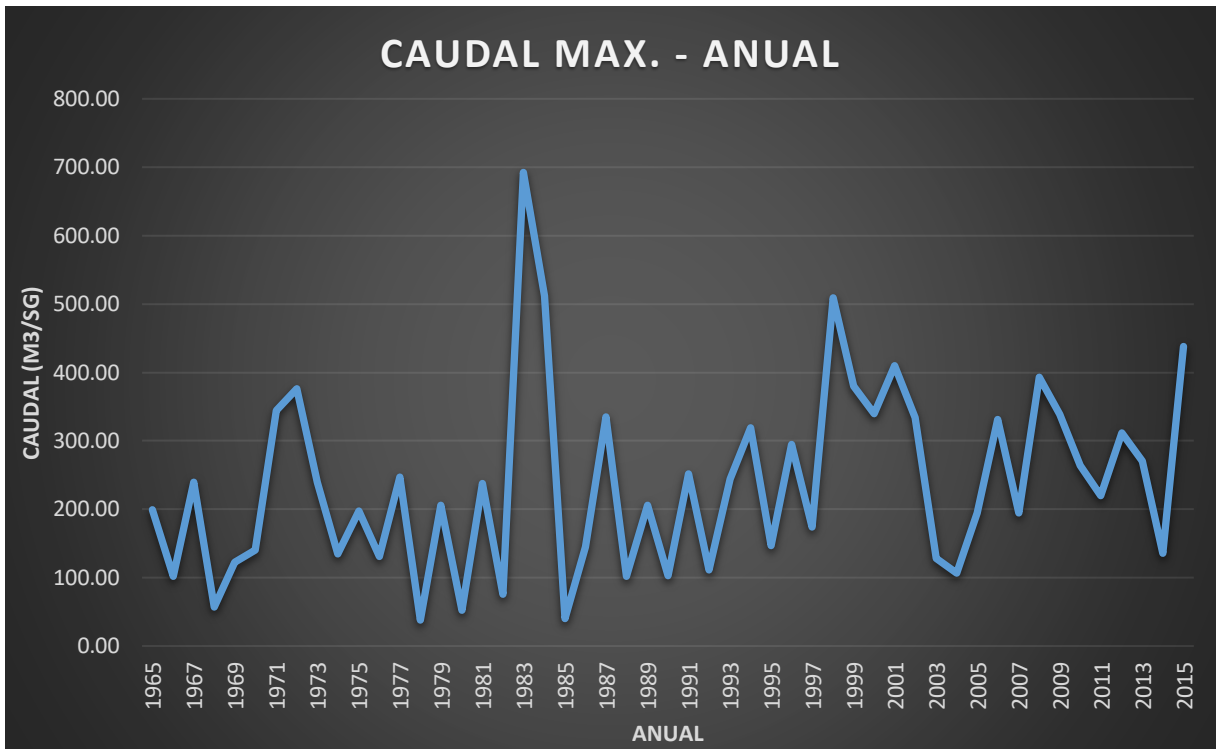
**Tabla N° 17: Cálculo de Periodo de Retorno Fuente: Propia**

<b>Promedio=</b>	237.59 m3/sg	
<b>Desv. Estándar=</b>	135.92 m3/sg	
<b>Max.</b>	692.40 m3/sg	
<b>Min.</b>	37.90 m3/sg	
<b>Rango=</b>	654.50	
<b>NC=</b>	6.23	7.00
<b><math>\Delta X</math></b>	109.08	
<b>Sn=</b>	1.16066	
<b><math>\alpha</math>=</b>	247.79	
<b>Yn=</b>	0.54854	
<b><math>\mu</math>=</b>	101.67	

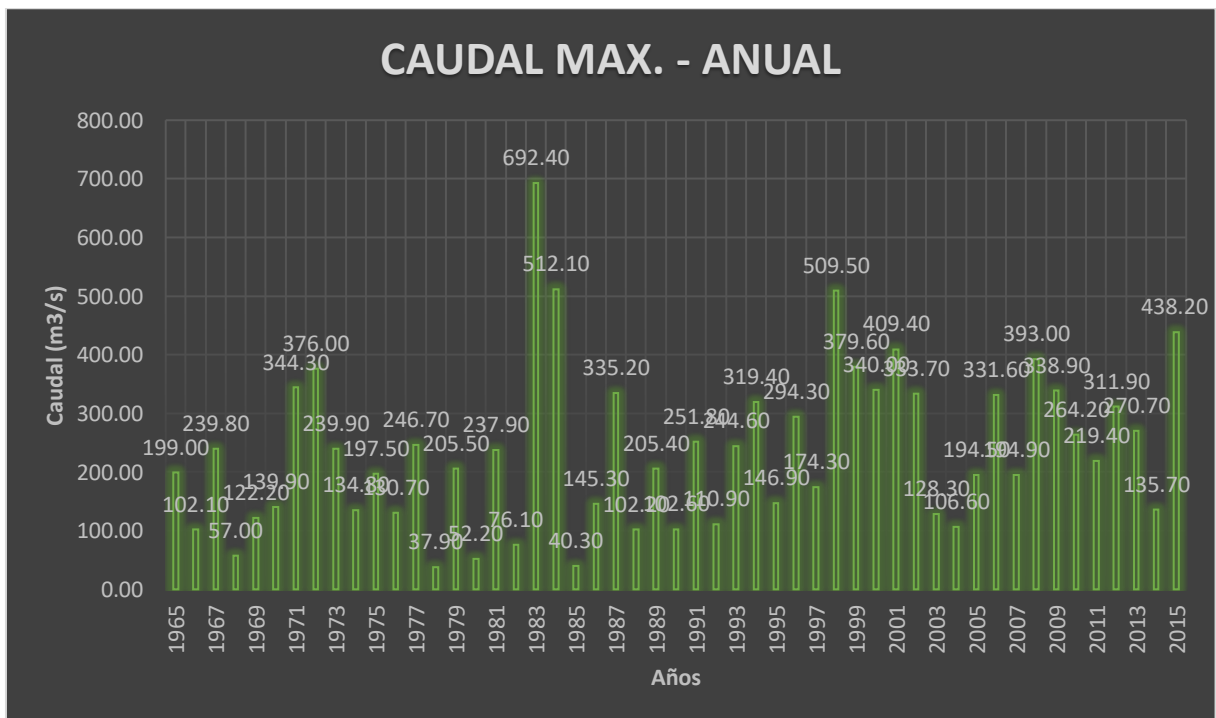
**Tabla N° 18: Cálculos de Datos de Cuenca Fuente: Propia**

Como podemos observar el periodo de retorno de nuestro caudal máximo es de aproximadamente 51 años según el método de Weibull

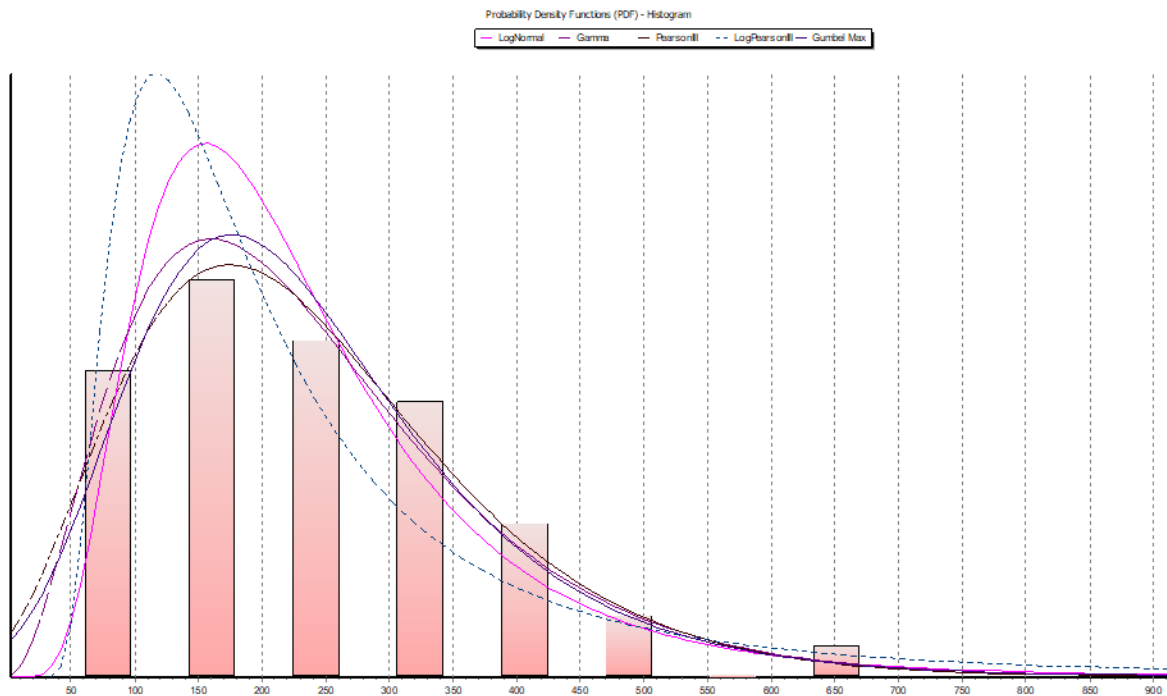
Se utilizó el programa HYDROGENOMOM para la verificación y cálculo de los periodos de retorno de con otros métodos como los son LogNormal, Gamma, PearsonIII, LogPearsonIII, Gumbe IMax.



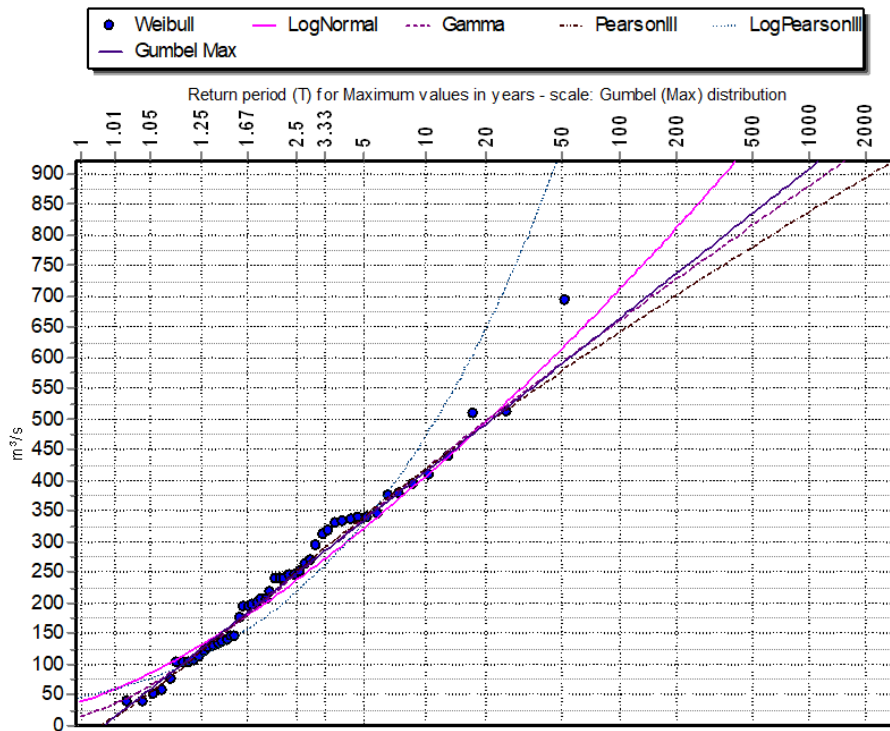
**Grafica N° 7: Caudal Máximo Anual. Fuente: Propia**



**Grafica N° 8: Caudal Máximo Anual. Fuente: Propia**



**Grafica N° 9: Histograma. Fuente: Propia**



**Grafica N° 10: Periodo de Retorno. Fuente: Propia**

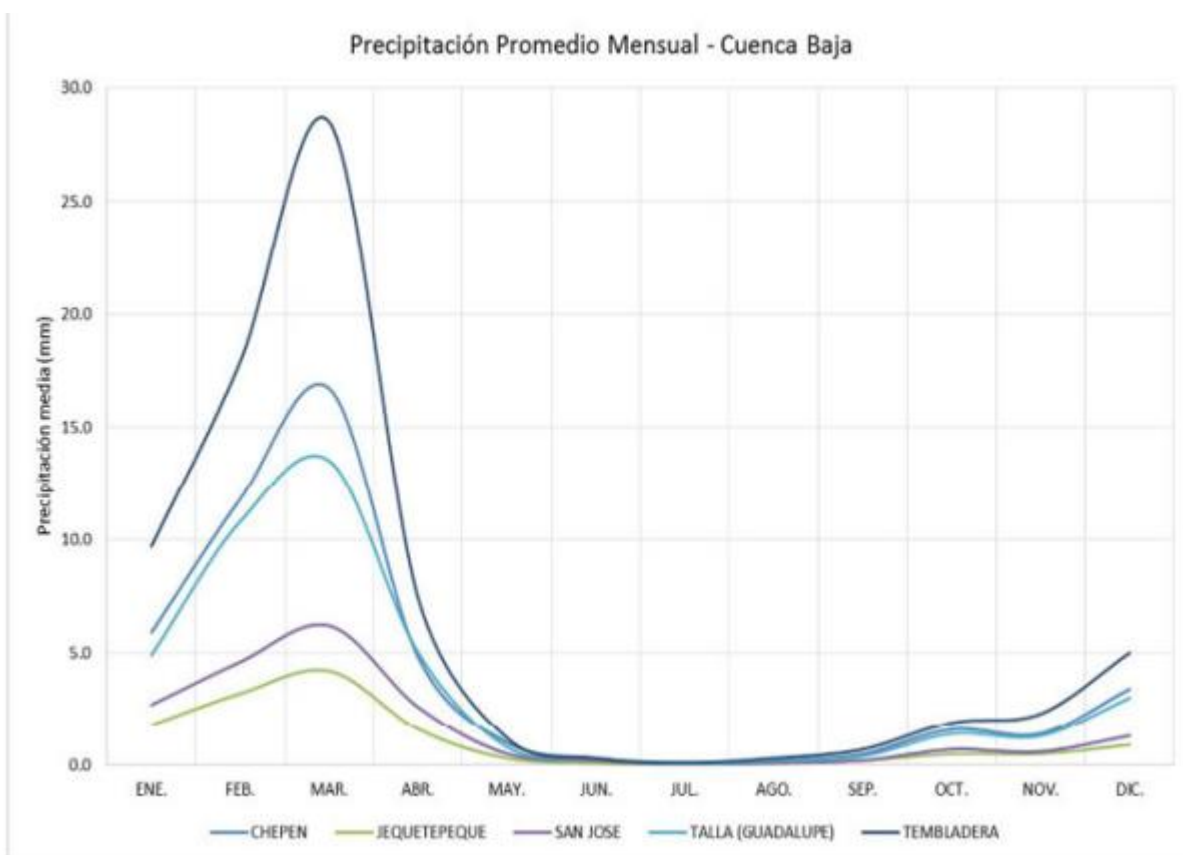
Utilizando el programa **Hydrogenomom** se obtiene el grafico el cual nos da como resultados el tiempo de retorno del caudal de la cuenca del bajo Jequetepeque el cual nos

permite ver los diferentes caudales en los tiempos de retorno, se realiza un cuadro resumen de los periodos de retorno para 25, 50, 100 y 1000 años

METODOS	Value (Años)				
	25.00	50.00	100.00	500.00	1000.00
LogNormal	523.50	615.11	711.13	953.83	1067.77
Gamma	519.71	591.45	660.93	816.30	881.34
Pearson III	512.73	578.54	641.62	780.84	838.51
Log Pearson III	710.30	941.93	1229.88	2192.10	2775.15
EV1-Max (Gumbel)	515.51	590.09	664.11	835.17	908.72

*Tabla N° 19: Periodo Retorno. Fuente: Propia*

Los datos obtenidos a través de pluviometría nos permiten saber las diferentes intensidades de lluvia en la zona, lo cual podemos llegar a la conclusión que las zonas de la sub cuenca del bajo Jequetepeque tiene intensidades e lluvias muy bajas por lo cual nos permite concluir que su alteración a la cuenca es muy baja

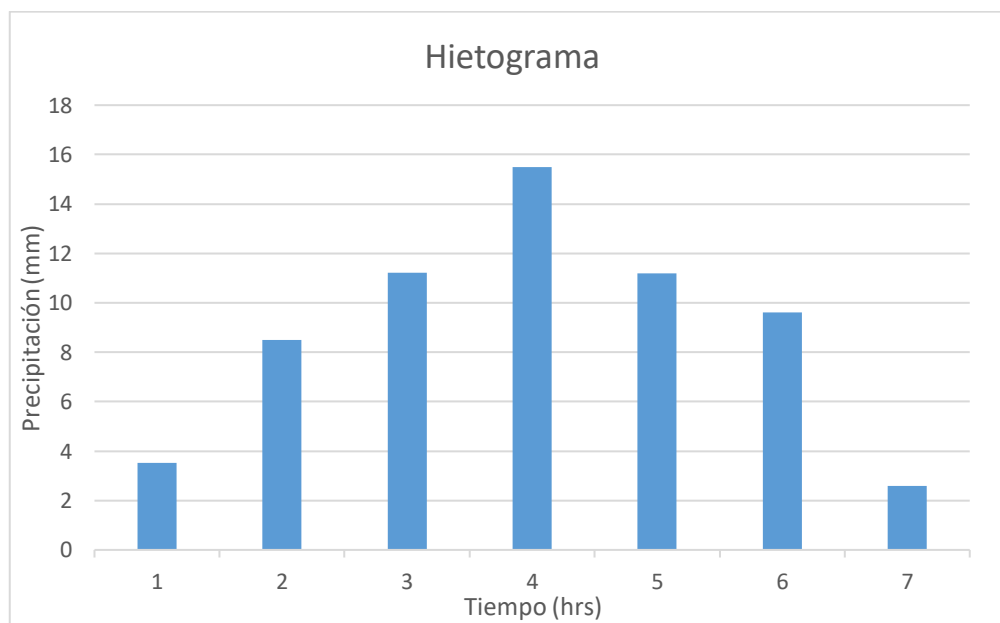


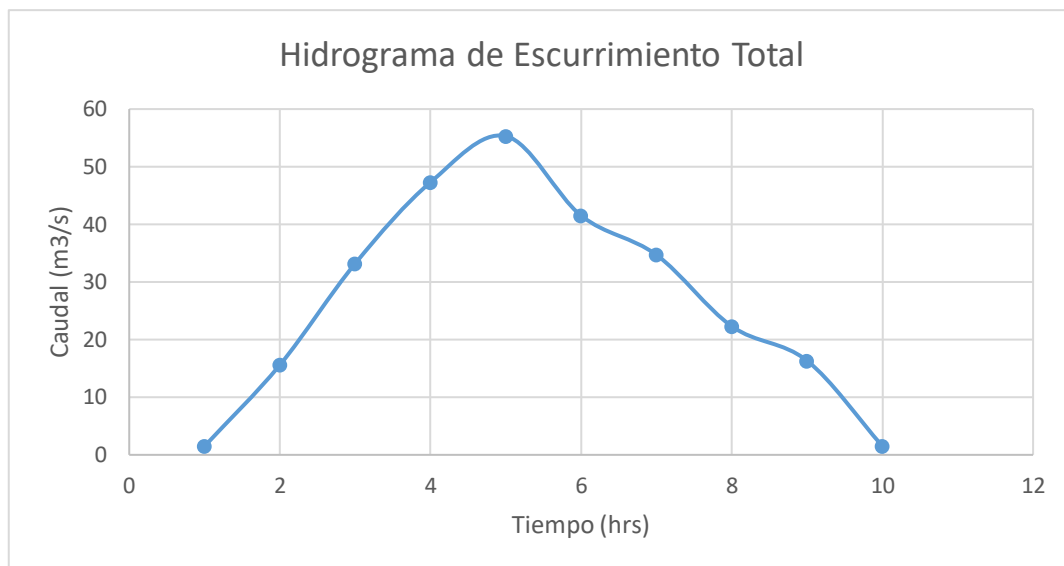
**Grafica N° 11: Precipitación. Fuente: SENAMHI**

### Cálculo de Infiltración en el suelo

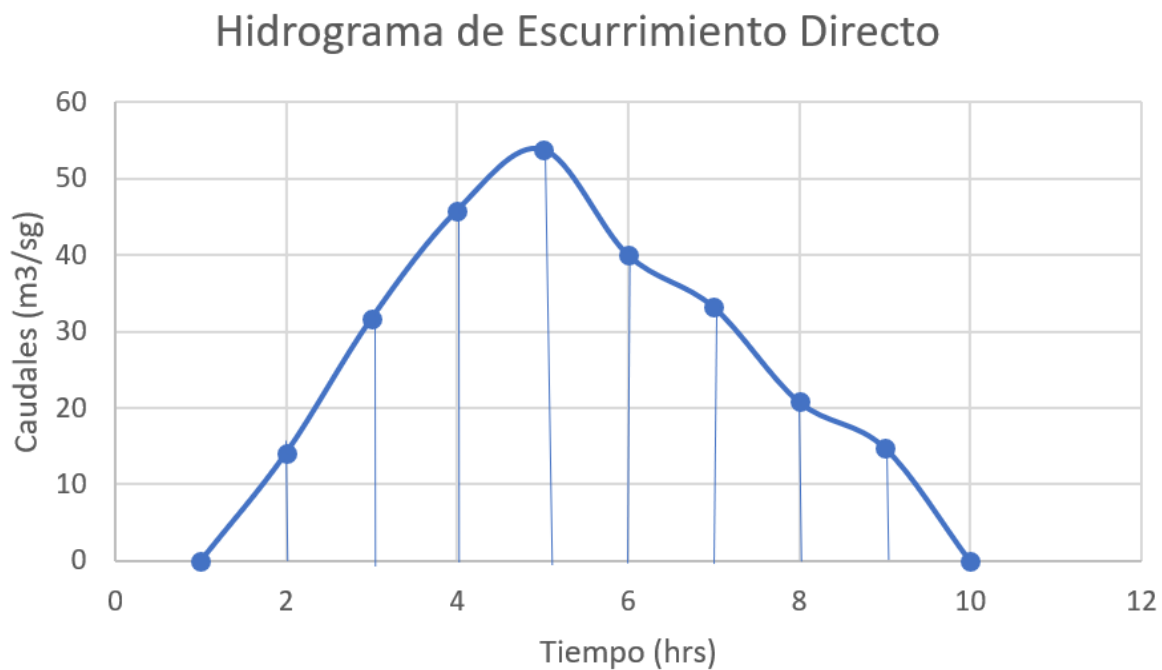
Tiempo(h)	Precipitación (mm)
0-1	3.51
1-2	8.5
2-3	11.21
3-4	15.5
4-5	11.2
5-6	9.6
6-7	2.6
	62.12

t(h)	Q (m3/sg)	Qb	Qed
0	1.5	1.5	0
1	15.6	1.5	14.1
2	33.2	1.5	31.7
3	47.3	1.5	45.8
4	55.31	1.5	53.81
5	41.5	1.5	40
6	34.7	1.5	33.2
7	22.3	1.5	20.8
8	16.32	1.5	14.82
9	1.5	1.5	0





A1=	7.6
A2=	24.25
A3=	40.65
A4=	51.005
A5=	47.005
A6=	36.6
A7=	27.65
A8=	19.56
A9=	8.51
<b>A total=</b>	<b>262.83</b>



Ved	Volumen de Esguerrimiento Directo		
Hpe	Altura de Precipitacion efectiva		
Hpinfiltrada			
Indice de infiltracion media	34.445	mm	
Duracion en exceso de la tormenta	4 hrs		
			hp total 62.12 mm
			Evaporacion= 6.54 mm
			Transpiracion= 3.60 mm
			<b>Ho infiltrada= 50.56 mm</b>

Ved=	946188	m3
------	--------	----

A cuenca=	667465639	m2
-----------	-----------	----

Hpe=	1.41758309	mm
------	------------	----

### Calculo de Numero de Curva:

Se utiliza las Tablas para calcular los valores de N

Tipo de suelo	Textura del suelo
A	Arenas con poco limo y arcilla; suelos muy permeables
B	Arenas finas y limos
C	Arenas muy finas, limos, suelos con alto contenido en arcilla
D	Arcillas en grandes cantidades; suelos poco profundos con subhorizontes de roca sana; suelos muy impermeables

Tabla 5.3. Valores de N (no corregidos).

