



Universidad
Señor de Sipán

**FACULTAD DE INGENIERÍA ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

**Análisis de los patrones de cambio hidráulicos y
meándricos del río La Leche basado en imágenes
satelitales para el control de inundaciones período 1999-
2019**

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

Autor

Bach. Villalobos Mondragon Reiner

<https://orcid.org/0009-0004-8503-381X>

Asesor(a)

Mg. Ing. Mahli Helem Rojas Herrera

<https://orcid.org/0000-0002-9521-4495>

**Línea de Investigación
Ingeniería de Procesos/Ingeniería Hidráulica**

**Pimentel – Perú
2023**

**ANÁLISIS DE LOS PATRONES DE CAMBIO HIDRÁULICOS Y
MEÁNDRICOS DEL RÍO LA LECHE BASADO EN IMÁGENES SATELITALES
PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES PERÍODO 1999-2019**

Aprobación del jurado

MG. ORDINOLA LUNA EFRAÍN
Presidente del Jurado de Tesis

MG. VILLEGAS GRANADOS LUIS MARIANO
Secretario del Jurado de Tesis

MG. ING. MAHLI HELEM ROJAS HERRERA
Vocal del Jurado de Tesis


DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien(es) suscribe(n) la DECLARACIÓN JURADA, soy(somos) egresado (s) del Programa de Estudios de **Ingeniería Civil** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro (amos) bajo juramento que soy (somos) autor(es) del trabajo titulado:

ANÁLISIS DE LOS PATRONES DE CAMBIO HIDRÁULICOS Y MEÁNDRICOS DEL RÍO LA LECHE BASADO EN IMÁGENES SATELITALES PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES PERÍODO 1999-2019

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán, conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación con las citas y referencias bibliográficas, respetando el derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Villalobos Mondragon Reiner	DNI: 73533617	
-----------------------------	---------------	---

Pimentel, 06 de mayo de 2023

Dedicatoria

El presente trabajo va dedicado para aquellas personas que me apoyaron en todo con la finalidad de verme alcanzar mis logros, especialmente cuando más lo necesitaba, ya que durante todo el camino se presentaron dificultades, pero gracias a todos los que estuvieron para mí puede alcanzar mis logros.

Agradecimientos

Primero ante todo agradecerle a Dios, ya que caminando con el de la mano pude alcanzar el sueño anhelado.

A mi casa de estudios por orientarme durante todo mi trayecto como estudiante; permitieron que me forme debidamente como profesional y como persona, orientándome siempre a dar lo mejor de mí.

A mis docentes, ya que gracias a ellos es que pude formarme debidamente en mi carrera profesional. Siempre estuvieron ahí apoyándome, sobretodo cuando existían alguna duda.

Todos y cada uno de ustedes fueron un gran aporte en lo que se está haciendo realidad, por ello, mi total gratitud, siempre los tendré muy presentes.

Índice

Dedicatoria	iv
Agradecimientos	v
Índice de Figuras	vii
Índice de Ecuaciones	viii
Índice de Tablas	viii
Resumen	x
Abstract	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1. Realidad problemática.....	12
1.2. Formulación del problema.....	30
1.3. Hipótesis.....	30
1.4. Objetivos	30
1.5. Teorías relacionadas al tema	31
II. MATERIALES Y MÉTODO	55
2.1. Tipo y Diseño de Investigación	55
2.2. Variables, Operacionalización.....	55
2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección.....	57
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad..	57
2.5. Procedimiento de análisis de datos.....	59
2.6. Criterios éticos.....	61
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	62
3.1. Resultados	62
3.2. Discusión.....	116
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	119
4.1. Conclusiones.....	119
4.2. Recomendaciones.....	121
REFERENCIAS	123
ANEXOS.....	133