Uso de la tierra y cobertura	Tratamiento del suelo	Pendiente del terreno	Tipo de suelo			
			A	B	C	D
Sin cultivo	Surcos rectos	--	77	86	91	94
Cultivos en surco	Surcos rectos	> 1 %	72	81	88	91
	Surcos rectos	< 1 %	67	78	85	89
	Contorneo	> 1 %	70	79	84	88
	Contorneo	< 1 %	65	75	82	86
	Terrazas	> 1 %	66	74	80	82
	Terrazas	< 1 %	62	71	78	81
Cereales	Surcos rectos	> 1 %	65	76	84	88
	Surcos rectos	< 1 %	63	75	83	87
	Contorneo	> 1 %	63	74	82	85
	Contorneo	< 1 %	61	73	81	84
	Terrazas	> 1 %	61	72	79	82
	Terrazas	< 1 %	59	70	78	81
Leguminosas o praderas con rotación	Surcos rectos	> 1 %	66	77	85	89
	Surcos rectos	< 1 %	58	72	81	85
	Contorneo	> 1 %	64	75	83	85
	Contorneo	< 1 %	55	69	78	83
	Terrazas	> 1 %	63	73	80	83
	Terrazas	< 1 %	51	67	76	80
Pastizales		> 1 %	68	79	86	89
		< 1 %	39	61	74	80
	Contorneo	> 1 %	47	67	81	88
	Contorneo	< 1 %	6	35	70	79
Pradera permanente		< 1 %	30	58	71	78
Bosques naturales:	Muy ralo		56	75	86	91
	Ralo		46	68	78	84
	Normal		36	60	70	77
	Espeso		26	52	62	69
	Muy espeso		15	44	54	61
Caminos:	De terracería		72	82	87	89
	Con superficie dura		74	84	90	92

Además, se distribuye las áreas dependiendo su uso y su clase como son las clases A, B, C Y D y los diferentes usos que tenga:

N	N con corrección A	N con corrección B
0	0	0
10	4	22
20	9	37
30	15	50
40	22	60
50	31	70
60	40	78
70	51	85
80	63	91
90	78	96
100	100	100

A	70.00%	
B	30.00%	
Suelo urbano discontinuo	10.00%	
Áreas Escasamente Vegetadas	12.00%	
Pastos Y Prados	100.00%	
Tierra cultivable	27.00%	
Bosque latifoliado	26.00%	
Áreas quemadas	5.00%	
Árboles frutales y olivos	20.00%	
	<b>A</b>	<b>B</b>
Suelo urbano discontinuo	72	
Áreas Escasamente Vegetadas	56	
Pastos Y Prados		35
Tierra cultivable	70	
Bosque latifoliado	36	
Áreas quemadas	77	
Árboles frutales y olivos	26	
	<b>A</b>	<b>B</b>
Suelo urbano discontinuo	5.04	
Áreas Escasamente Vegetadas	4.70	
Pastos Y Prados		10.50
Tierra cultivable	13.23	
Bosque latifoliado	6.55	
Áreas quemadas	2.70	
Árboles frutales y olivos	3.64	
	<b>N=</b>	<b>46.36</b>

	6.36		$\frac{N_i - N_{i-1}}{N_{ci} - N_i}$
	10	9	
	5.7249		
<b>Ncorre=</b>	45.7249		

Luego de acuerdo a la tabla de estimación inicial del umbral de escorrentía  $P_0$ .

Tabla. Estimación inicial del umbral de escorrentía Po (mm)						
USO DE LA TIERRA	PENDIENTE (%)	CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS	GRUPO DE SUELO			
			A	B	C	D
Barbecho	>3	R	15	8	6	4
		N	17	11	8	6
	<3	R/N	20	14	11	8
Cultivos en hilera	>3	R	23	13	8	6
		N	25	16	11	8
	<3	R/N	28	19	14	11
Cereales de invierno	>3	R	29	17	10	8
		N	32	19	12	10
	<3	R/N	34	21	14	12
Rotación de cultivos pobres	>3	R	26	15	9	6
		N	28	17	11	8
	<3	R/N	30	19	13	8
Rotación de cultivos densos	>3	R	37	20	12	9
		N	42	23	14	11
	<3	R/N	47	25	16	13
Praderas	>3	Pobre	24	14	8	6
		Media	53	23	14	9
		Buena	*	33	18	13
		Muy buena	*	41	22	15
	<3	Pobre	58	25	12	7
		Media	*	35	17	10
		Buena	*	*	22	14
		Muy buena	*	*	25	16
Plantaciones regulares aprovechamiento forestal	>3	Pobre	62	26	15	10
		Media	*	34	19	14
		Buena	*	42	22	15
	<3	Pobre	*	34	19	14
		Media	*	42	22	15
		Buena	*	50	25	16
Masas forestales (bosques, monte bajo, etc.)		Muy clara	40	17	8	5
		Clara	60	24	14	10
		Media	*	34	22	16
		Espesa	*	47	31	23
		Muy espesa	*	65	43	33

1. N: DENOTA CULTIVO SEGÚN LAS CURVAS DE NIVEL.  
R: DENOTA CULTIVO SEGÚN LA LÍNEA DE MÁXIMA PENDIENTE.  
2. \*: DENOTA QUE ESA PARTE DE CUENCA DEBE CONSIDERARSE INEXISTENTE A EFECTOS DE CÁLCULO DE CAUDALES DE AVENIDA.  
3. LAS ZONAS ABALANCADAS SE INCLUIRÁN ENTRE LAS DE PENDIENTE MENOR DEL 3%.

Umbral de Escorrentía Inicial	P <sub>o</sub>
P01=	2.70 mm
P02=	26.00 mm
P03=	53.00 mm
P04=	23.00 mm
P05=	60.00 mm
P06=	28.00 mm
P07=	60.00 mm

Tipo de Suelo	Precipitación
Suelo urbano discontinuo	1.00 mm
Areas Escasamente Vegetadas	23.00 mm
Pastos Y Prados	48.10 mm
Tierrra cultivable	19.50 mm
Bosque latifoliado	52.30 mm
Áreas quemadas	32.00 mm
Árboles frutales y olivos	53.00 mm

### Suelo Original

Escorrentía Superficial		Coeficiente de Escorrentía	
Pn1=	0.245	C1=	0.091
Pn2=	0.071	C2=	0.026
Pn3=	0.092	C3=	0.034
Pn4=	0.110	C1=	0.041
Pn5=	0.203	C2=	0.075
Pn6=	0.111	C3=	0.041
Pn7=	0.167	C1=	0.062

### Suelo 1

Pn1=	0.24491525	C1=	0.100
Pn2=	0.07086614	C2=	0.026
Pn3=	0.09231065	C3=	0.034
Pn4=	0.10986547	C1=	0.041
Pn5=	0.20283955	C2=	0.075
Pn6=	0.11111111	C3=	0.041
Pn7=	0.16723549	C1=	0.062

### Suelo 2

Pn1=	0.24491525	C1=	0.091
Pn2=	0.07086614	C2=	0.026
Pn3=	0.09231065	C3=	0.034
Pn4=	0.10986547	C1=	0.041
Pn5=	0.20283955	C2=	0.075
Pn6=	0.11111111	C3=	0.041
Pn7=	0.16723549	C1=	0.062

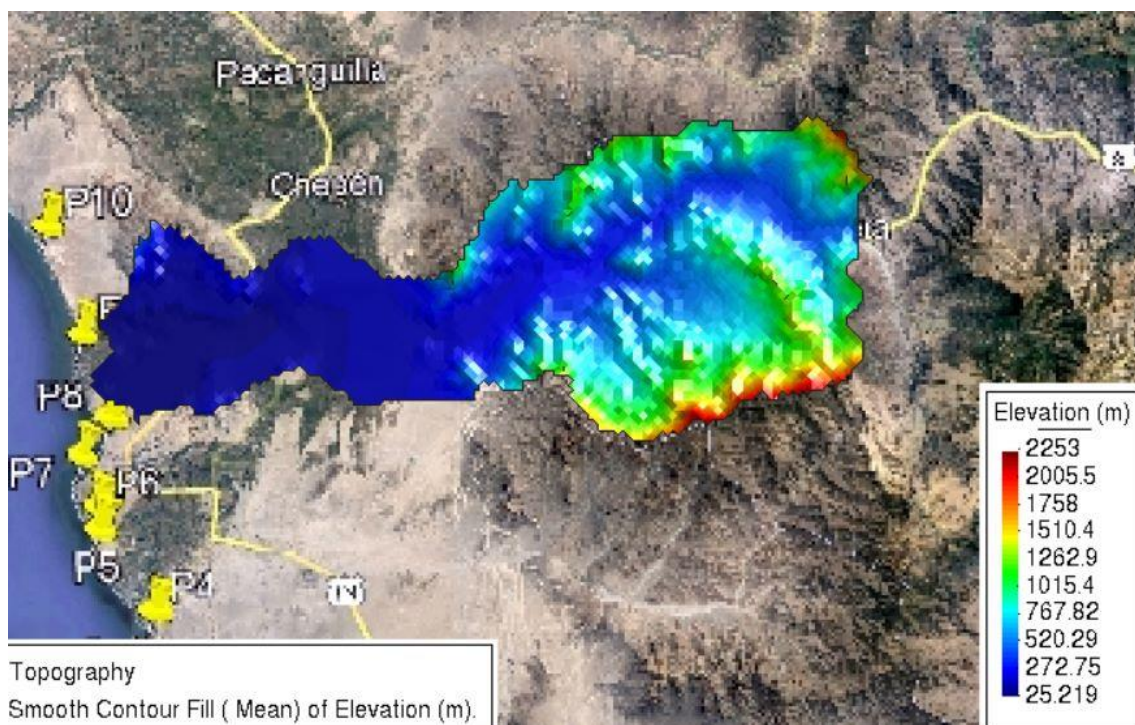
### Suelo 3

Pn1=	0.24491525	C1=	0.091
Pn2=	0.07086614	C2=	0.026
Pn3=	0.09231065	C3=	0.034
Pn4=	0.10986547	C1=	0.041
Pn5=	0.20283955	C2=	0.075
Pn6=	0.11111111	C3=	0.041
Pn7=	0.16723549	C1=	0.062

### **Resultados de modelamiento de Bajo Jequetepeque**

Se realizaron diferentes modelamientos para en los cuales servirán de comparación, con el objetivo de tener un parámetro ante diversos escenarios en los cuales se puede analizar la sensibilidad de la cuenca de BajoJequetepe. A continuación, se plasmarán los resultados del modelamiento:

## ANALISIS DE SENSIBILIDAD DE LA CUENCA



**Figura N° 46: Topografía general de la cuenca. Fuente: Propia**

Punto	Coordenadas	
	ESTE	NORTE
1	631907.00	9226204.00
2	776204.00	9225493.00
3	775953.00	9170232.00
4	660682.00	9169476.00
5	656913.00	9175144.00
6	656820.00	9176663.00
7	655732.00	9180208.00
8	657764.00	9182904.00
9	655792.00	9188646.00
10	653382.00	9196184.00
11	644282.00	9206331.00
12	645148.00	9212366.00

Georreferenciación de la Cuenca Bajo

Jequetepeque

### SUELO ORIGINAL CON LLUVIA ORIGINAL

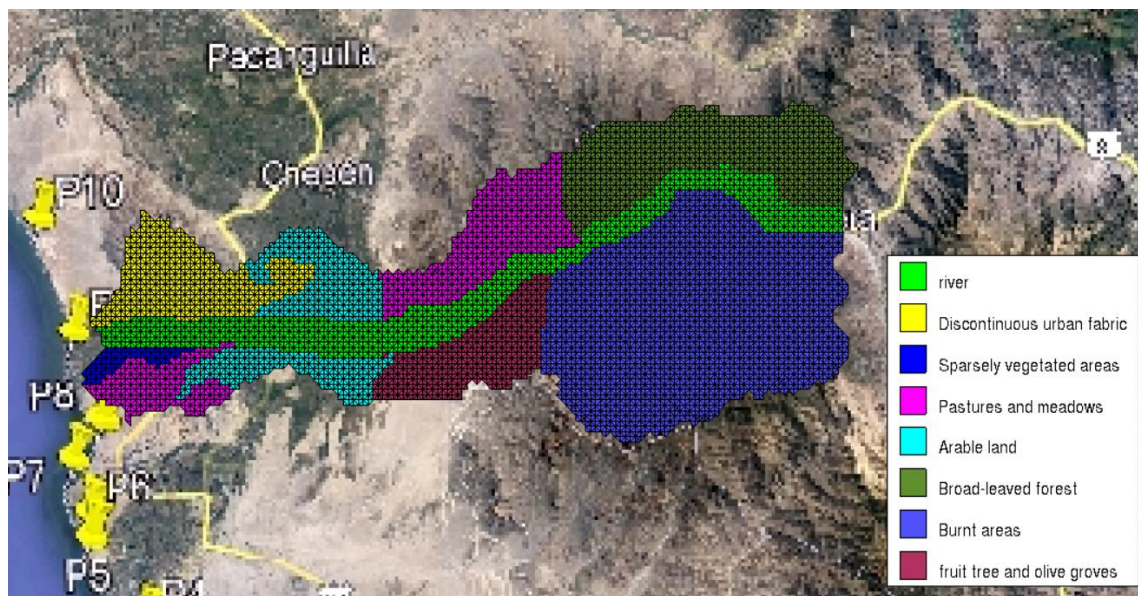
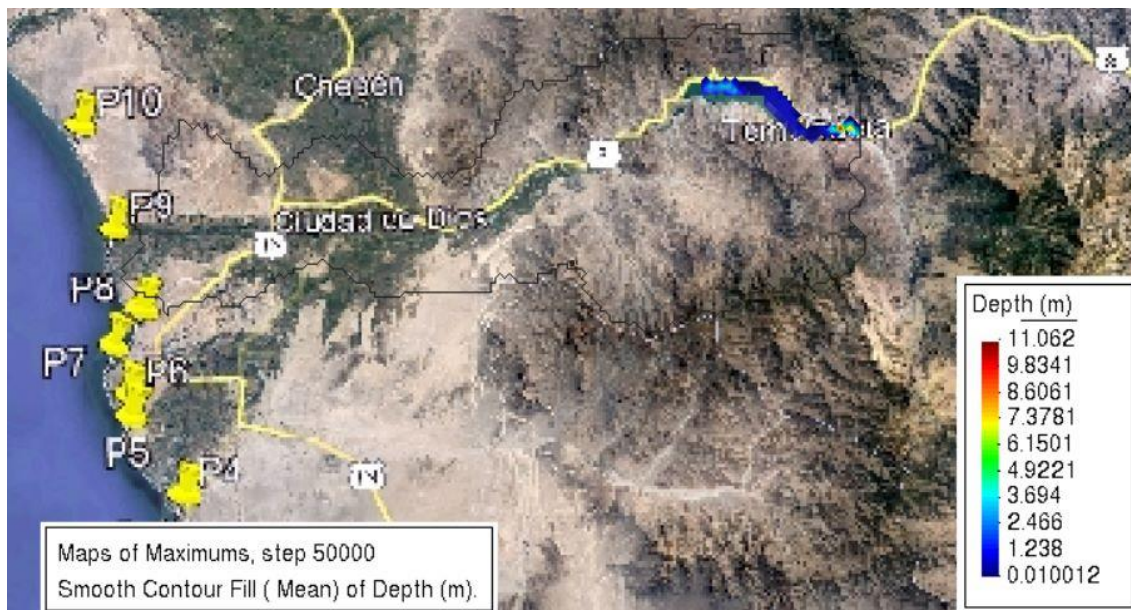


Figura N° 47: Suelos de la Cuenca. Fuente: Propia

Id	Uso	n
1	river	0.025
2	Discontinuous urban fabric	0.09
3	Sparsely Vegetated Areas	0.025
3	Sparsely Vegetated Areas	0.025
4	Pastures and meadows	0.035
4	Pastures and meadows	0.035
5	Arable Land	0.04
5	Arable Land	0.04
6	Broad-leaved forest	0.07
7	Burnt areas	0.04
8	Fruit tree and olive groves	0.06