Índice de Figuras

Fig. 1. Obras de encauzamiento del del Río La Leche	15
Fig. 2. Tramo meandriforme Río La Leche aguas abajo de la Bocatoma Huaca de la Cruz... 15	15
Fig. 3. Influencia de la forma de la cuenca en el hidrograma. (Rb relación de bifurcación). 33	33
Fig. 4. Perfil longitudinal representativo de un río	37
Fig. 5. Ubicación del Thalweg en un río	38
Fig. 6. Valle de un río representado geoméricamente	39
Fig. 7. Representación de un río en función a su sinuosidad.....	39
Fig. 8. Geometría de un río según su sinuosidad.....	40
Fig. 9. Esquema de las etapas de un río.....	41
Fig. 10. Relación entre caudal medio anual, pendiente del cauce y tipo de flujo.....	42
Fig. 11. Criterio de S.A. Schumm y H.R. Khan para clasificación de ríos.	42
Fig. 12. Tipos de ríos meándricos	43
Fig. 13. Geometría de un meandro	44
Fig. 14. Evolución de un meandro.....	47
Fig. 15. Migración de meandros.	48
Fig. 16. Portal web para descargar imágenes satelitales.	49
Fig. 17. Requisitos de hardware para Arc Gis 10.6.1. y Hec Ras v.4.....	54
Fig. 18. Diagrama de Procesos.	59
Fig. 19. Curva hipsométrica y frecuencia de altitudes.....	69
Fig. 20. Perfil longitudinal	70
Fig. 21. Área para estudiar	72
Fig. 22. Imagen - Año 1999	73
Fig. 23. Imagen - Año 2006	74
Fig. 24. Imagen Año 2010	74
Fig. 25. Imagen Año 2016	75
Fig. 26. Imagen Año 2019	75

Fig. 27. (Compilación 05 imágenes satelitales)	76
Fig. 28. Meandro 01.	76
Fig. 29. Meandro 02	77
Fig. 30. Meandro 03	78
Fig. 31. Meandro 04	79
Fig. 32. Ubicación de estación hidrométrica.....	91
Fig. 33. Caudales Máximos	95
Fig. 34. Caudales Máximos por Año.	95
Fig. 35. Caudales máximos calculados por los diferentes métodos estadísticos.....	115
Fig. 36. Delimitación de la Cuenca.....	172

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1 Índice de compacidad o Coeficiente de Gavelius.	33
Ecuación 2: Factor de forma de una cuenca.	34
Ecuación 3: Coeficiente de forma de la cuenca.....	34
Ecuación 4: Rectángulo equivalente de una cuenca.	34
Ecuación 5: Pendiente de la cuenca.....	35
Ecuación 6: Sinuosidad del valle	38
Ecuación 7: Sinuosidad del río	38
Ecuación 8: Ríos meándricos	41
Ecuación 9: Ríos trenzados	41
Ecuación 10: Criterio de Leopold y Wolman.....	42

Índice de Tablas

Tabla I. Víctimas y destrucción del niño costero 2017.....	14
Tabla II. Cuadro de operacionalización	56
Tabla III Áreas parciales de cuenca.....	68

Tabla IV Cálculos para graficar la curva hipsométrica y de frecuencia de altitudes	68
Tabla V Rectángulo equivalente	69
Tabla VI Perfil longitudinal	70
Tabla VII Pendiente de la cuenca, Criterio De Alvord.....	71
Tabla VIII Pendiente del cauce (Criterio De Taylor Y Schwars)	71
Tabla IX Información Cartográfica	73
Tabla X Caudales máximo y mínimo	92
Tabla XI Caudales máximos - Solución Método Gumbel	96
Tabla XII Caudal máximo - Solución Método de Nash	101
Tabla XIII Caudales máximos - Solución Método de Lebediev	105
Tabla XIV Caudal Máximo - Solución Método Log Pearson III.....	110