**Figura N° 48: Profundidad de Cuenca. Fuente: Propia**



**Figura N° 49: Caudal Especifico. Fuente: Propia**

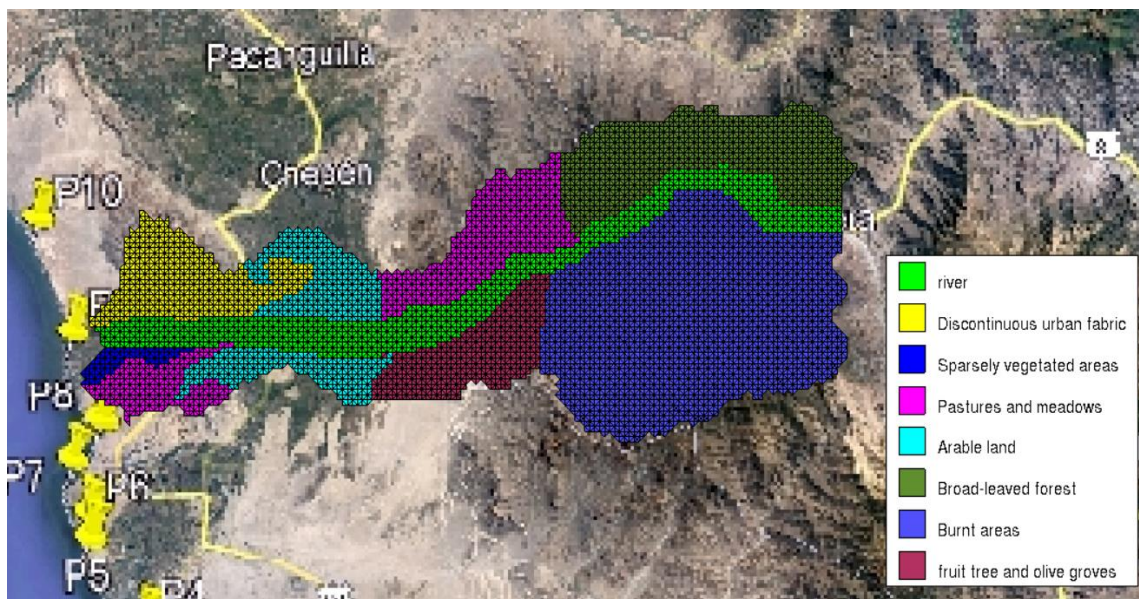


**Figura N° 50: Velocidad de Cuenca. Fuente: Propia**



**Figura N° 51: Elevación del Agua. Fuente: Propia**

**SUELO ORIGINAL CON LLUVIA ALTA**



**Figura N° 52: Suelos de la cuenca Cuenca. Fuente: Propia**



**Figura N° 53: Profundidad de Cuenca. Fuente: Propia**



**Figura N° 54: Caudal Especifico. Fuente: Propia**

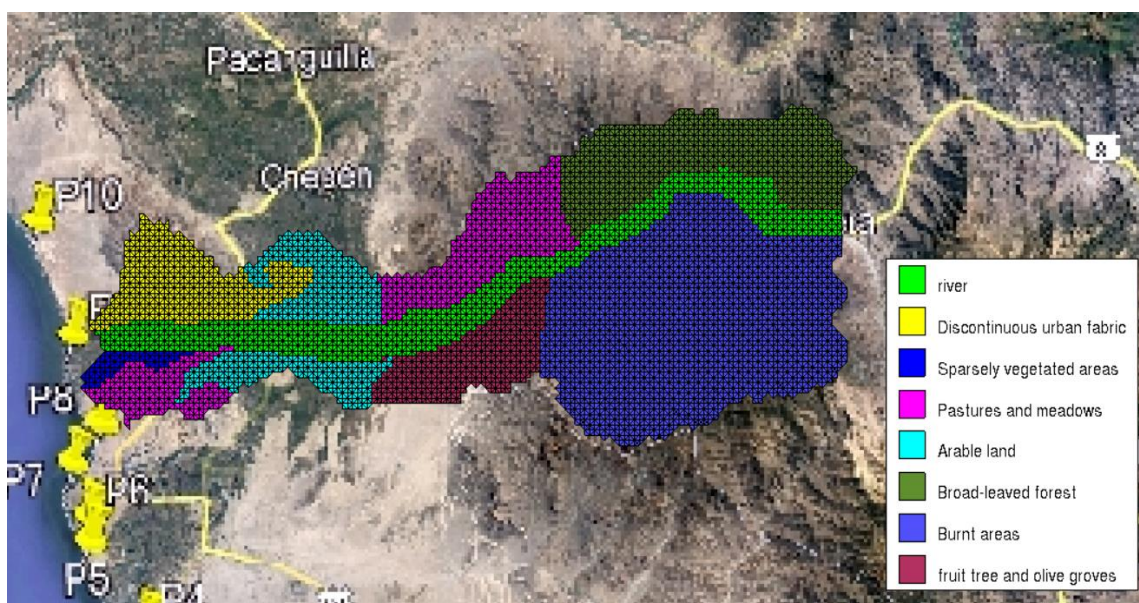


**Figura N° 55: Velocidad de la Cuenca. Fuente: Propia**



**Figura N° 56: Elevación del Agua. Fuente: Propia**

**SUELO ORIGINAL CON LLUVIA MEDIA**



**Figura N° 57: Suelos de la Cuenca. Fuente: Propia**



**Figura N° 58: Profundidad de la Cuenca. Fuente: Propia**



**Figura N° 59: Caudal Especifico. Fuente: Propia**

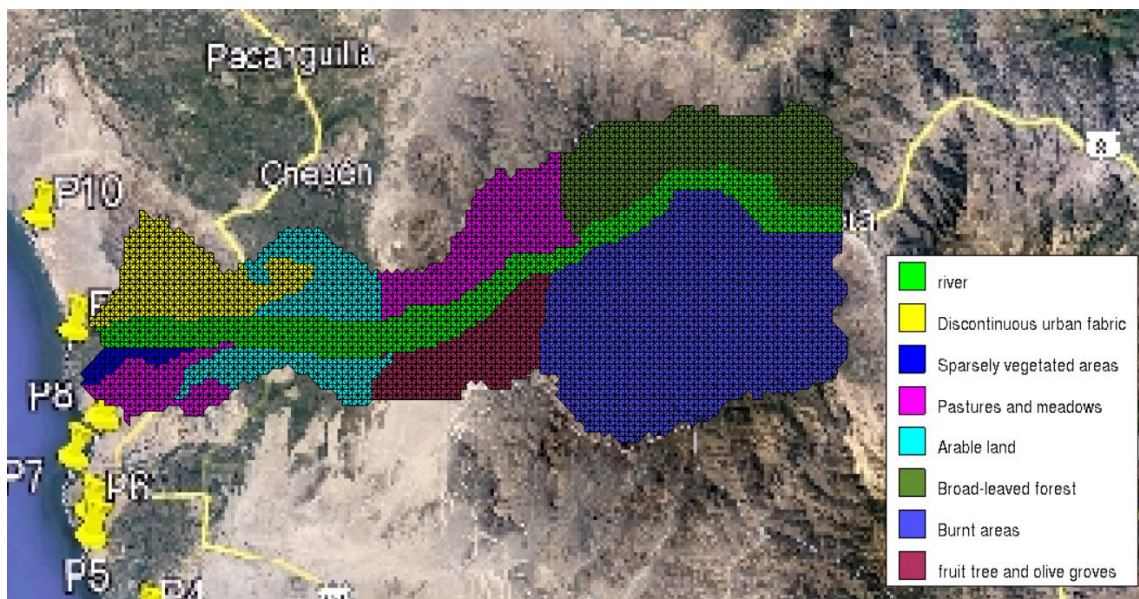


Figura N° 60: Velocidad. Fuente: Propia

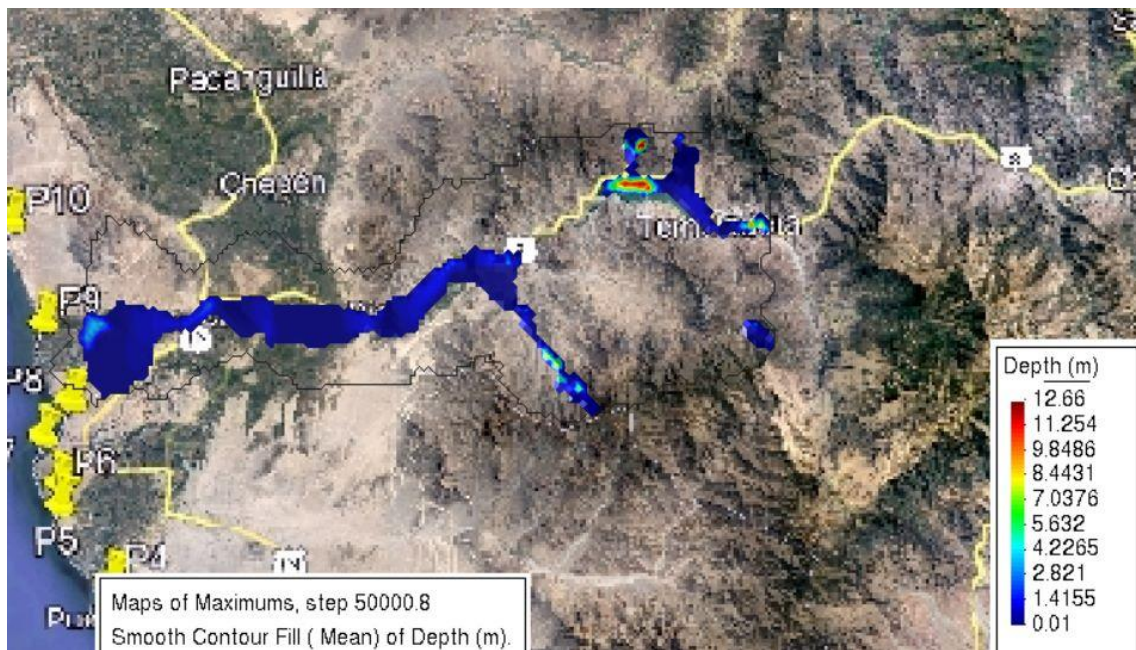


Figura N° 61: Elevación del Agua. Fuente: Propia

**SUELO ORIGINAL CON LLUVIA BAJA**



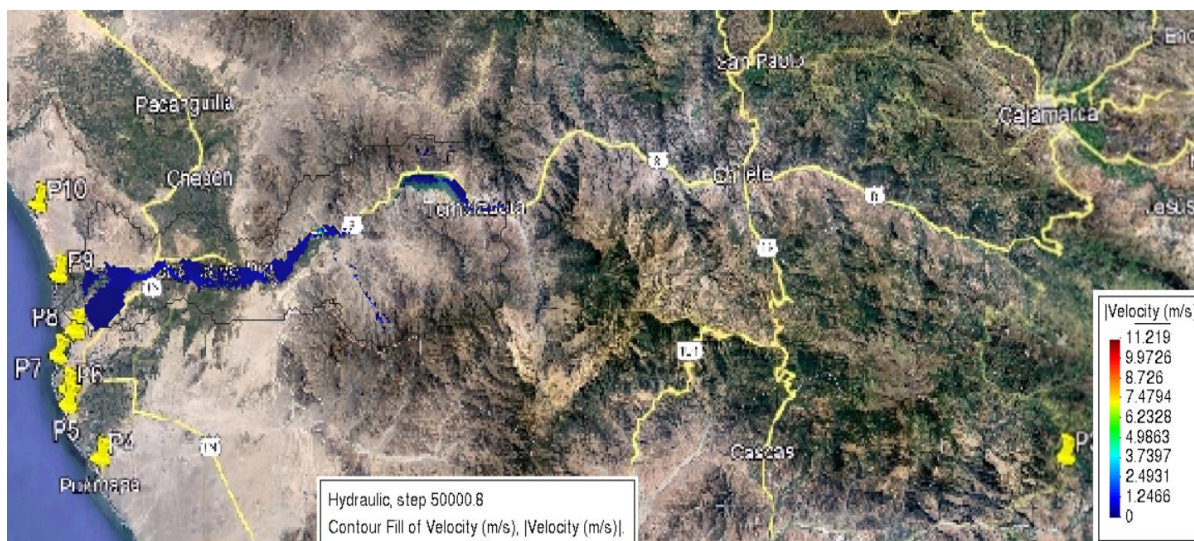
**Figura N° 62: Suelos de la cuenca. Fuente: Propia**



**Figura N° 63: Profundidad de la Cuenca. Fuente: Propia**



**Figura N° 64: Caudal Especifico. Fuente: Propia**



**Figura N° 65: Velocidad. Fuente: Propia**



Figura N° 66: Elevación del Agua. Fuente: Propia

### SUELO COMBINADO 1 CON LLUVIA ORIGINAL

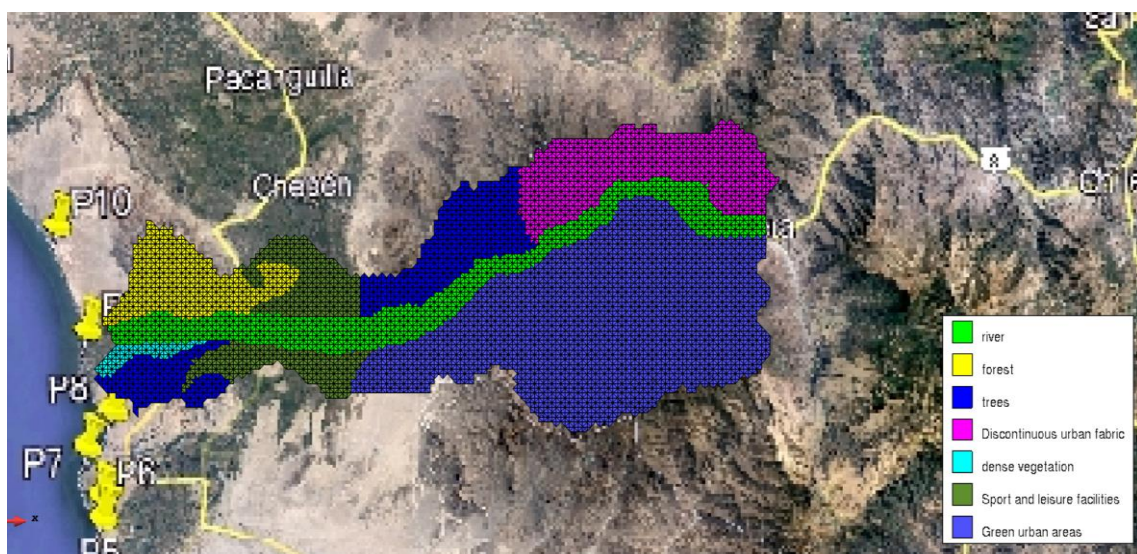


Figura N° 67: Suelo de la Cuenca. Fuente: Propia

Id	Uso	n
1	river	0.025
2	forest	0.12
3	dense vegetation	0.18
3	dense vegetation	0.18
3	dense vegetation	0.18
4	trees	0.12
4	trees	0.12
5	Sport and leisure facilities	0.09
6	Discontinuous urban fabric	0.09
7	Green urban areas	0.09

8	Arable land	0.04
---	-------------	------



**Figura N° 68: Profundidad de la cuenca. Fuente: Propia**



**Figura N° 69: Caudal Especifico. Fuente: Propia**

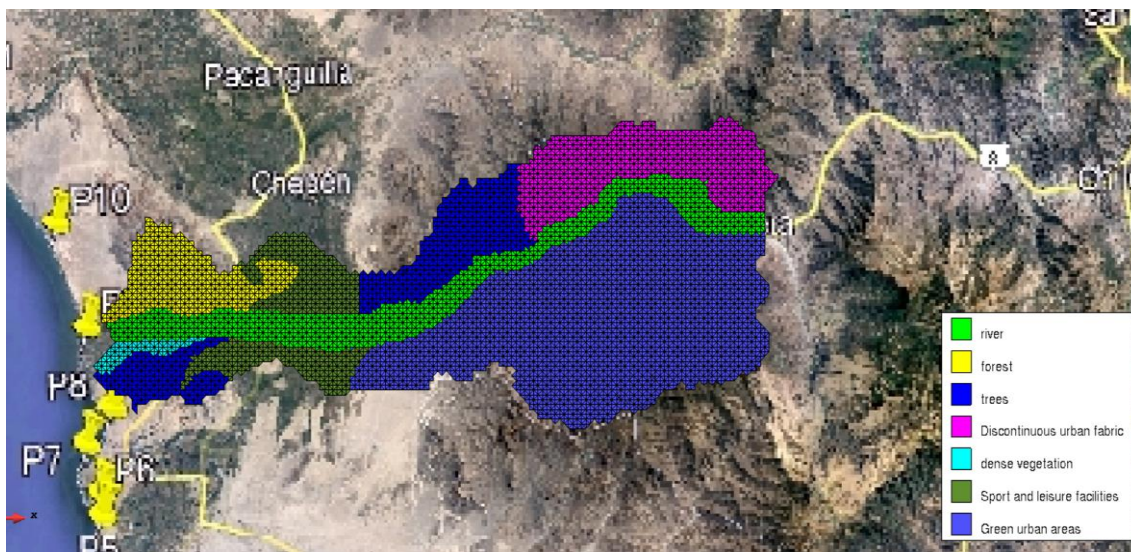


Figura N° 70: Velocidad. Fuente: Propia



Figura N° 71: Elevación del Agua. Fuente: Propia

**SUELO COMBINADO 1 CON LLUVIA ALTA**



**Figura N° 72: Suelo de la Cuenca. Fuente: Propia**

Id	Uso	n
1	River	0.025
2	Forest	0.12
3	dense vegetation	0.18
3	dense vegetation	0.18
3	dense vegetation	0.18
4	Tres	0.12
4	Tres	0.12
5	Sport and leisure facilities	0.09
6	Discontinuous urban fabric	0.09
7	Green urban areas	0.09
8	Arable land	0.04



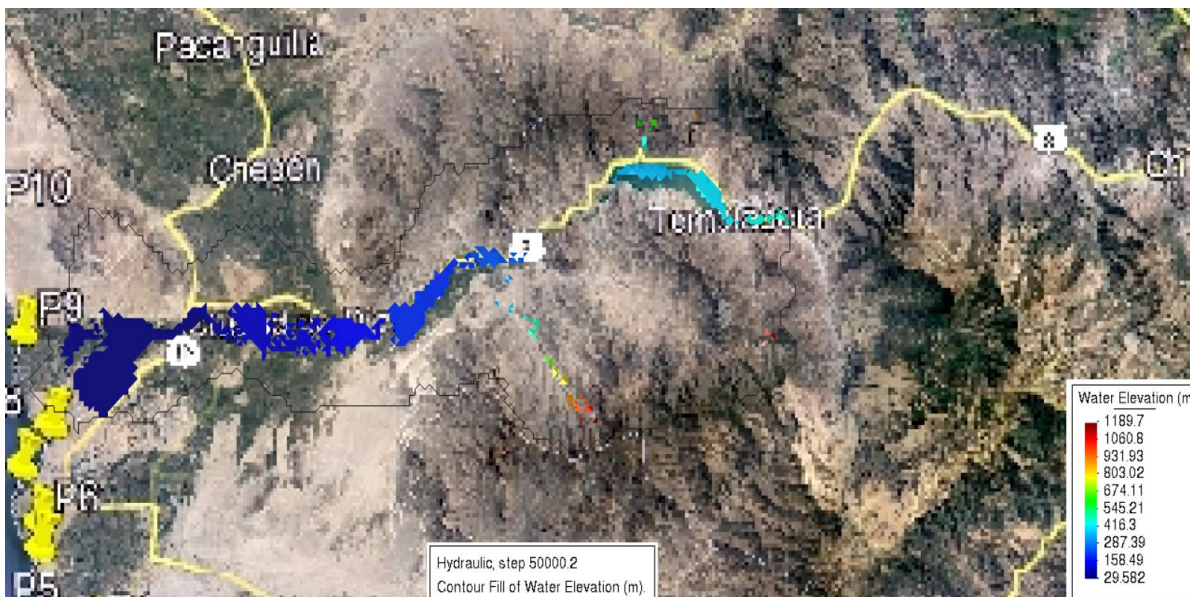
**Figura N° 73: Profundidad de la cuenca. Fuente: Propia**



**Figura N° 74: Velocidad. Fuente: Propia**

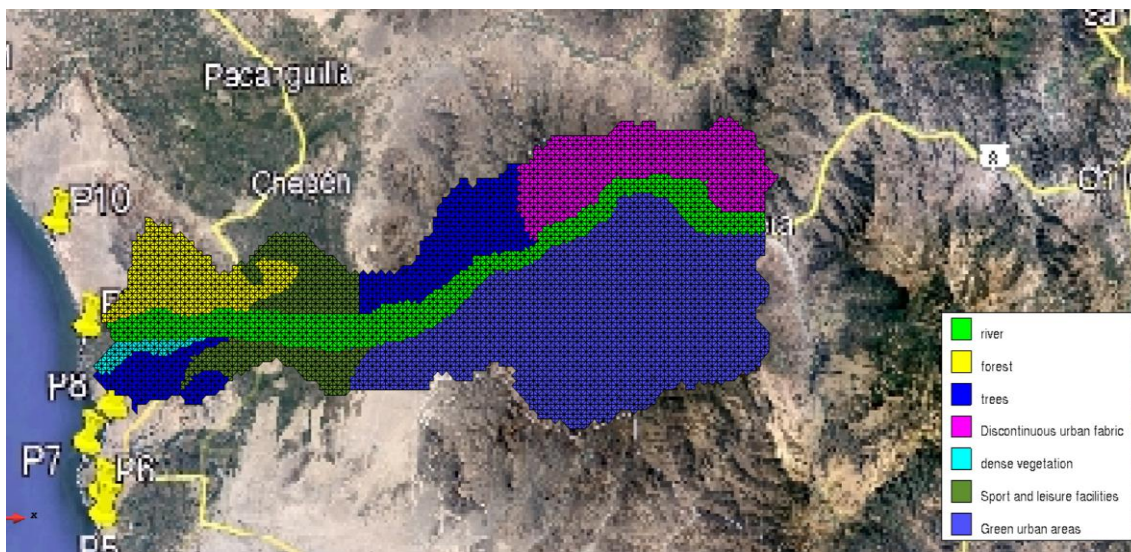


**Figura N° 75: Caudal Especifico. Fuente: Propia**



**Figura N° 76: Elevación del Agua. Fuente: Propia**

**SUELO COMBINADO 1 CON LLUVIA MEDIA**



**Figura N° 77: Suelo de la Cuenca. Fuente: Propia**

Id	Uso	N
1	River	0.025
2	Forest	0.12
3	dense vegetation	0.18
3	dense vegetation	0.18
3	dense vegetation	0.18
4	Tres	0.12
4	Tres	0.12
5	Sport and leisure facilities	0.09
6	Discontinuous urban fabric	0.09
7	Green urban areas	0.09

8	Arable land	0.04
---	-------------	------



**Figura N° 78: Profundidad de la cuenca. Fuente: Propia**



**Figura N° 79: Caudal Especifico. Fuente: Propia**

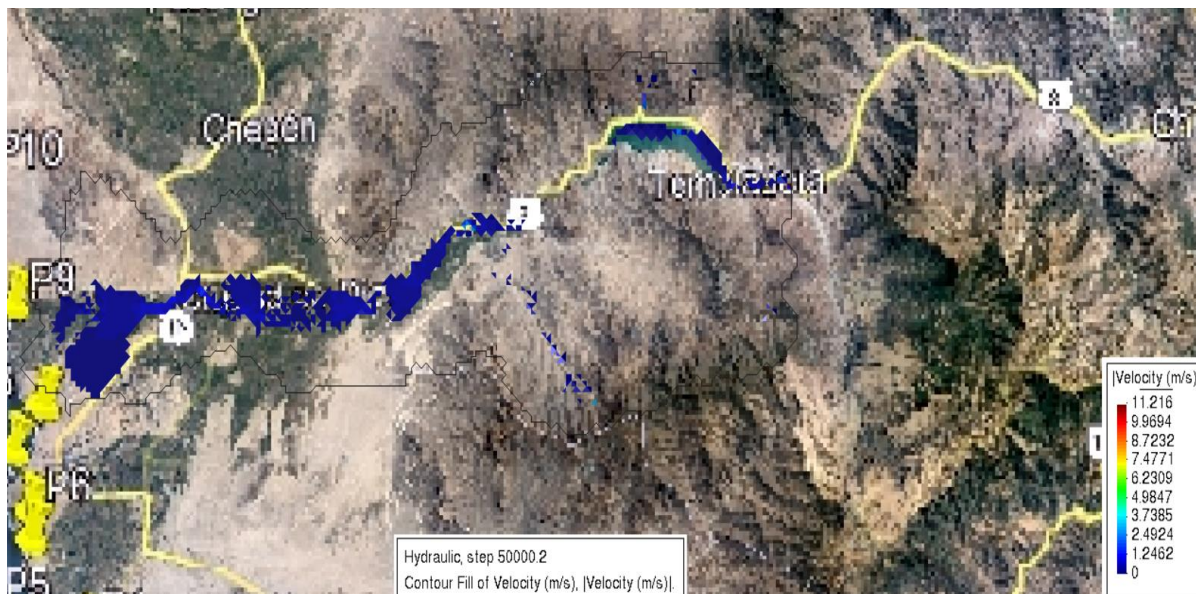
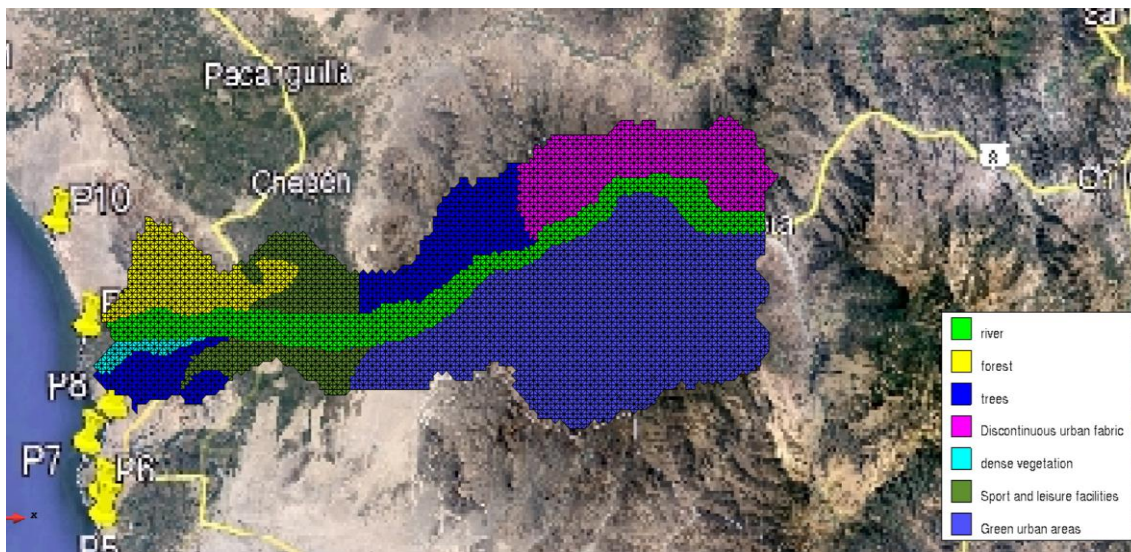


Figura N° 80: Velocidad. Fuente: Propia



Figura N° 81: Elevación del Agua. Fuente: Propia

**SUELO COMBINADO 1 CON LLUVIA BAJA**



**Figura N° 82: Suelo de la Cuenca. Fuente: Propia**

Id	Uso	N
1	River	0.025
2	Forest	0.12
3	dense vegetation	0.18
3	dense vegetation	0.18
3	dense vegetation	0.18
4	Tres	0.12
4	Tres	0.12
5	Sport and leisure facilities	0.09
6	Discontinuous urban fabric	0.09
7	Green urban areas	0.09
8	Arable land	0.04



**Figura N° 83: Profundidad de la cuenca. Fuente: Propia**



**Figura N° 84: Caudal Especifico de la cuenca. Fuente: Propia**

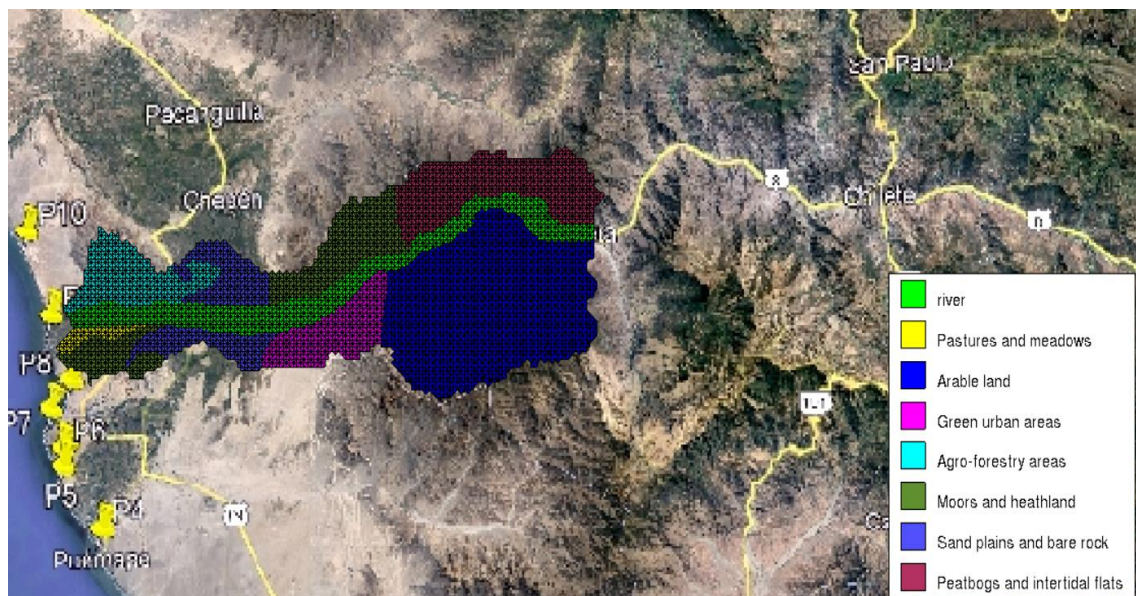


**Figura N° 85: Velocidad. Fuente: Propia**



**Figura N° 86: Elevación del Agua. Fuente: Propia**

**SUELO COMBINADO 2 CON LLUVIA ORIGINAL**



**Figura N° 87: Suelos de la Cuenca. Fuente: Propia**

Id	Uso	N
1	river	0.025
2	Agro-forestry areas	0.06
3	Pastures and meadows	0.035
3	Pastures and meadows	0.035
4	Pastures and meadows	0.035
5	Moors and heathland	0.065
5	Moors and heathland	0.065
6	Sand plains and bare rock	0.025
7	Peatbogs and intertidal flats	0.04
4	Arable land	0.04
9	sand/clay	0.023



Figura N° 88: Profundidad de la cuenca. Fuente: Propia



**Figura N° 89: Caudal Especifico. Fuente: Propia**

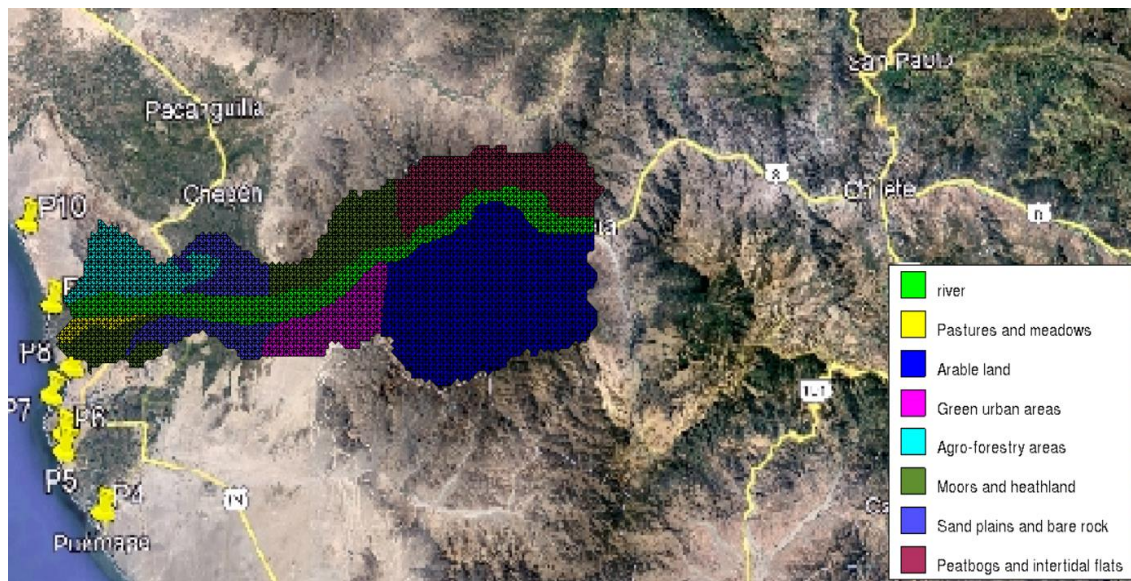


**Figura N° 90: Velocidad. Fuente: Propia**



**Figura N° 91: Elevación del agua. Fuente: Propia**

**SUELO COMBINADO 2 CON LLUVIA ALTA**



**Figura N° 92: Suelos de la Cuenca. Fuente: Propia**

Id	Uso	n
1	river	0.025
2	Agro-forestry areas	0.06
3	Pastures and meadows	0.035
3	Pastures and meadows	0.035
4	Pastures and meadows	0.035
5	Moors and heathland	0.065
5	Moors and heathland	0.065
6	Sand plains and bare rock	0.025
7	Peatbogs and intertidal flats	0.04
4	Arable land	0.04
9	sand/clay	0.023



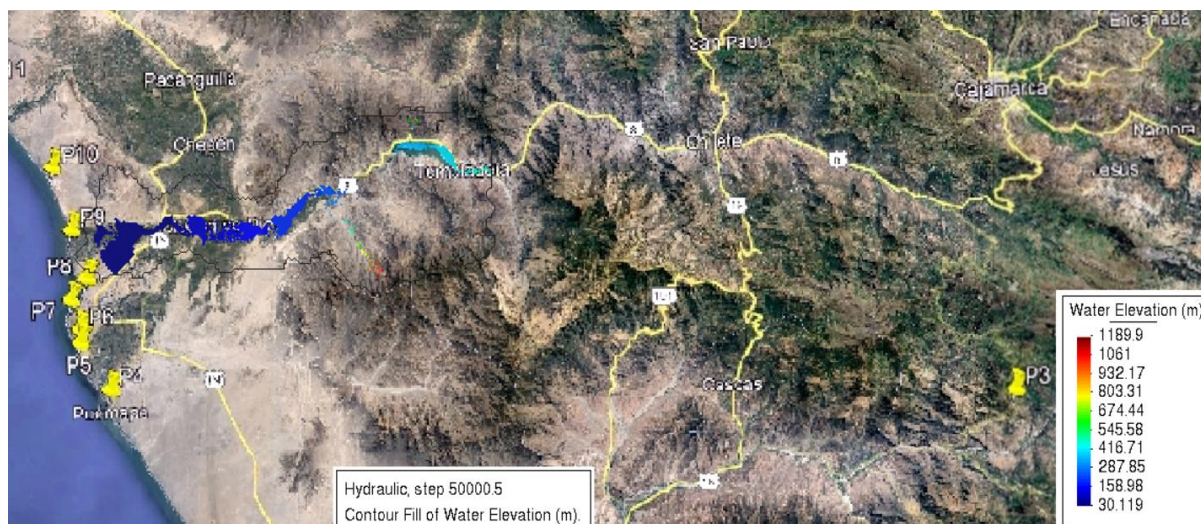
**Figura N° 93: Profundidad de la cuenca. Fuente: Propia**



**Figura N° 94: Caudal Especifico. Fuente: Propia**

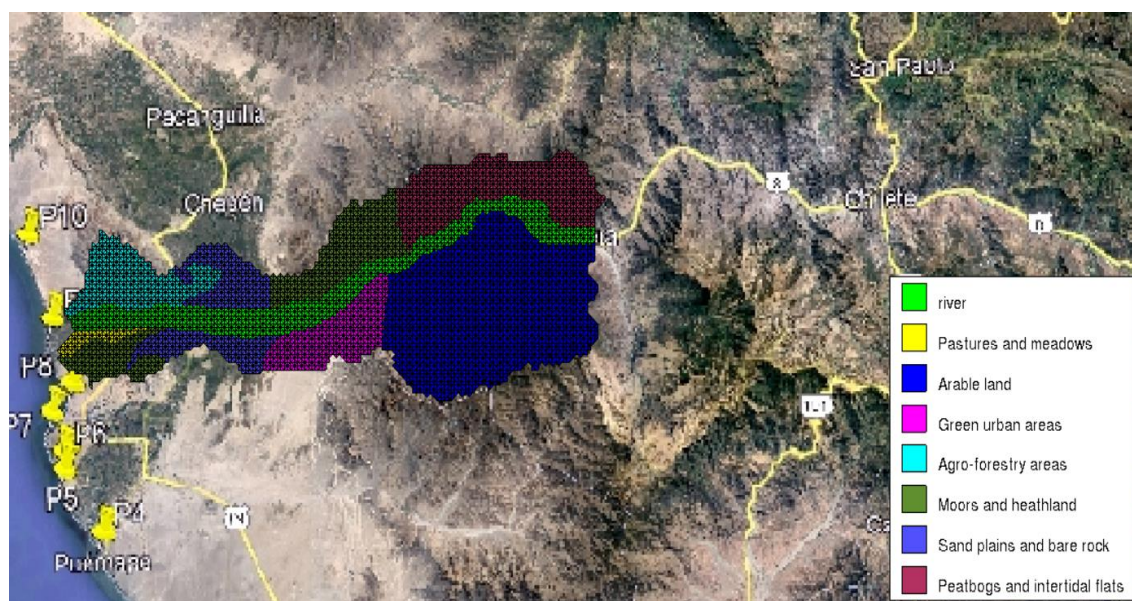


**Figura N° 95: Velocidad. Fuente: Propia**



**Figura N° 96: Elevación del Agua. Fuente: Propia**

### SUELO COMBINADO 2 CON LLUVIA MEDIA



**Figura N° 97: Suelos de la Cuenca. Fuente: Propia**

Id	Uso	n
1	river	0.025
2	Agro-forestry areas	0.06
3	Pastures and meadows	0.035
3	Pastures and meadows	0.035
4	Pastures and meadows	0.035
5	Moors and heathland	0.065
5	Moors and heathland	0.065
6	Sand plains and bare rock	0.025
7	Peatbogs and intertidal flats	0.04
4	Arable land	0.04

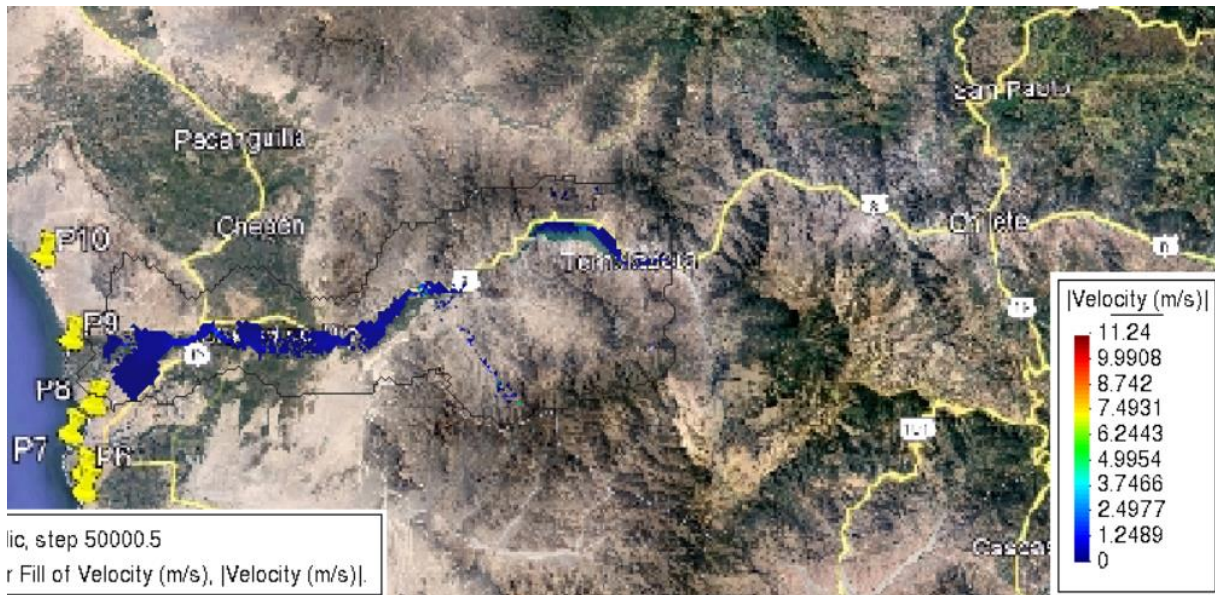
9	sand/clay	0.023
---	-----------	-------



**Figura N° 98: Profundidad de la cuenca. Fuente: Propia**



**Figura N° 99: Caudal Especifico. Fuente: Propia**



**Figura N° 100: Velocidad. Fuente: Propia**



**Figura N° 101: Elevación del Agua. Fuente: Propia**

### SUELO COMBINADO 2 CON LLUVIA BAJA

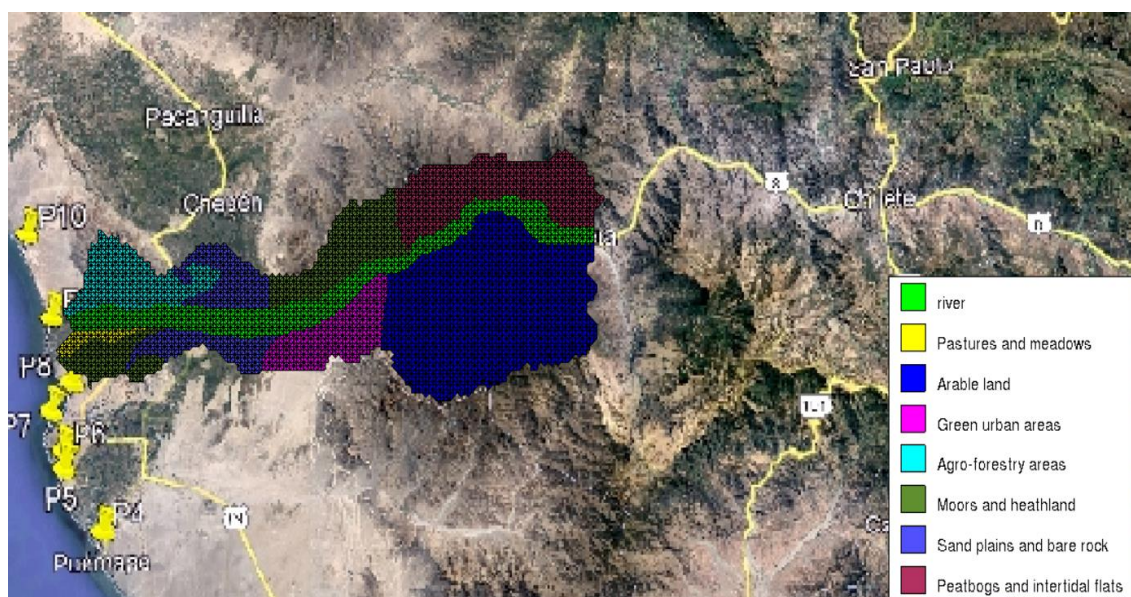
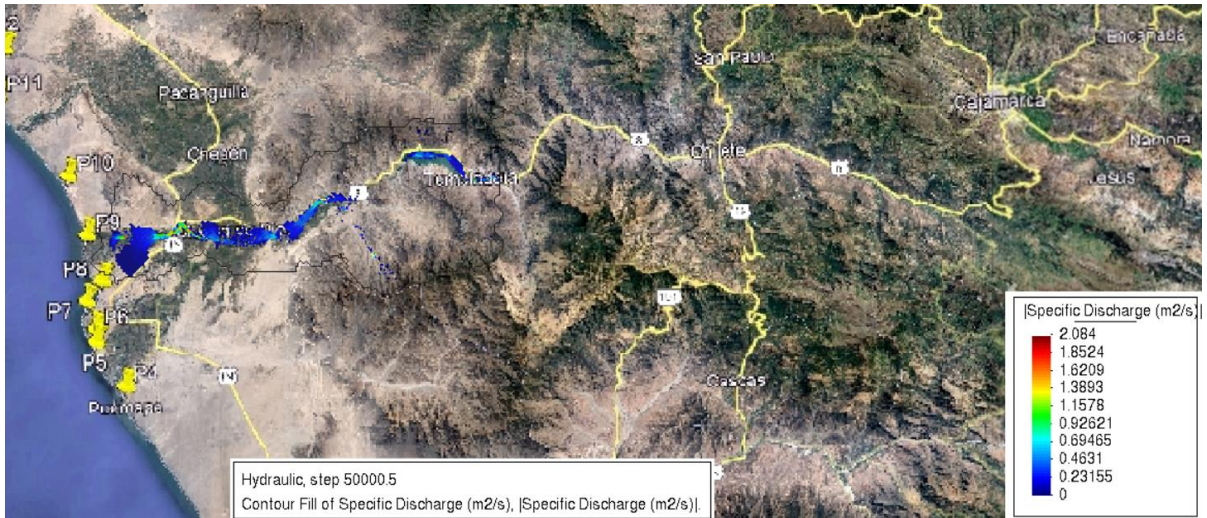


Figura N° 102: Suelos de la Cuenca. Fuente: Propia

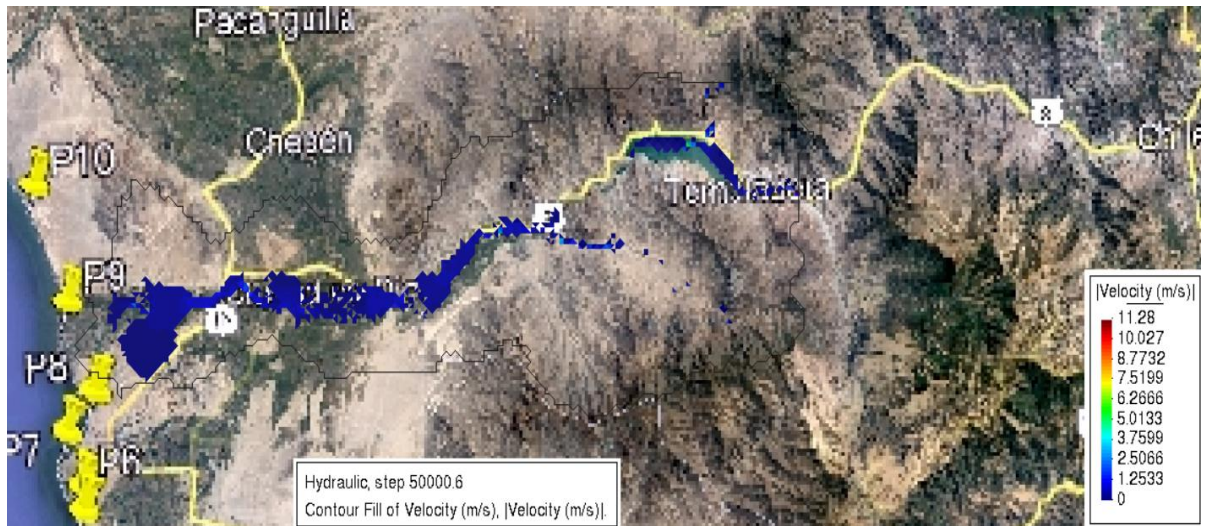
Id	Uso	N
1	river	0.025
2	Agro-forestry areas	0.06
3	Pastures and meadows	0.035
3	Pastures and meadows	0.035
4	Pastures and meadows	0.035
5	Moors and heathland	0.065
5	Moors and heathland	0.065
6	Sand plains and bare rock	0.025
7	Peatbogs and intertidal flats	0.04
4	Arable land	0.04
9	sand/clay	0.023



Figura N° 103: Profundidad de la cuenca. Fuente: Propia



**Figura N° 104: Caudal Especifico. Fuente: Propia**



**Figura N° 105: Velocidad. Fuente: Propia**



**Figura N° 106: Elevación del Agua. Fuente: Propia**

### SUELO COMBINADO 3 CON LLUVIA ORIGINAL

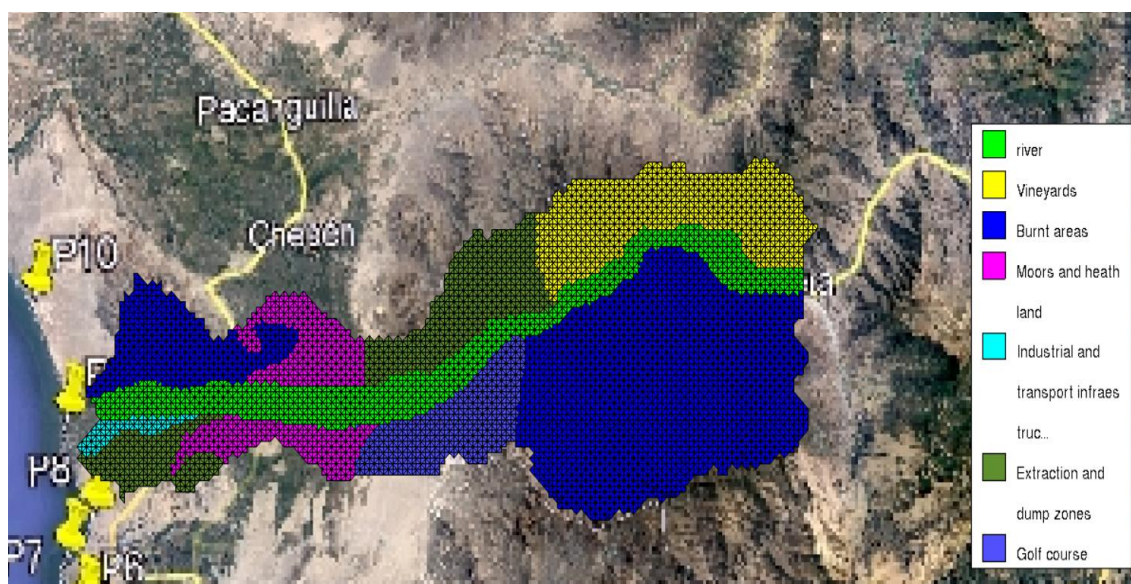


Figura N° 107: Profundidad de cuenca. *Fuente: Propia*

Id	Uso	n
1	river	0.025
2	Burnt areas	0.04
3	Industrial and transport infraestructure	0.1
3	Industrial and transport infraestructure	0.1
4	Extraction and dump zones	0.04
5	Moors and heathland	0.065
5	Moors and heathland	0.065
6	Vineyards	0.05
7	Burnt areas	0.04
4	Extraction and dump zones	0.04
8	Golf course	0.035



Figura N° 108: Profundidad de cuenca. *Fuente: Propia*



Figura N° 109: Caudal Especifico. Fuente: Propia

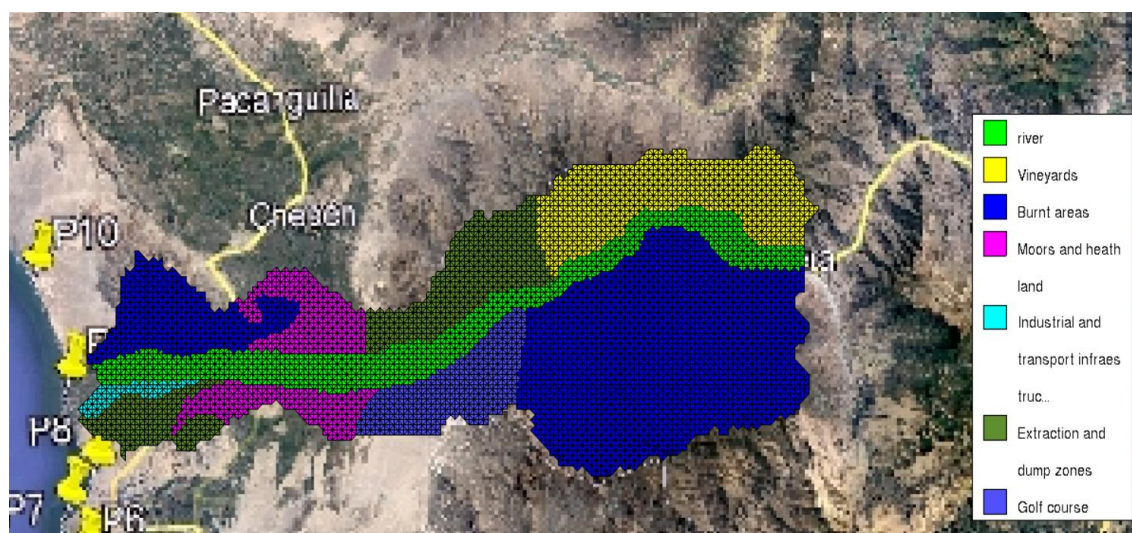


Figura N° 110: Velocidad. Fuente: Propia



**Figura N° 111: Elevación del Agua. Fuente: Propia**

### SUELO COMBINADO 3 CON LLUVIA ALTA

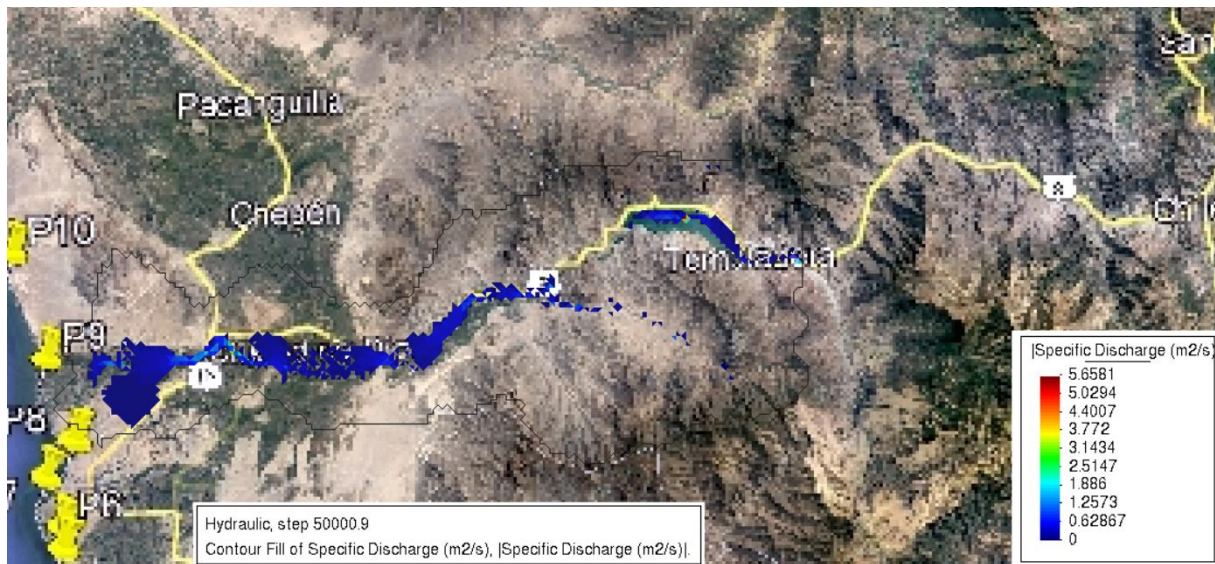


**Figura N° 112: Profundidad de cuenca. Fuente: Propia**

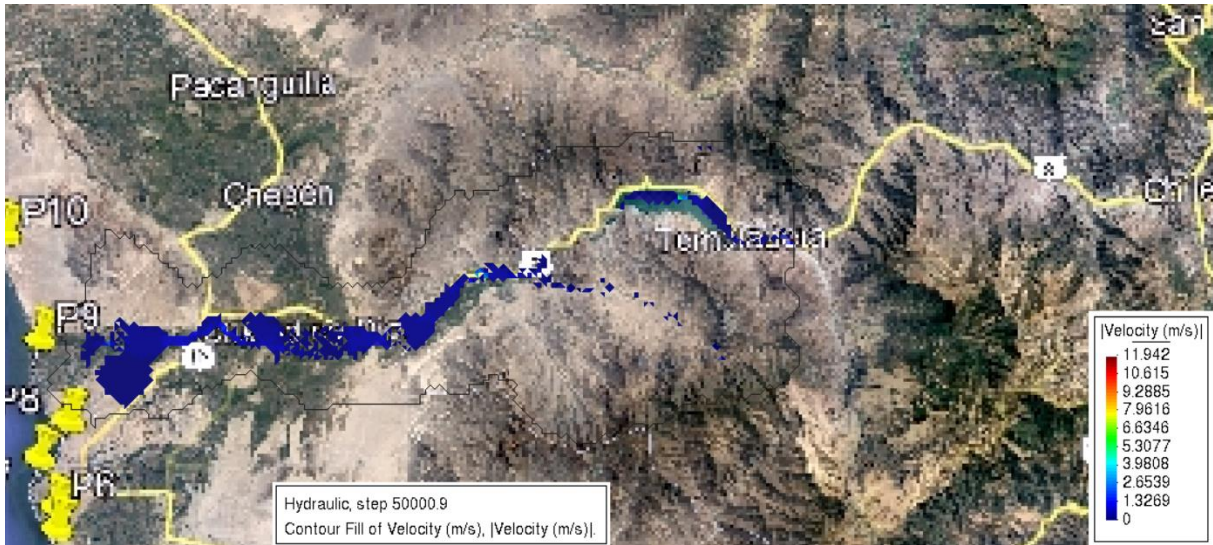
Id	Uso	n
1	river	0.025
2	Burnt areas	0.04
3	Industrial and transport infraestructure	0.1
3	Industrial and transport infraestructure	0.1
4	Extraction and dump zones	0.04
5	Moors and heathland	0.065
5	Moors and heathland	0.065
6	Vineyards	0.05
7	Burnt areas	0.04
4	Extraction and dump zones	0.04
8	Golf course	0.035



**Figura N° 113: Profundidad de la cuenca. Fuente: Propia**



**Figura N° 114: Caudal Especifico. Fuente: Propia**

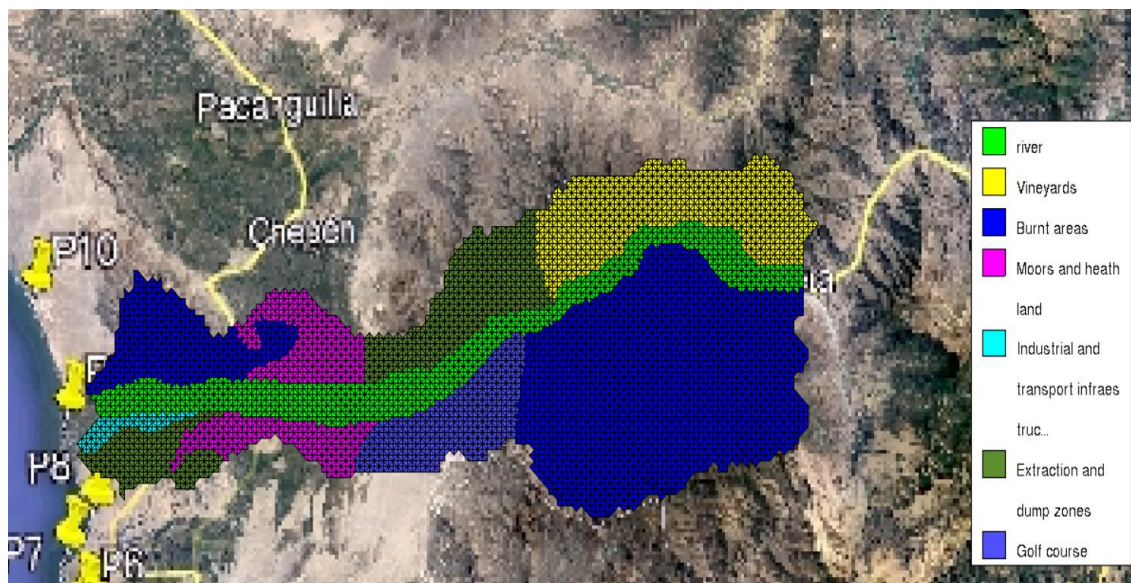


**Figura N° 115: Velocidad. Fuente: Propia**



**Figura N° 116: Elevación del Agua. Fuente: Propia**

**SUELO COMBINADO 3 CON LLUVIA MEDIA**

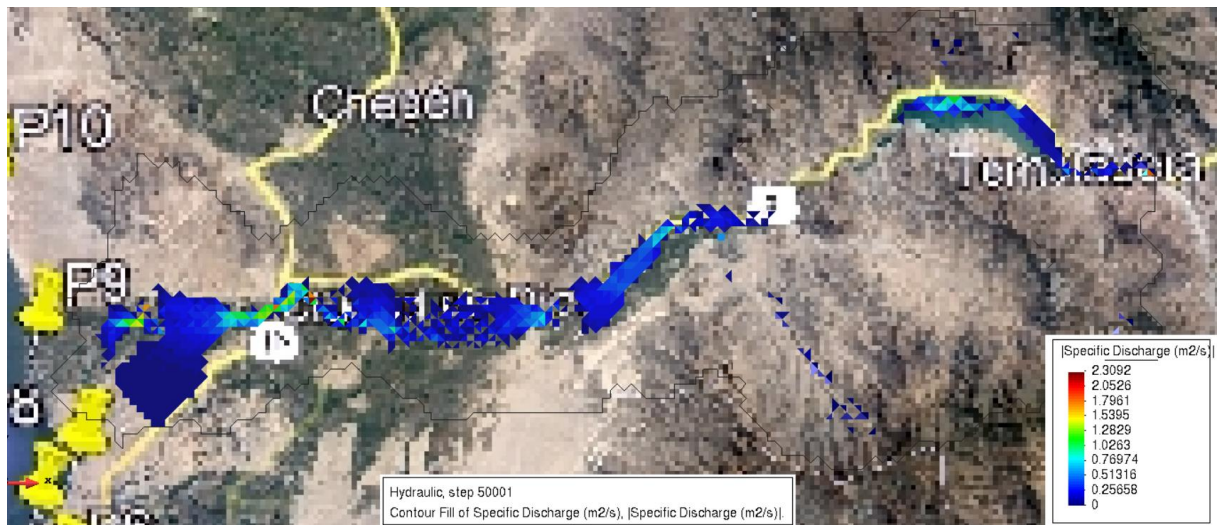


**Figura N° 117: Profundidad de cuenca. Fuente: Propia**

Id	Uso	n
1	river	0.025
2	Burnt areas	0.04
3	Industrial and transport infraestructure	0.1
3	Industrial and transport infraestructure	0.1
4	Extraction and dump zones	0.04
5	Moors and heathland	0.065
5	Moors and heathland	0.065
6	Vineyards	0.05
7	Burnt areas	0.04
4	Extraction and dump zones	0.04
8	Golf course	0.035



**Figura N° 118: Profundidad de la cuenca. Fuente: Propia**



**Figura N° 119: Caudal Especifico. Fuente: Propia**

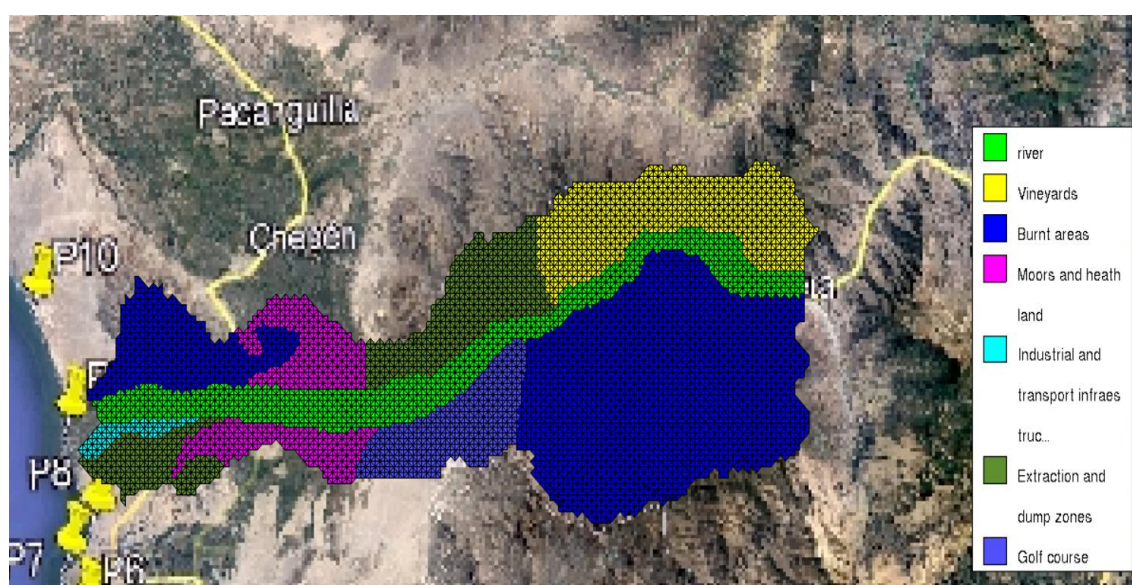


**Figura N° 120: Velocidad Fuente: Propia**



**Figura N° 121: Elevación del Agua. Fuente: Propia**

### SUELO COMBINADO 3 CON LLUVIA BAJA



**Figura N° 122: Profundidad de cuenca. Fuente: Propia**

Id	Uso	N
1	river	0.025
2	Burnt areas	0.04
3	Industrial and transport infraestructure	0.1
3	Industrial and transport infraestructure	0.1
4	Extraction and dump zones	0.04
5	Moors and heathland	0.065
5	Moors and heathland	0.065
6	Vineyards	0.05
7	Burnt areas	0.04
4	Extraction and dump zones	0.04
8	Golf course	0.035



Figura N° 123: Profundidad de la cuenca. *Fuente: Propia*



Figura N° 124: Caudal Especifico. *Fuente: Propia*



Figura N° 125: Velocidad. Fuente: Propia



Figura N° 126: Elevación del Agua. Fuente: Propia

## Discusión

- TABLA COMPARATIVA

MODELAMIENTO	PROFUNDIDAD DEL AGUA (m)		CAUDAL ESPECIFICO (m <sup>2</sup> /s)		VELOCIDAD (m/s)		COTA DEL AGUA (m)	
Suelo Original - Lluvia Original	11.062	0.01	3.7978	0	2.0742	0	489.8	353.48
Suelo Original - Lluvia Alta	38.623	0.01	11.461	0	12.371	0	1189.6	29.625
Suelo Original - Lluvia Media	38.623	0.01	11.461	0	12.371	0	1134.3	315.01
Suelo Original - Lluvia Baja	12.66	0.01	2.2728	0	11.219	0	1134.3	315.01
Suelo 1 - Lluvia Original	22.941	0.01	2.0863	0	2.0736	0	489.8	353.46
Suelo 1 - Lluvia Alta	38.639	0.01	16.118	0	11.291	0	1189.7	29.582
Suelo 1 - Lluvia Media	38.618	0.01	10.295	0	11.216	0	1134.3	350.02
Suelo 1 - Lluvia Baja	32.885	0.01	1.4922	0	11.212	0	1134.3	315.01
Suelo 2 - Lluvia Original	22.907	0.01	3.2252	0	2.0732	0	489.8	353.48
Suelo 2 - Lluvia Alta	33.662	0.01	6.2817	0	11.24	0	1189.9	30.119
Suelo 2 - Lluvia Media	33.662	0.01	6.2817	0	11.24	0	1189.9	30.119
Suelo 2 - Lluvia Baja	24.05	0.01	2.084	0	11.28	0	1128.5	29.944
Suelo 3 - Lluvia Original	22.948	0.01	3.7978	0	2.0742	0	489.8	353.48
Suelo 3- Lluvia Alta	33.629	0.01	5.6581	0	11.942	0	1190	29.576
Suelo 3- Lluvia Media	33.662	0.01	2.3092	0	11.257	0	1189.9	30.119
Suelo 3- Lluvia Baia	24.046	0	2.084	0	11.24	0	1128.5	30.047

- Realizando los diferentes modelamientos podemos observar las diferentes crecidas de altura de agua se encuentra en un rango considerable que varía desde 39.00 – 0 m para cada una de los modelamientos de la cuenca nos encontramos con diferentes características, aunque existen las máxima altura de agua de 38.63 metros, la altura promedio del agua es de 13 metros la cual se puede decir que es la más representativa, al decir un altura promedio del agua, nos referimos al nivel de agua respecto al fondo o a nivel del terreno natural .
- Además, el máximo velocidades máximas es de 12.37m/s aprox. lo cual se da en un tipo de en las lluvias medias y altas para todos los tipos de suelo.
- Por otro lado, el máximo caudal máximo es de 16.12m<sup>3</sup>/s lo cual se da en un tipo de suelo 2 con una lluvia media, lo cual se da debido al coeficiente de escorrentía que presenta el suelo 2 los cuales son los coeficientes más altos a comparación con el resto de los suelos.
- También se encuentra elevaciones máximas de 7.6m en lo que son los suelos originales con lluvia altas.

## Conclusiones

- Se realizo el analices de la escorrentía de acuerdo los tipos de suelo que se presentan en la cuenca de los cuales podemos tener en cuenta los siguientes caudales:

$Q_1 = 8.30 \text{m}^3/\text{s}$  en un suelo desierto desecado – premontano tropical con una intensidad de lluvia de 6.78 mm/día y una evaporación 4mm/día y una evotranspiración de 6.69mm/día veces la precipitación, causando un nivel bajo de caudal y una baja escorrentía.

$Q_1 = 5.31 \text{m}^3/\text{s}$  en un suelo desierto superárido – premontano tropical con una intensidad de lluvia de 14.66 mm/día y una evaporación 6.54mm/día y una evotranspiración de 10.14mm/día, causando un nivel intermedio de caudal y una escorrentía moderada en ese tipo de suelo

$Q_1 = 16.32 \text{m}^3/\text{s}$  en un suelo desierto perarido – premontano tropical con una intensidad de lluvia de 25.03 mm/día y una evaporación 7.64mm/día y una evotranspiración de 10.64mm/día, causando un nivel intermedio de caudal y una escorrentía moderada en ese tipo de suelo

- Se realizaron modelamientos hidrológicos y de delimitación de la cuenca mediante los programas IBER, ArcMap (Hec-GEOHMS), los cuales me permitieron obtener datos del flujo, de la dirección de este, caudal, velocidad, elevación del agua en la cuenca y otros datos para obtener la escorrentía de la cuenca en sus diferentes tipos de suelo.
- Se analizo con diferentes tipos de suelos con diferentes coeficientes de escorrentía:

### Suelo 1:

Id	Uso	n
1	River	0.025
2	Forest	0.12
3	dense vegetation	0.18
3	dense vegetation	0.18
3	dense vegetation	0.18
4	Tres	0.12
4	Tres	0.12
5	Sport and leisure facilities	0.09
6	Discontinuous urban fabric	0.09
7	Green urban áreas	0.09
8	Arable land	0.04

**Suelo 2:**

<b>Id</b>	<b>Uso</b>	<b>n</b>
1	River	0.025
2	Agro-forestry áreas	0.06
3	Pastures and meadows	0.035
3	Pastures and meadows	0.035
4	Pastures and meadows	0.035
5	Moors and heathland	0.065
5	Moors and heathland	0.065
6	Sand plains and bare rock	0.025
7	Peatbogs and intertidal flats	0.04
4	Arable land	0.04
9	sand/clay	0.023

**Suelo 3:**

<b>Id</b>	<b>Uso</b>	<b>n</b>
1	River	0.025
2	Burnt áreas	0.04
3	Industrial and transport infraestructure	0.1
3	Industrial and transport infraestructure	0.1
4	Extraction and dump zones	0.04
5	Moors and heathland	0.065
5	Moors and heathland	0.065
6	Vineyards	0.05
7	Burnt áreas	0.04
4	Extraction and dump zones	0.04
8	Golf course	0.035

- Se realizo una tabla comparativa de los diferentes modelos que se elaboraron en el programa ArcMap e Iber cambiando las características del suelo y las precipitaciones de la zona.

MODELAMIENTO	PROFUNDIDAD DEL AGUA (m)		CAUDAL ESPECIFICO (m <sup>2</sup> /s)		VELOCIDAD (m/s)		COTA DEL AGUA (m)	
Suelo Original - Lluvia Original	11.062	0.01	3.7978	0	2.0742	0	489.8	353.48
Suelo Original - Lluvia Alta	38.623	0.01	11.461	0	12.371	0	1189.6	29.625
Suelo Original - Lluvia Media	38.623	0.01	11.461	0	12.371	0	1134.3	315.01
Suelo Original - Lluvia Baja	12.66	0.01	2.2728	0	11.219	0	1134.3	315.01
Suelo 1 - Lluvia Original	22.941	0.01	2.0863	0	2.0736	0	489.8	353.46
Suelo 1 - Lluvia Alta	38.639	0.01	16.118	0	11.291	0	1189.7	29.582
Suelo 1 - Lluvia Media	38.618	0.01	10.295	0	11.216	0	1134.3	350.02
Suelo 1 - Lluvia Baja	32.885	0.01	1.4922	0	11.212	0	1134.3	315.01
Suelo 2 - Lluvia Original	22.907	0.01	3.2252	0	2.0732	0	489.8	353.48
Suelo 2 - Lluvia Alta	33.662	0.01	6.2817	0	11.24	0	1189.9	30.119
Suelo 2 - Lluvia Media	33.662	0.01	6.2817	0	11.24	0	1189.9	30.119
Suelo 2 - Lluvia Baja	24.05	0.01	2.084	0	11.28	0	1128.5	29.944
Suelo 3 - Lluvia Original	22.948	0.01	3.7978	0	2.0742	0	489.8	353.48
Suelo 3 - Lluvia Alta	33.629	0.01	5.6581	0	11.942	0	1190	29.576
Suelo 3 - Lluvia Media	33.662	0.01	2.3092	0	11.257	0	1189.9	30.119
Suelo 3 - Lluvia Baia	24.046	0	2.084	0	11.24	0	1128.5	30.047

- Se han realizado modelamientos con diferentes tipos de suelo e implemente diferentes niveles de precipitaciones en donde se observar de manera detallada la escorrentía de la cuenca debido a su dirección de flujo que se presenta en los modelamientos, podemos así concluir que la mayor escorrentía se da en los modelamientos donde se caracterizó una precipitación alta y en los suelos con mayor coeficiente de escorrentía como son: Suelo Original, Suelo 2, Suelo 3c con Lluvia Alta.
- Se cuantifico un el recurso hídrico superficial en la cuenca de Bajo Jequetepeque y se obtuvo un aproximado de 10.63 hm<sup>3</sup> (Hectómetro cubico) del modelamiento principal de la cuenca real.

## Recomendaciones

- Realizar un análisis adecuado para el punto de aforo de la cuenca, el cual nos permitirá obtener un flujo de dirección del río, el cual debe asemejarse con la realidad para poder así tener datos que nos permitan realizar el modelamiento adecuado de la cuenca.
- Se debe realizar un reconocimiento de los tipos de suelo en la cuenca Jequetepeque el cual nos ayudara para saber los diferentes coeficientes de escorrentía, el cual nos ayudara para los cálculos de la cuenca
- Se recomienda realizar una delimitación de cuenca adecuada para realizar el adecuado modelamiento y así obtener datos más precisos *del* flujo de dirección y de la escorrentía de la cuenca.
- Se debe realizar una adecuada georreferenciación de la cuenca Jequetepeque para obtener una presentación adecuada.

## Referencias

- [1] Eco Desing, Forest trends , «MECANISMOS DE RETRIBUCIÓN POR SERVICIOS HÍDRICOS PARA LA CUENCA DEL JEQUETEPEQUE EN EL NOROESTE DEL PERÚ, DEPARTAMENTOS DE CAJAMARCA Y LA LIBERTAD,» Cajamarca, La libertad , 2013.
- [2] M. Stern y M. Echavarría , «Mecanismos de retribución por servicios hídricos para la cuenca del Jequetepeque, Departamentos de Cajamarca y La Libertad,» La Libertad, 2013.
- [3] Forest Trends , «Mecanismos de Retribución por Servicios Hídricos del Perú. Washington, DC,» Cajamarca, 2013.
- [4] E. Chiarito, E. Zimmermann y S. Menez Zacarias , «Metodologías para la estimación del coeficiente de escorrentía en áreas urbanizadas mediante teledetección,» *CUADERNOS del CURIHAM*, vol. 24, pp. 25-36, 2018.
- [5] Jacobsen, 2010.
- [6] Instituto Geografico Nacional, «OBS-Teledeteccion,» Madrid-España, 2016.
- [7] M. A. Mulders, «Avances en la aplicación de la teledetección y para la topografía de tierras montañosas,» vol. 3, n° 1, 2001.
- [8] Li y Quian, «Un enfoque de aprendizaje automático optimizado para el monitoreo de la variación de la contaminación del agua con imágenes Landsat de series de tiempo,» *International Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation*, 2018.
- [9] T. e. al, «Un enfoque de aprendizaje automático optimizado para el monitoreo de la variación de la contaminación del agua con imágenes Landsat de series de tiempo,» 2018.
- [10] C. e. al, «Un enfoque de aprendizaje automático optimizado para el monitoreo de la variación de la contaminación del agua con imágenes Landsat de series de tiempo,» 2016.
- [11] Forest Trends, «Proyecto regional cuencas andinas,» La libertad, 2013.
- [12] J. H., «El papel de la teledetección en la geomorfología y el análisis del terreno en la Cordillera canadiense,» *Olav Slaymaker* , vol. 3, n° 1, 2001.

- [13] Procuraduría Ambiental Y Del Ordenamiento Territorial Del DF, «Uso de Suelo,» Mexico, 2003.
- [14] Oxford, Diccionario Languages Oxford, Alemania , 2021.
- [15] A. Valdivieso, Cuenca hidrográfica de un río, iAgua Magazine 36, 2018.
- [16] S. Ibañez Asensio, H. Moreno Ramón y J. M. Gisbert Blanque, «Métodos para la determinación del,» Valencia, 2019.
- [17] Ingeoexpert, «¿Qué es la teledetección?,» 2018.
- [18] Repositorio de la Universidad Pontificia Comillas, «Definición, preparación y ejecución de la campaña de aceptación de las unidades de vuelo de la electrónica del escáner, para la misión espacial Meteosat Tercera Generación de la ESA,» 2015.
- [19] J. Sevilla Álvarez y C. Rodríguez Pérez, «La dinámica reciente del paisaje del puerto de Leitiriegos (montaña occidental asturleonera) a través de la fotografía aérea,» montaña occidental asturleonera, 2016.
- [20] D. Martinez, «Comparación Estadística de Métodos Interpolación Determinísticos y Estocásticos para la generación de Modelos Digitales del Terreno a partir de datos LIDAR, en la parroquia de Tumbabiro, cantón San Miguel de Urcuquí, provincia de Imbabura,» Quito, 2015.
- [21] A. M. UQUICHI, «Cálculo hidráulico de defensas ribereñas en el sector,» Tacna, 2018.
- [22] J. M. Ferrer, V. A. Ruiz y M. T. Estrela, «APORTACIÓN DE LA TELEDETECCIÓN PARA LA DETERMINACION DEL PARAMETRO HIDROLOGICO DEL NUMERO DE CURVA,» vol. 5, nº 1, pp. 35-46, 1998.
- [23] IBC, «MECANISMOS DE RETRIBUCIÓN POR SERVICIOS HÍDRICOS,» Cajamarca, 2006.
- [24] MINEM, «ORDENAMIENTO AMBIENTAL JEQUETEPEQUE-ZAÑA,» La libertad .
- [25] H. E. Orsolini, «Hidrología: procesos y métodos,» BINACIS , Español, 2000.

### Datos obtenidos de ArcGis

FID	Shape *	Id	gridcode	Area__km2__	Perimetro
0	Polygon	1	0	667.465639	150.034559

OI D	VAL UE	COU NT	AREA	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD	SUM
0	1	174	1082020 53	35.2028 27	110.335 762	75.1329 35	79.5366 72	22.3739 19	13839.3 81
1	2	170	1057146 49	113.204 338	188.004 852	74.8005 14	145.721 97	17.9300 27	24772.7 348
2	3	96	5969768 4.4	188.957 947	293.379 608	104.421 661	231.053 575	29.5797 95	22181.1 432
3	4	127	7897506 1.6	296.314 056	432.031 525	135.717 468	360.470 222	40.7919 05	45779.7 182
4	5	149	9265578 1	434.468 903	579.559 021	145.090 118	504.735 782	40.9183 36	75205.6 315
5	6	119	7400025 4.6	583.497 498	741.545 288	158.047 791	659.009 333	42.6449 07	78422.1 107
6	7	114	7089100 0.2	748.046 936	937.241 333	189.194 397	833.697 72	55.4137 66	95041.5 401
7	8	94	5845398 2.6	945.341 614	1200	254.658 386	1047.68 938	75.3824 46	98482.8 019
8	9	38	2363033 3.4	1218.01 233	1708.71 826	490.705 933	1366.65 561	134.326 589	51932.9 133

Fuente: ArcMap 10.8 elaboración propia

FID	Shape *	NOMBRE	TIPO	ESTADO	CODIGO	Longitud__
0	Polyline		QS	1	956	0.610519
1	Polyline	PLAYA CHICA	QS	1	956	2.196883
2	Polyline		QS	1	956	1.495571
3	Polyline		QS	1	956	1.169433
4	Polyline	HOYADA HONDA	QS	1	956	4.008131
5	Polyline		QS	1	956	2.75027
6	Polyline		QS	1	956	3.278606

7	Polyline		QS	1	956	3.83237	
8	Polyline		R	2	956	0.714417	
9	Polyline		R	2	956	0.662621	
10	Polyline		R	2	956	0.005652	
11	Polyline		QS	1	956	4.47589	
12	Polyline		QS	1	956	1.594066	
13	Polyline		QS	1	956	2.519802	
14	Polyline		R	1	956	0.71565	
15	Polyline		R	1	956	1.94839	
16	Polyline		R	2	956	0.738802	
17	Polyline		R	1	956	3.318981	
18	Polyline		R	1	956	1.002142	
19	Polyline		R	2	956	0.741421	
20	Polyline		R	1	956	0.087651	
21	Polyline		R	2	956	0.008592	
22	Polyline		QS	1	1056	0.436691	
23	Polyline		QS	1	1056	0.375241	
24	Polyline		QS	1	1056	1.440274	
25	Polyline	MONTA GRANDE	QS	1	1056	2.442217	
26	Polyline		QS	1	1056	1.673673	
27	Polyline	CAJON (JARAYRA)	QS	1	1056	1.194021	
28	Polyline		QS	1	1056	2.142593	
29	Polyline		QS	1	1056	0.625986	
30	Polyline		QS	1	1056	3.664201	
31	Polyline	LA RAMADA	QS	1	1056	1.560447	
32	Polyline		QS	1	1056	0.95171	
33	Polyline		QS	1	1056	2.966251	
34	Polyline		QS	1	1056	1.614582	
35	Polyline		QS	1	1056	2.518144	
36	Polyline		QS	1	1056	1.543062	
37	Polyline	LOS LEONES	QS	1	1056	2.137316	
38	Polyline		QS	1	1056	1.278352	
39	Polyline	GALLITO	QS	1	1056	2.726301	
40	Polyline		QS	1	1056	2.064863	
41	Polyline		QS	1	1056	1.837668	
42	Polyline		QS	1	1056	1.580418	
43	Polyline	PAY PAY	QS	1	1056	3.992921	
44	Polyline	DE LAS VIEJAS	QS	1	1056	1.711957	
45	Polyline	CARACOL	QS	1	1056	6.143859	
46	Polyline		Q	1	1056	0.487835	
47	Polyline	CERRO BALNCO	QS	1	1056	3.067714	
48	Polyline		QS	1	1056	1.973773	
49	Polyline	DE LA SALINA	QS	1	1056	3.010875	

50	Polyline	DE LA ARENITA	QS	1	1056	5.603109	
51	Polyline		QS	1	1056	1.679302	
52	Polyline		QS	1	1056	5.324273	
53	Polyline		QS	1	1056	1.639281	
54	Polyline		QS	1	1056	4.285055	
55	Polyline		QI	1	1056	1.370698	
56	Polyline		QS	1	1056	1.728578	
57	Polyline	PIEDRAS GORDAS	QS	1	1056	8.093106	
58	Polyline	DE LAS VARAS	QS	1	1056	3.938063	
59	Polyline		QI	1	1056	1.213486	
60	Polyline	DEL CARACOL	QI	1	1056	3.291861	
61	Polyline		QI	1	1056	4.883634	
62	Polyline		QS	1	1056	4.010323	
63	Polyline	HACIENDA VIEJA	QS	1	1056	1.841631	
64	Polyline		QS	1	1056	1.288616	
65	Polyline		QS	1	1056	2.196604	
66	Polyline		QS	1	1056	1.85936	
67	Polyline		QS	1	1056	1.919716	
68	Polyline		QS	1	1056	1.544816	
69	Polyline		QS	1	1056	0.449181	
70	Polyline		QS	1	1056	1.309063	
71	Polyline		QS	1	1056	0.473274	
72	Polyline		QS	1	1056	1.173468	
73	Polyline	DE LOS ZORRITOS	QS	1	1056	4.383583	
74	Polyline		QS	1	1056	4.513736	
75	Polyline		QS	1	1056	3.157099	
76	Polyline		QS	1	1056	1.0229	
77	Polyline		QS	1	1056	2.020316	
78	Polyline		QS	1	1056	0.339809	
79	Polyline		QS	1	1056	3.107358	
80	Polyline		QS	1	1056	1.483361	
81	Polyline		QS	1	1056	3.949705	
82	Polyline		QS	1	1056	2.856468	
83	Polyline		QS	1	1056	0.486549	
84	Polyline		QS	1	1056	4.693826	
85	Polyline		QS	1	1056	1.966276	
86	Polyline	DE LOS HORCONES	QS	1	1056	1.752757	
87	Polyline		QS	1	1056	0.65891	
88	Polyline		QS	1	1056	2.284204	
89	Polyline	DEL ZORRO	QS	1	1056	1.145676	
90	Polyline		QS	1	1056	0.627697	
91	Polyline	DEL CARACOL	QS	1	1056	1.471654	

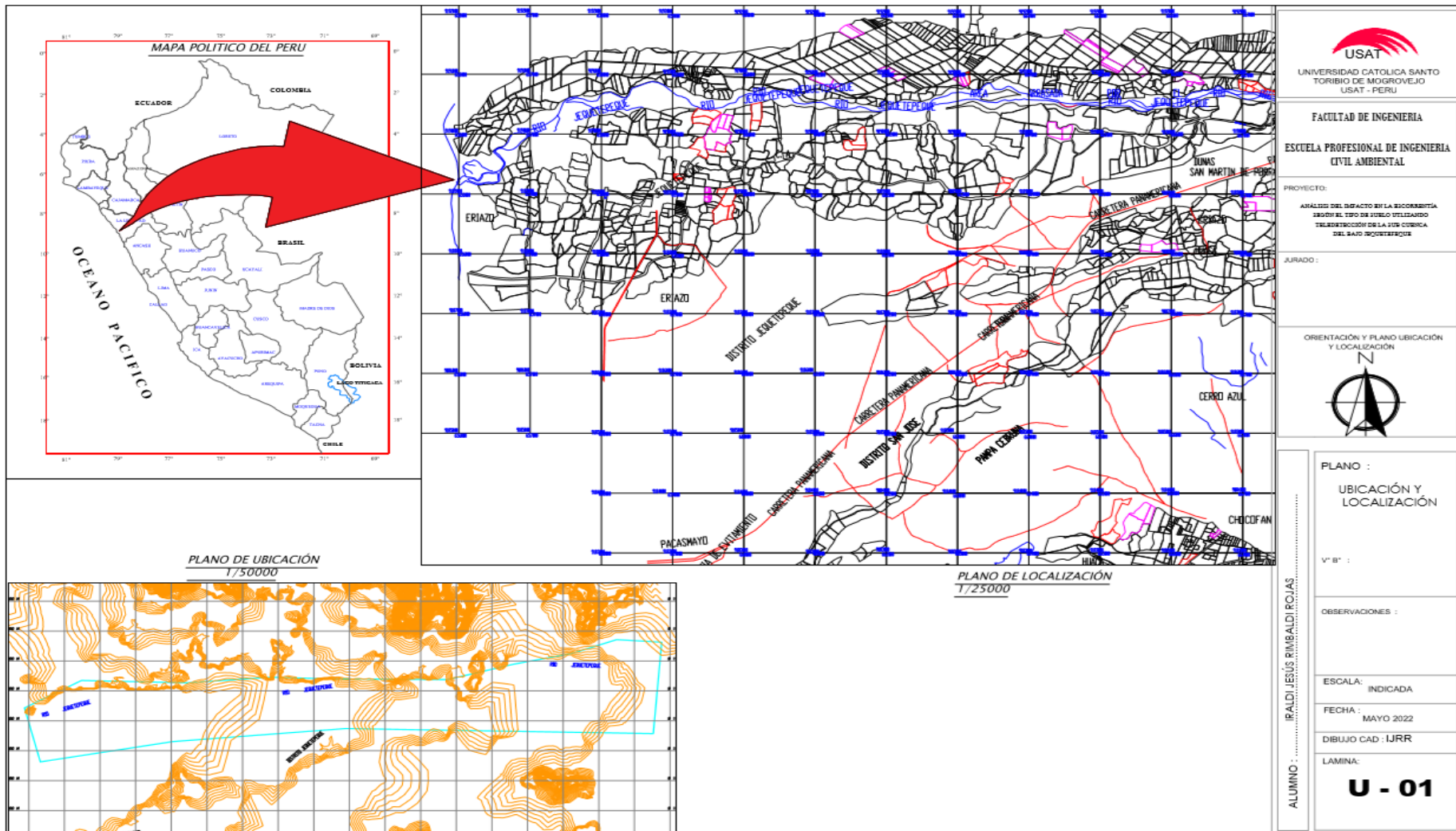
92	Polyline		QS	1	1056	3.506631	
93	Polyline		QS	1	1056	2.449141	
94	Polyline	LA RAMADA	QS	1	1056	4.054354	
95	Polyline		QS	1	1056	1.225041	
96	Polyline		QS	1	1056	1.902102	
97	Polyline		QS	1	1056	1.664246	
98	Polyline		QS	1	1056	0.699681	
99	Polyline		QS	1	1056	1.225342	
100	Polyline		QS	1	1056	0.862719	
101	Polyline		QS	1	1056	1.037684	
102	Polyline		QS	1	1056	3.025793	
103	Polyline		QS	1	1056	1.443291	
104	Polyline		QS	1	1056	3.526212	
105	Polyline	HONDA	QS	1	1056	3.495996	
106	Polyline		QS	1	1056	2.03893	
107	Polyline		QS	1	1056	1.501232	
108	Polyline		QS	1	1056	2.889046	
109	Polyline		QS	1	1056	0.952456	
110	Polyline		QS	1	1056	2.781883	
111	Polyline		QS	1	1056	1.650142	
112	Polyline	DEL HORCON	QS	1	1056	2.658887	
113	Polyline		QS	1	1056	3.916886	
114	Polyline	DEL HORCON	QS	1	1056	3.88087	
115	Polyline		QS	1	1056	0.000911	
116	Polyline		QS	1	1056	1.001437	
117	Polyline		QS	1	1056	0.44724	
118	Polyline	DE LOS ZORRITOS	QS	1	1056	0.967476	
119	Polyline		QS	1	1056	1.452464	
120	Polyline	PEÑA BLANCA	QS	1	1056	2.312176	
121	Polyline		QS	1	1056	1.523191	
122	Polyline		QS	1	1056	2.88088	
123	Polyline		QS	1	1056	4.100842	
124	Polyline		QS	1	1056	0.662385	
125	Polyline		QS	1	1056	2.741813	
126	Polyline		QS	1	1056	1.733384	
127	Polyline	PALANGANA	QS	1	1056	7.699924	
128	Polyline		R	1	1056	0.216668	
129	Polyline		R	2	1056	0.305416	
130	Polyline		R	1	1056	0.156279	
131	Polyline		R	2	1056	0.283012	
132	Polyline		R	1	1056	0.181395	
133	Polyline		R	1	1056	0.559515	
134	Polyline		R	1	1056	0.327652	
135	Polyline		R	2	1056	0.34017	

136	Polyline		R	2	1056	0.213017	
137	Polyline		R	2	1056	0.315414	
138	Polyline	JEQUETEPEQUE	R	2	1056	1.601015	
139	Polyline		R	2	1056	0.166981	
140	Polyline		R	2	1056	0.289489	
141	Polyline		R	2	1056	0.313873	
142	Polyline		R	2	1056	0.222874	
143	Polyline		R	2	1056	0.391176	2.985408
144	Polyline	JEQUETEPEQUE	R	2	1056	1.120811	
145	Polyline		R	2	1056	0.631462	
146	Polyline		R	2	1056	0.281099	
147	Polyline		R	2	1056	1.536652	
148	Polyline		R	2	1056	0.420202	
149	Polyline		R	2	1056	0.316199	
150	Polyline		R	1	1056	4.793256	
151	Polyline		R	1	1056	0.434126	9.533807
152	Polyline	TEMBLADERA	R	2	1056	4.572114	
153	Polyline		R	2	1056	2.169165	
154	Polyline		R	2	1056	1.206558	
155	Polyline		R	2	1056	0.358274	
156	Polyline		R	2	1056	0.69805	
157	Polyline		R	2	1056	0.61323	
158	Polyline		R	2	1056	0.229883	
159	Polyline		R	2	1056	0.403621	
160	Polyline		R	2	1056	1.879376	
161	Polyline		R	2	1056	1.282136	
162	Polyline		R	2	1056	0.474373	
163	Polyline		R	2	1056	0.320898	
164	Polyline		R	2	1056	0.315153	
165	Polyline		R	2	1056	0.236619	
166	Polyline		R	2	1056	1.276566	
167	Polyline		R	2	1056	2.094882	
168	Polyline		R	2	1056	0.191841	
169	Polyline		R	2	1056	0.493808	
170	Polyline		R	1	1056	0.396433	
171	Polyline		R	1	1056	1.742278	
172	Polyline		R	1	1056	4.193112	
173	Polyline		R	2	1056	0.13367	
174	Polyline		R	2	1056	2.22325	
175	Polyline		R	1	1056	2.367671	
176	Polyline		R	2	1056	0.052017	
177	Polyline		R	1	1056	0.430724	
178	Polyline		R	1	1056	0.22959	
179	Polyline	JEQUETEPEQUE	R	1	1056	7.524564	
180	Polyline		R	2	1056	0.668312	

181	Polyline		R	2	1056	0.079862	
182	Polyline		R	1	1056	0.132672	
183	Polyline		R	1	1056	3.134068	
184	Polyline		R	1	1056	2.646758	
185	Polyline		R	1	1056	0.535582	14.721818
186	Polyline	JEQUETEPEQUE	R	1	1056	11.869006	
187	Polyline		R	1	1056	4.57713	
188	Polyline		R	1	1056	0.314928	
189	Polyline		R	1	1056	0.238932	
190	Polyline		R	1	1056	0.232658	
191	Polyline		R	1	1056	0.294797	
192	Polyline		R	1	1056	2.292927	
193	Polyline		R	1	1056	0.678426	20.498804

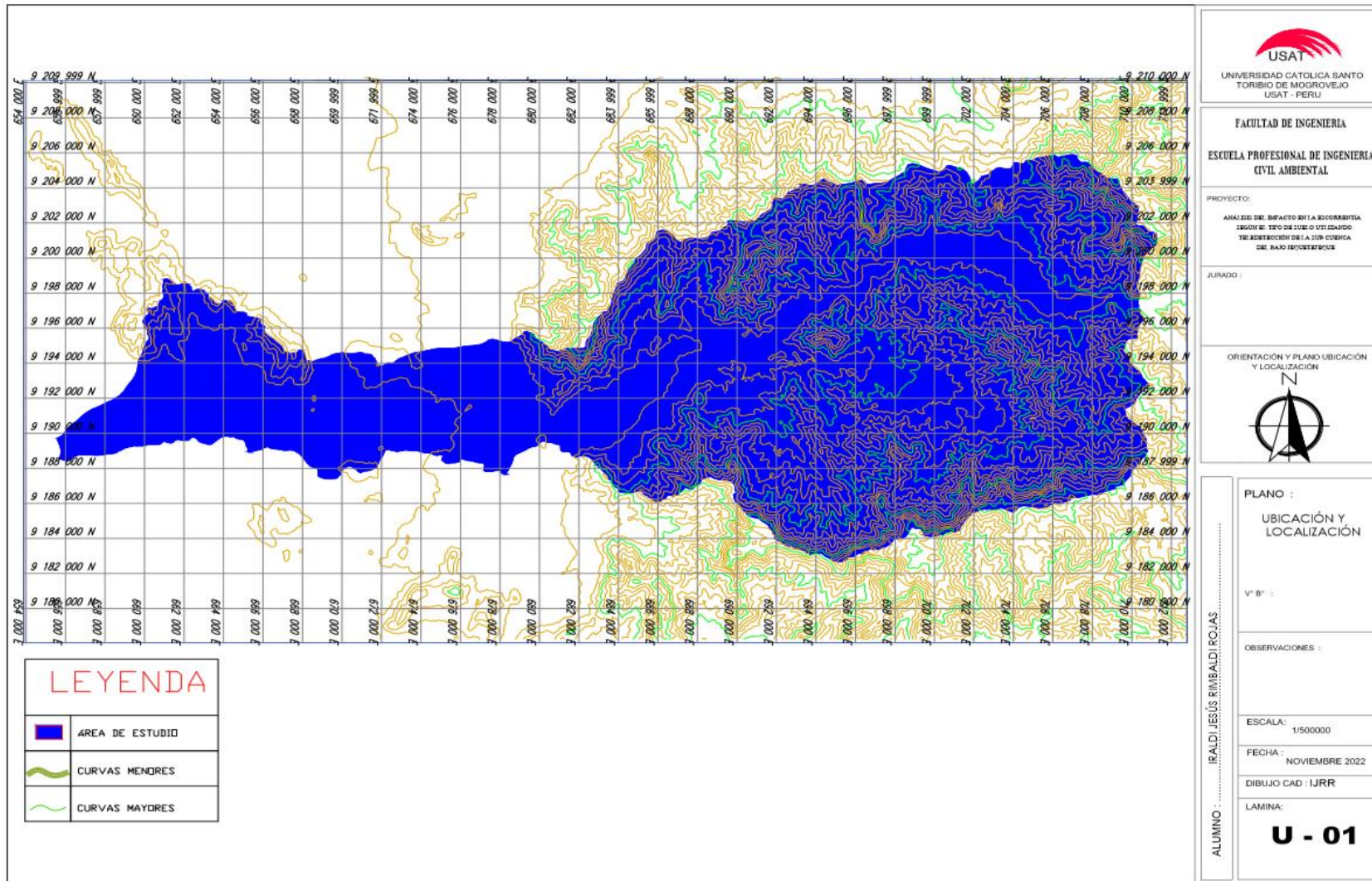
Fuente: ArcMap 10.8 elaboración propia

Mapa N° 2: Ubicación de la zona poblada Jequetepeque



Fuente: Elaboración propia

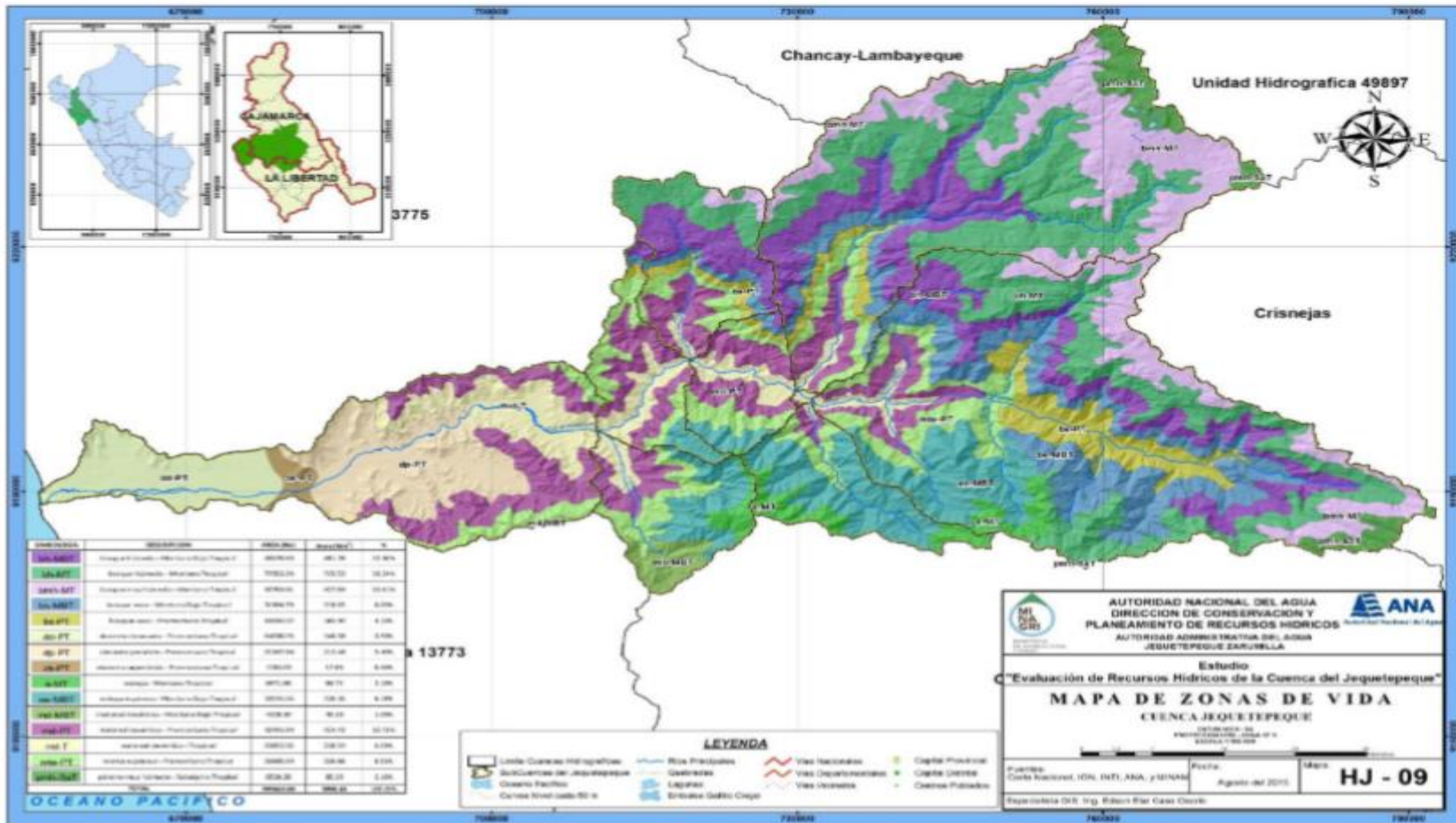
Mapa N° 3: Plano topográfico, ubicación y geolocalización de la Sub cuenca del Bajo Jequetepeque



Fuente: Elaboración propia

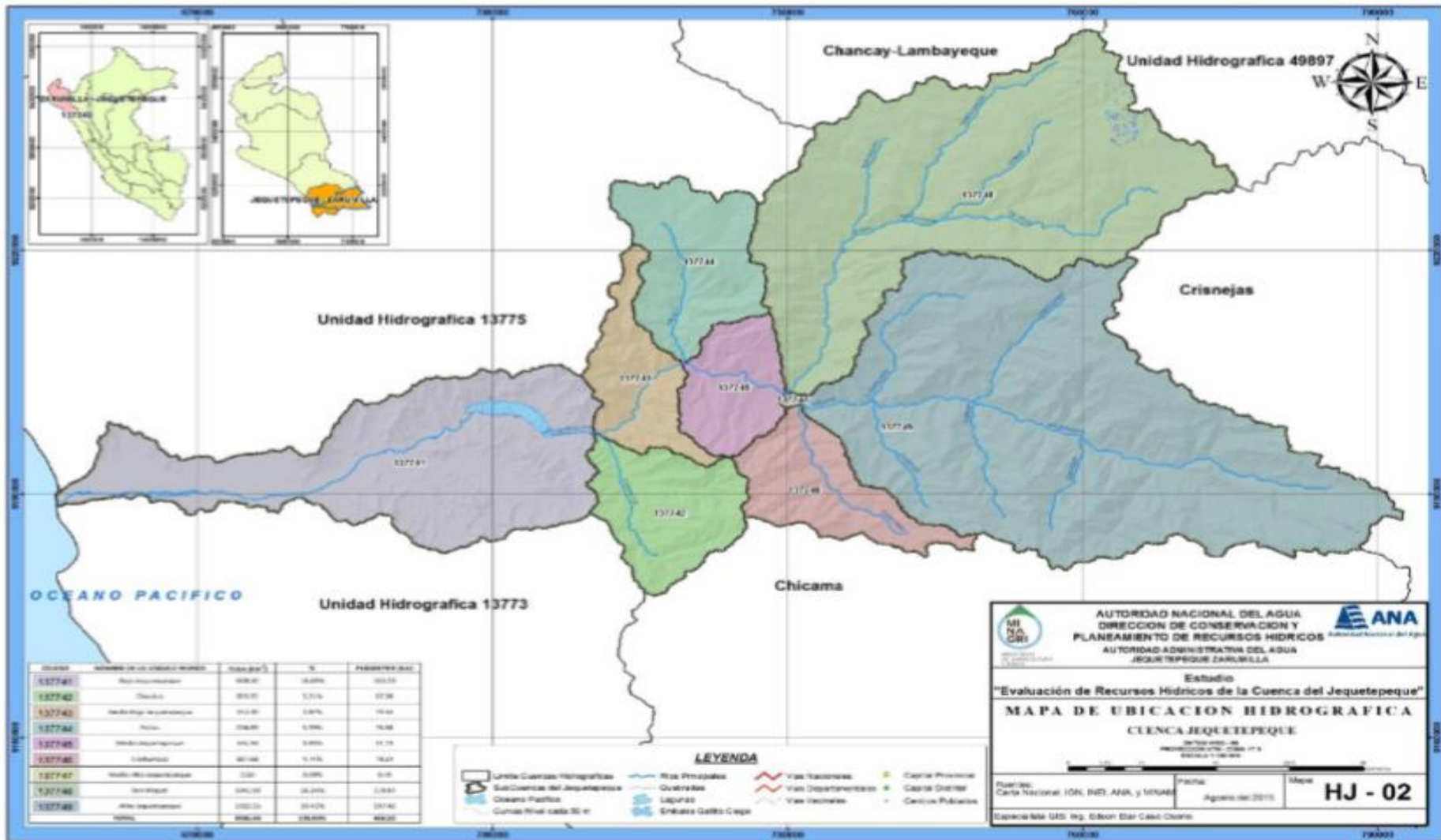


Mapa N° 5: Zonas de vida de la sub cuenca del Bajo Jequetepeque



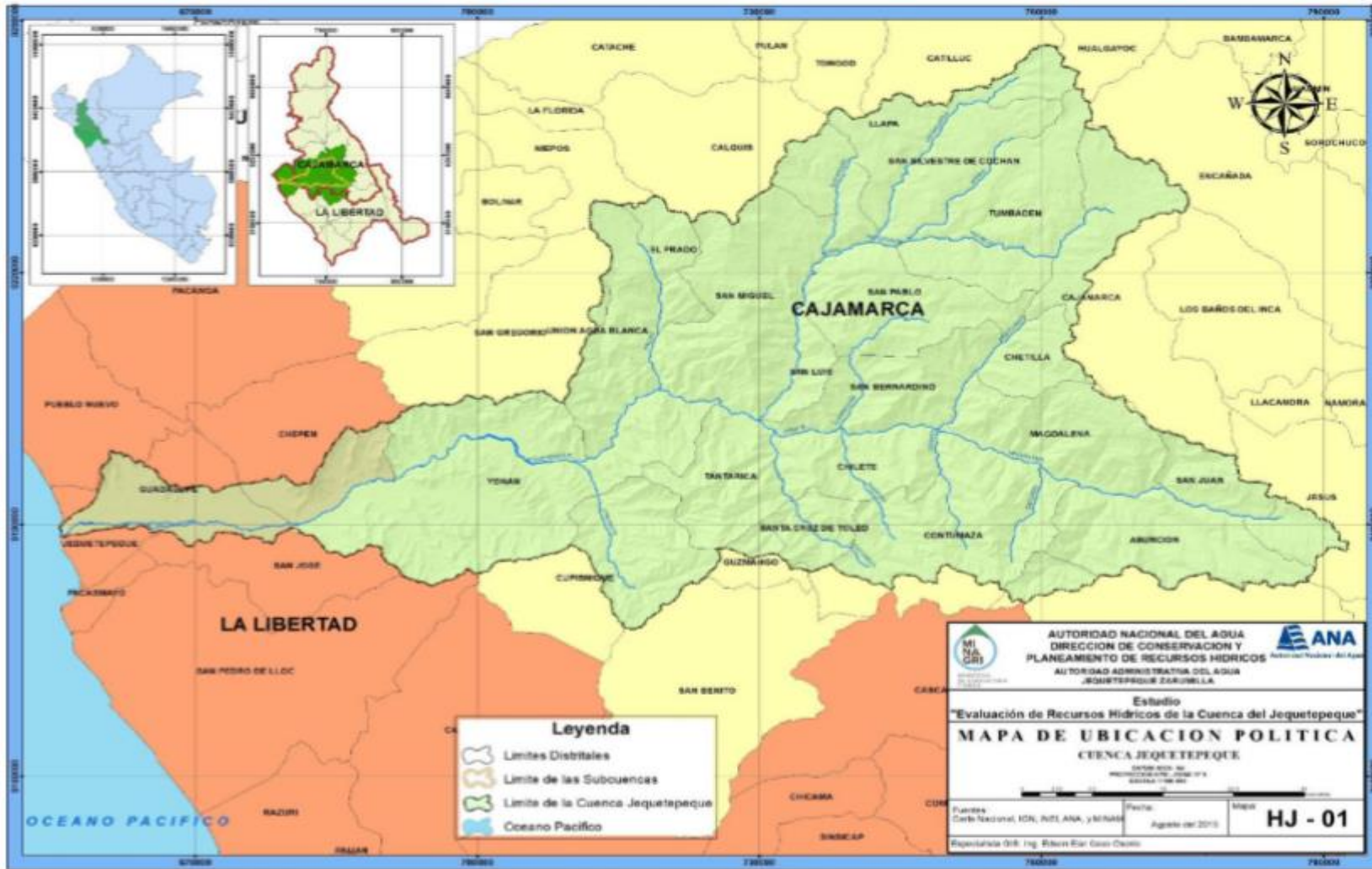
Fuente: ANA

Mapa N° 6: Ubicación Hidrológica de la sub cuenca del bajo Jequetepeque



Fuente: ANA

Mapa N° 7: Ubicación política de la sub cuenca del Bajo Jequetepeque



Fuente: ANA

## Datos obtenidos de HYDROGNOMOM

	<b>X-Square test for All data</b>				
	<b>a=1%</b>	<b>a=5%</b>	<b>a=10%</b>	<b>Attained a</b>	<b>Pearson Param.</b>
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	58.90%	1.05882
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	58.90%	1.05882
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	8.29%	4.98039
Galton	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	22.84%	1.45098
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	6.81%	5.37255
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	29.65%	2.43137
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	71.65%	0.66667
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	41.42%	0.66667
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	8.23%	3.01961
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	58.90%	1.05882
EV2-Max	REJECT	REJECT	REJECT	0.00%	20.2745
EV1-Min (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	18.16%	3.41176
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	48.41%	1.45098
GEV-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	35.30%	0.86275
GEV-Min	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	26.26%	1.2549
Pareto	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	15.33%	2.03922
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	30.35%	1.05882
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	22.84%	1.45098
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	58.90%	1.05882
EV2-Max (L-Moments)	ACCEPT	REJECT	REJECT	1.06%	9.09804
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	18.16%	3.41176
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	48.41%	1.45098
Pareto (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	22.84%	1.45098
GEV-Min (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	48.41%	1.45098
GEV-Max (kappa specified, L-Moments)	REJECT	REJECT	REJECT	0.07%	14.5882
GEV-Min (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	48.41%	1.45098

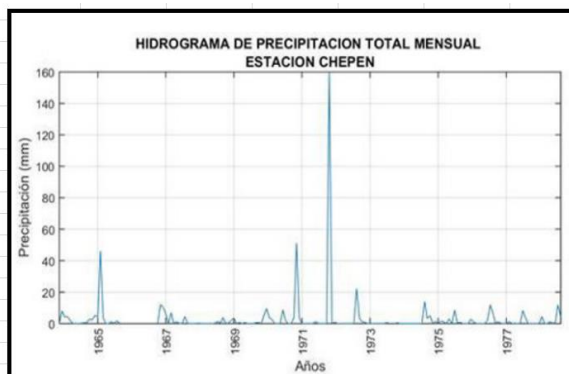
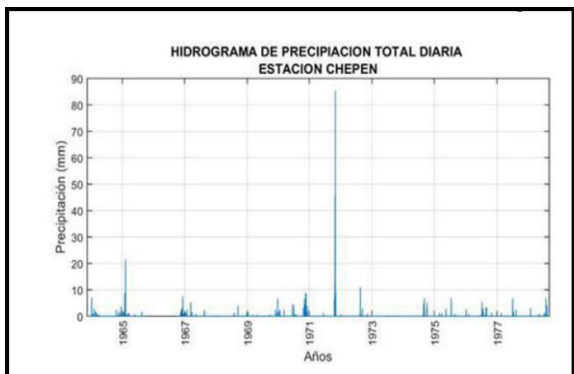
Fuente: HYDROGNOMOM

	<b>Kolmogorov-Smirnov test for:All data</b>				
	<b>a=1%</b>	<b>a=5%</b>	<b>a=10%</b>	<b>Attained a</b>	<b>DMax</b>
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	76.01%	0.09384
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	71.87%	0.09739
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	81.13%	0.08925
Galton	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	92.58%	0.0766
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	22.03%	0.14702

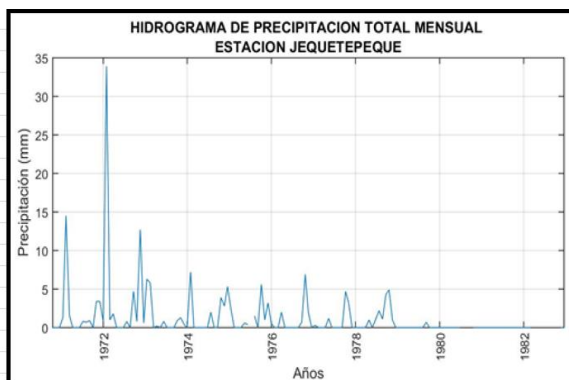
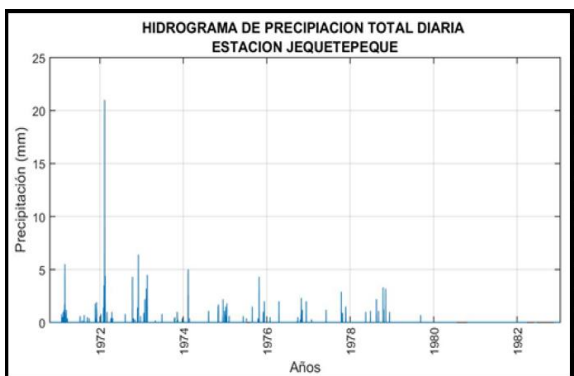
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	39.43%	0.12587
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.22%	0.06507
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	96.64%	0.06946
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	21.24%	0.14823
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	90.61%	0.07923
EV2-Max	ACCEPT	REJECT	REJECT	1.57%	0.21802
EV1-Min (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	25.79%	0.14164
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.50%	0.05844
GEV-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	91.76%	0.07773
GEV-Min	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.76%	0.05547
Pareto	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	18.11%	0.15344
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	94.63%	0.0734
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.66%	0.05673
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	95.70%	0.07145
EV2-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	9.82%	0.17189
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	24.94%	0.1428
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.33%	0.05971
Pareto (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	91.90%	0.07755
GEV-Min (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.77%	0.06287
GEV-Max (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	REJECT	REJECT	2.33%	0.20892
GEV-Min (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.14%	0.06536

Fuente: HYDROGENOMOM

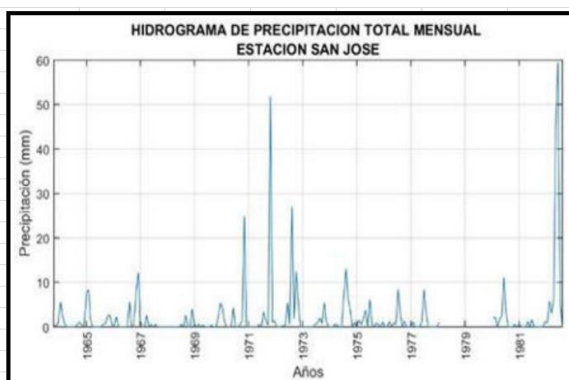
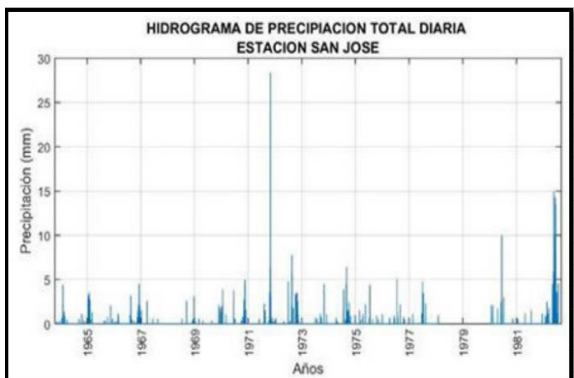
Datos PLUVIOMETRICOS de las estaciones ubicadas en la Sub Cuenca Bajo Jequetepeque



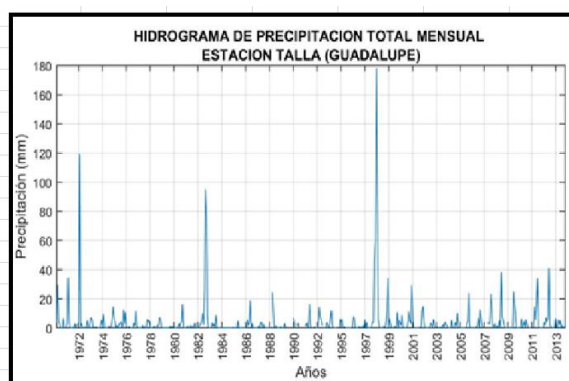
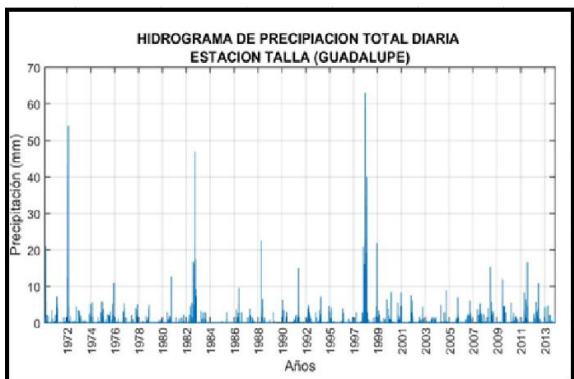
Fuente: SENAMHI



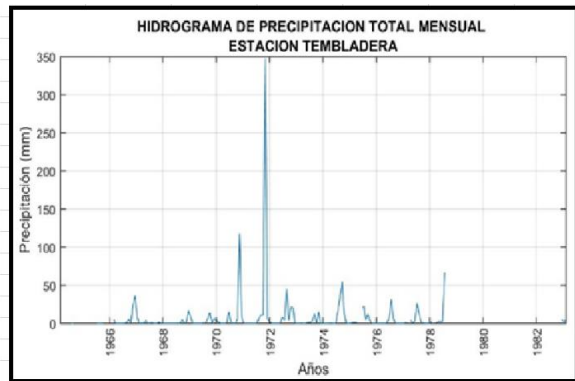
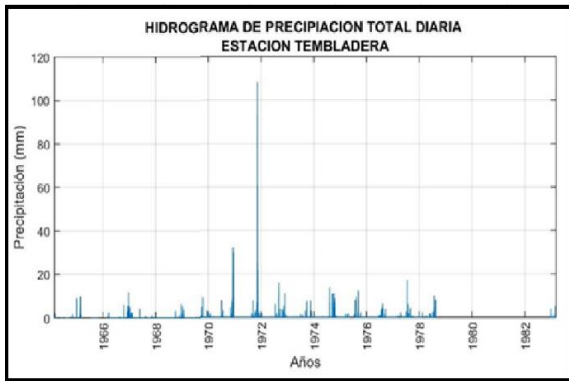
Fuente: SENAMHI



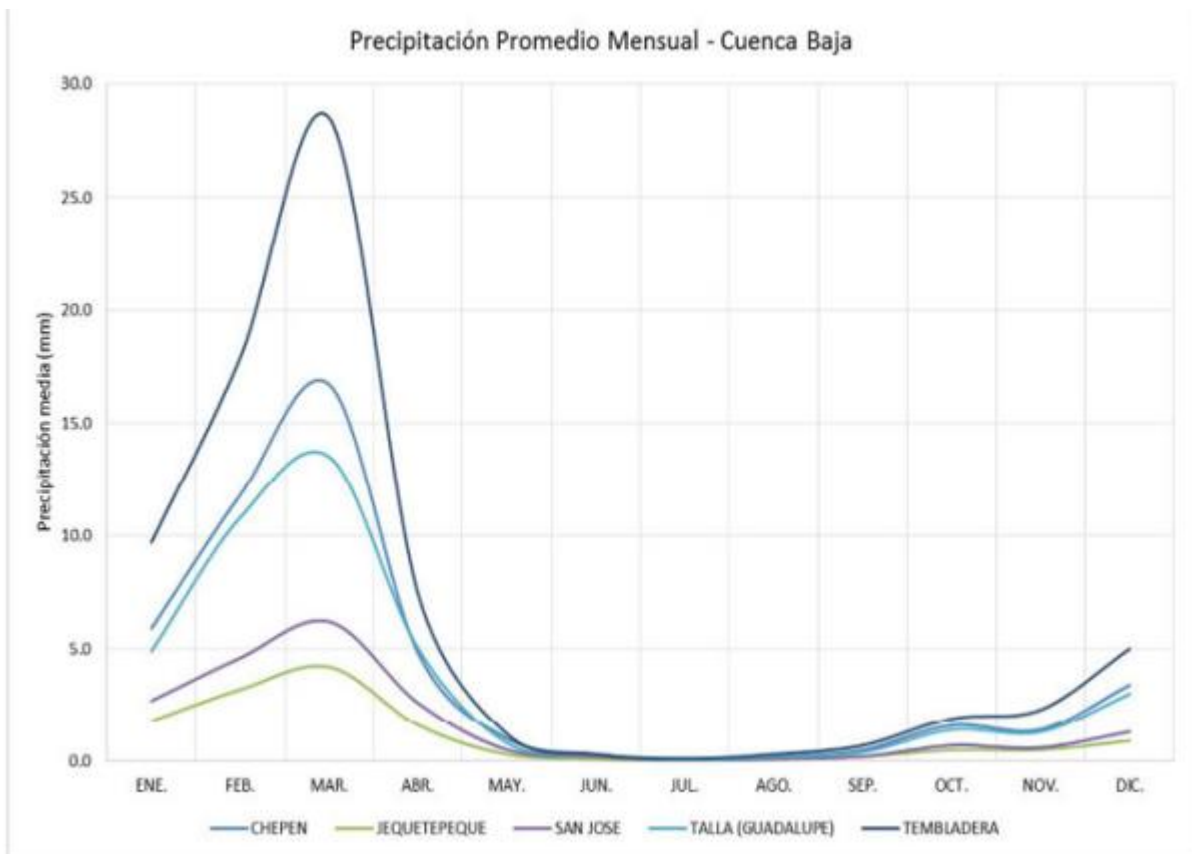
Fuente: SENAMHI



Fuente: SENAMHI



Fuente: SENAMHI



Fuente: SENAMHI

## Datos de descargas

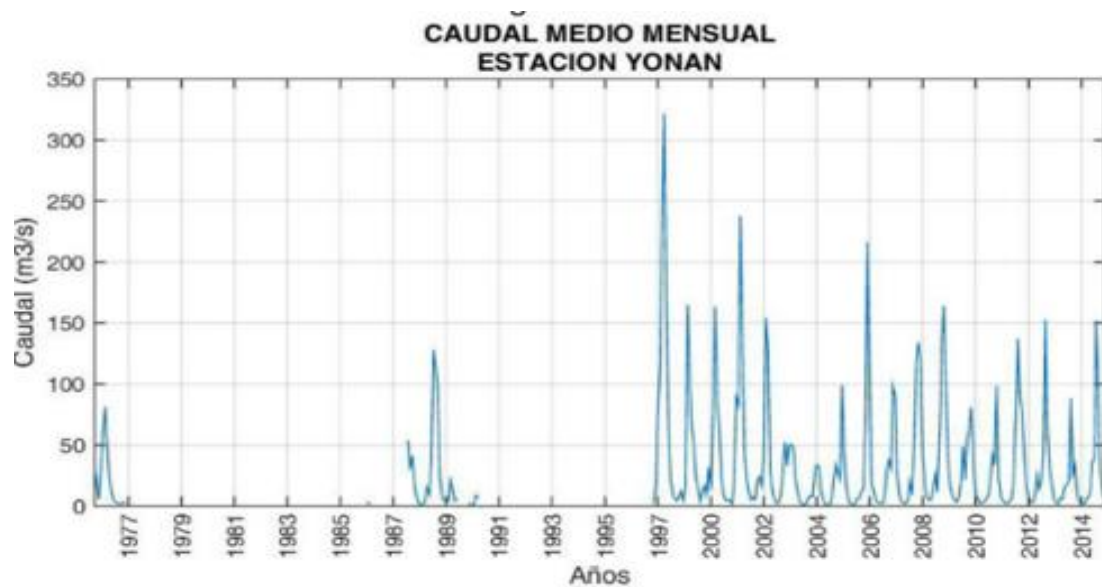
Año/Mes	Estacion Yonan Descarga Media Mensual (m3/s)	
	Mensual	Acumulada
1975/10	31.49	31.49
1975/11	16.37	47.86
1975/12	5.41	53.27
1976/01	32.62	85.89
1976/02	60.52	146.41
1976/03	81.4	227.81
1976/04	49.88	277.69
1976/05	22.31	300
1976/06	11.59	311.59
1976/07	5.01	316.6
1976/08	3.5	320.1
1976/09	2.07	322.17
1976/10	1.76	323.93
1976/11	2.23	326.16
1976/12	3.12	329.28

Fuente: SENAMHI

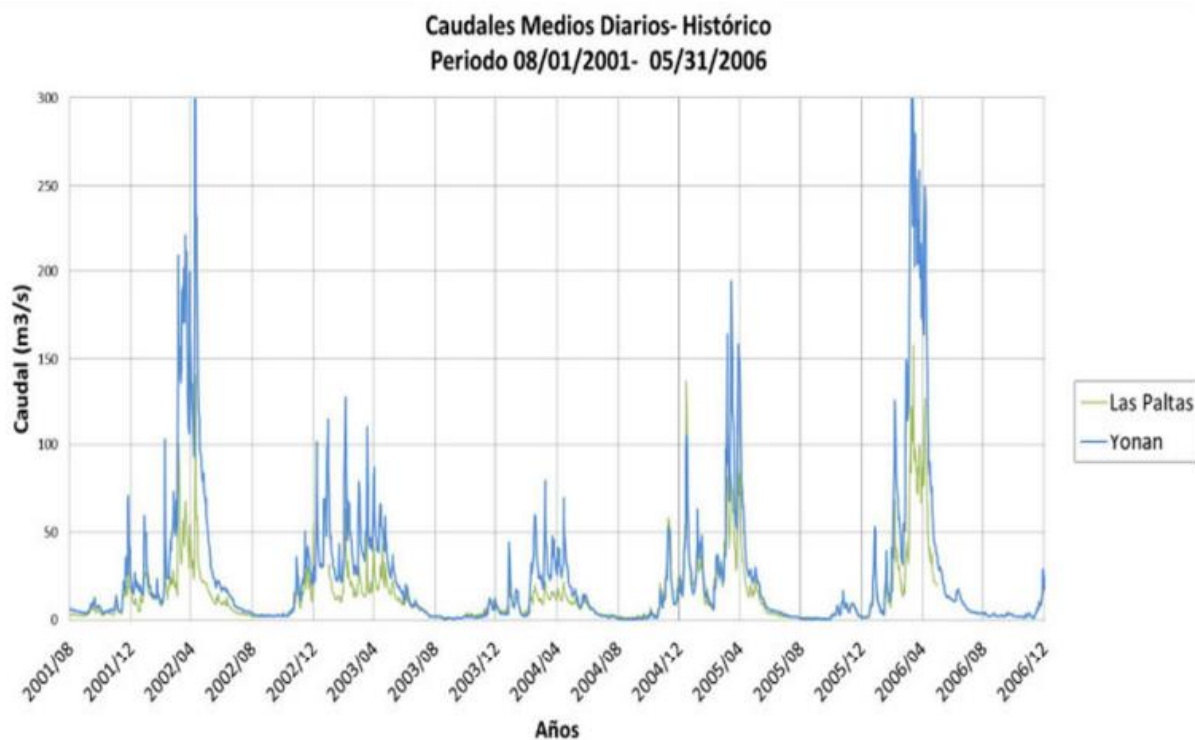
Año/Mes	Estacion Yonan Descarga Media Mensual (m3/s)	
	Mensual	Acumulada
2003/10	1.8	1.8
2003/11	6.09	7.89
2003/12	8.4	16.29
2004/01	7.54	23.83
2004/02	28.18	52.01
2004/03	33.74	85.75
2004/04	31.84	117.59
2004/05	12.26	129.85
2004/06	5.25	135.1
2004/07	1.84	136.94
2004/08	0.53	137.47
2004/09	1.09	138.56
2004/10	5.28	143.84
2004/11	21.46	165.3
2004/12	34.43	199.73
2005/01	27.21	226.94

2005/02	21.74	248.68
2005/03	99.19	347.87
2005/04	47.72	395.59
2005/05	14.74	410.33
2005/06	4.62	414.95
2005/07	2.04	416.99
2005/08	0.75	417.74
2005/09	0.72	418.46
2005/10	6.02	424.48
2005/11	5.88	430.36
2005/12	11.35	441.71
2006/01	14.49	456.2
2006/02	67.36	523.56
2006/03	216.37	739.93
2006/04	113.86	853.79

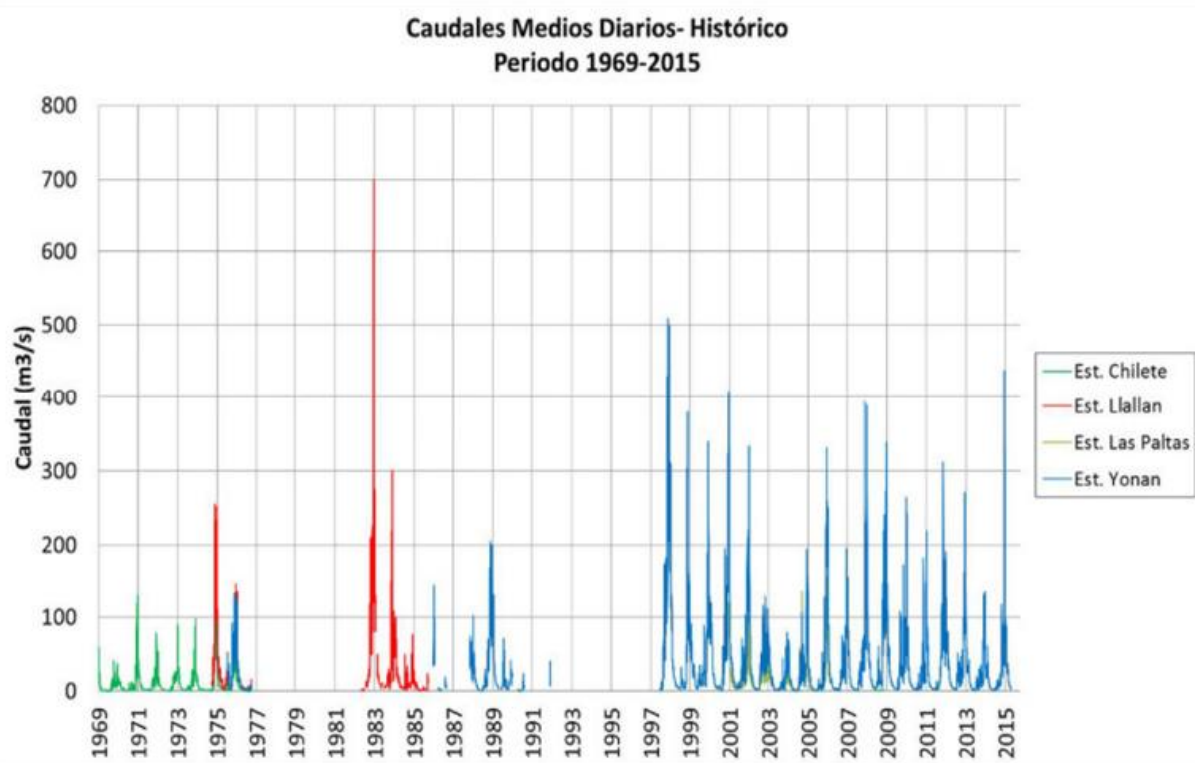
Fuente: SENAMHI



Fuente: SENAMHI



Fuente: SENAMHI



Fuente: SENAMHI

## Datos de caudales

Caudales Máximos Diarios (m3/s)		ENTRADA N°01		ENTRADA N°02, 03 Y 04	
Año	Est. Yonan	Tiempo (s)	Q (m3/s)	Tiempo (s)	Q (m3/s)
1965	199.00				
1966	102.10	0	0.00	0	0.00
1967	239.80	1000	333.70	1000	205.50
1968	57.00	2000	335.20	2000	219.40
1969	122.20	3000	338.90	3000	237.90
1970	139.90	4000	340.00	4000	239.80
1971	344.30	5000	344.30	5000	239.90
1972	376.00	6000	376.00	6000	244.60
1973	239.90	7000	379.60	7000	197.50
1974	134.80	8000	393.00	8000	194.90
1975	197.50	9000	409.40	9000	194.50
1976	130.70	10000	438.20	10000	174.30
1977	246.70	11000	509.50	11000	146.90
1978	37.90	12000	512.10	12000	145.30
1979	205.50	13000	692.40	13000	139.90
1980	52.20	14000	393.00	14000	135.70
1981	237.90	15000	379.60	15000	134.80
1982	76.10	16000	376.00	16000	130.70
1983	692.40	17000	344.30	17000	128.30
1984	512.10	18000	340.00	18000	122.20
1985	40.30	19000	338.90	19000	110.90
1986	145.30	20000	335.20	20000	106.60
1987	335.20	21000	333.70	21000	102.60
1988	102.20	22000	331.60	22000	102.20
1989	205.40	23000	311.90	23000	102.10
1990	102.60	24000	294.30	24000	76.10
1991	251.80	25000	270.70	25000	57.00
1992	110.90	26000	264.20	26000	52.20
1993	244.60	27000	251.80	27000	40.30
1994	319.40	28000	246.70	28000	0.00
1995	146.90	29000	244.60	<b>ENTRADA N°05 Y 06</b>	
1996	294.30	30000	239.90		
1997	174.30	31000	239.80	<b>Tiempo (s)</b>	<b>Q (m3/s)</b>
1998	509.50	32000	237.90	0	0.00
1999	379.60	33000	219.40	1000	201.00
2000	340.00	34000	205.50	2000	214.00
2001	409.40	35000	205.40	3000	231.00
2002	333.70	36000	199.00	4000	254.00
2003	128.30	37000	197.50	5000	289.00
2004	106.60	38000	194.90	6000	244.60

2005	194.50	39000	194.50	7000	197.50
2006	331.60	40000	174.30	8000	194.90
2007	194.90	41000	146.90	9000	194.50
2008	393.00	42000	145.30	10000	174.30
2009	338.90	43000	139.90	11000	146.90
2010	264.20	44000	135.70	12000	145.30
2011	219.40	45000	134.80	13000	139.90
2012	311.90	46000	130.70	14000	135.70
2013	270.70	47000	100.00	15000	134.80
2014	135.70	48000	74.50	16000	130.70
2015	438.20	49000	50.40	17000	128.30
2016	315.52	50000	0.00	18000	122.20

Fuente: SENAMHI

**PANEL FOTOGRAFICO****Fotografía N° 1: Zona bajo Jequetepeque****Fotografía N° 2: Zona bajo Jequetepeque****Fotografía N° 3: Zona arqueológica Pakatnamu**



**Fotografía N° 4: Zona de cultivos bajo Jequetepeque**



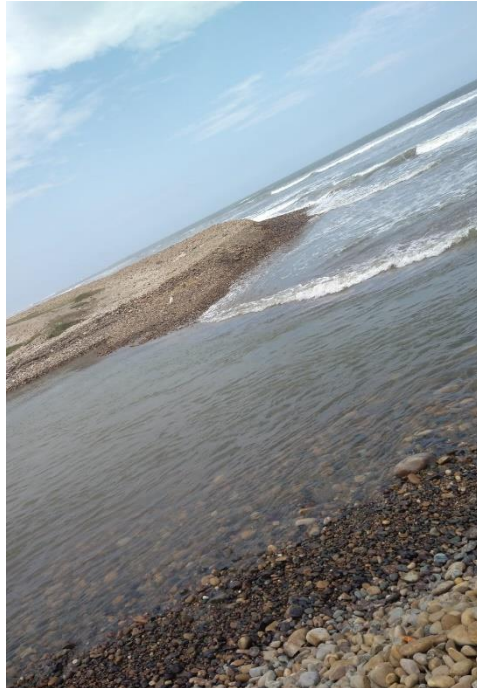
**Fotografía N° 5: Zona de cultivos bajo Jequetepeque**



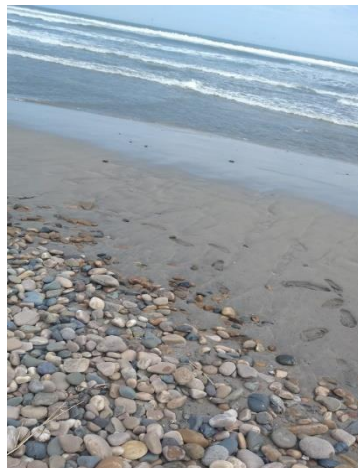
**Fotografía N° 6: Zona de cultivos bajo Jequetepeque**



**Fotografía N° 7: Zona de desembocadura hacia el mar del rio Jequetepeque**



**Fotografía N° 8: Desembocadura del rio Jequetepeque**



**Fotografía N° 9: Desembocadura del rio Jequetepeque**

## ANEXOS



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIENTOS

INFORME N° LEM USAT 015 -2023-II

FECHA: 27 de octubre 2023

## VALIDACIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

**ESTUDIANTE:** IRALDI JESÚS RIMBALDI ROJAS


**TITULO DE LA TESIS:** ANÁLISIS DEL IMPACTO EN LA ESCORRENTÍA SEGÚN EL TIPO DE SUELO UTILIZANDO TELEDETECCIÓN DE LA SUB CUENCA DEL BAJO JEQUETEPEQUE.

El que suscribe, responsable del laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental, verifica y da conformidad que el alumno no realizó ensayos de laboratorio puesto que la tesis antes mencionada no requiere del uso de este espacio académico; el laboratorio de ingeniería civil ambiental. Por lo que indica el estudiante se da conformidad a la validación por parte del responsable a cargo.

Se alcanza al interesado para los fines pertinentes.

**Observación:** ESTA TESIS NO REQUIERE USO DE LABORATORIO



  
Henry Rivas deheyra Oblitas  
Responsable de Lab Ing. Civil Ambiental