Resumen

El presente proyecto tiene como objetivo analizar los patrones de cambios hidro-meándricos del Río la Leche basado en imágenes satelitales; a su vez, que con ello se busca adquirir los ratios de migración y tendencia que recorren en el río en estudio y expresarla en función de fórmulas empíricas. Además, la zona en estudio está localizada dentro de la Región de Lambayeque, en la denominación de la cuenca hidrográfica del valle Motupe. Aquí es donde se delimito el Río la Leche ya que este por su condición de cauce natural una tiene una estabilidad en su cauce y a la vez presenta un peligro inminente para las obras civiles ubicadas ya sea sobre el lecho fluvial como en su zona de inundación. Ahora bien, con el fin de determinar los patrones antes mencionados se procedió aplicar una metodología basada en imágenes satelitales, teniendo en cuenta el rango de años de estudios acorde a la investigación, y utilizando el software SIG. Con los resultados alcanzados se confirmó que el proceder de los ríos serpenteantes tiene una predisposición global, que difiere según las características geométricas y los ecosistemas a los que pertenecen. Concluyendo, la importancia de los estudios morfológicos de estos ríos en el desarrollo del país.

Palabras Clave: Cambios hidro-meándricos, Río la Leche, inundación

Abstract

The objective of this project is to analyze the patterns of hydro-meandering changes of the La Leche River based on satellite images; at the same time, it seeks to acquire the migration ratios and trends that run through the river under study and express them in terms of empirical formulas. The area under study is located in the Lambayeque Region, in the Motupe Valley watershed. This is where the La Leche River was delimited since it is a natural riverbed with a stable course and at the same time presents an imminent danger to civil works located on the riverbed and in the flood zone. In order to determine the aforementioned patterns, a methodology based on satellite images was applied, taking into account the range of years of studies according to the research, and using GIS software. With the results achieved, it was confirmed that the meandering rivers have a global predisposition, which differs according to the geometric characteristics and the ecosystems to which they belong. Concluding, the importance of the morphological studies of these rivers in the development of the country.

Keywords: Hydro-meander changes, La Leche River, flooding.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática.

Hace tiempo que se reconoce que la interacción entre el cauce del río y sus llanuras aluviales es un proceso clave en el mantenimiento de los ecosistemas fluviales porque facilita el intercambio de grandes cantidades de agua, sedimentos o materia orgánica y nutrientes entre ríos, llanuras aluviales y humedales ribereños [1]. El análisis cuantitativo de la conectividad hidrológica entre ríos y sus llanuras aluviales en respuesta a diferentes condiciones hidrológicas y a la implementación de proyectos de gestión de recursos hídricos es importante para identificar cómo la conectividad río-planicie aluvial podría afectar la calidad del agua y los procesos ecológicos en los sistemas fluviales [2]. Igual modo, también es necesario identificar la morfología del canal, puesto que está suele cambiar con el tiempo debido a procesos naturales como cambios en la carga de sedimentos en suspensión, cambios en los regímenes de hielo de los ríos en latitudes altas, inundaciones, y debido a actividades humanas, incluida la urbanización, cambios en la cobertura del suelo, operaciones de embalses, y excavación en arena [3]. Aunado a lo expuesto, en ríos de sección transversal compuesta, se ha evidenciado que, durante la estación seca, el flujo de agua se limita al canal principal, mientras que, durante las estaciones de inundación, las llanuras aluviales se llenan de agua que desempeña importantes funciones ambientales y biológicas [4].

En países como Puerto Rico (PR), es habitual la presencia de lo que habitualmente conocemos como ciclones tropicales (TC); no obstante, estos sucesos golpean duramente en la zona, dado que a menudo se asocian con lluvias fuertes e intensas. Esta lluvia, combinada con el terreno montañoso empinado de PR y entornos similares, puede producir algunos de los picos de inundación más grandes por unidad de área de cuenca en el mundo; además, pueden causar deslizamientos de tierra, flujos de escombros, pérdida de masa y erosión fluvial, que redistribuyen grandes cantidades de sedimentos a lo largo del río y son capaces de causar ajustes sistemáticos laterales y verticales del canal [5].

Li et al. [6] encontró que la capacidad de transporte del canal puede cambiar

sustancialmente como resultado de la inundación de TC; sin embargo, ese estudio no examinó cómo se manifiestan estos cambios en términos de las propiedades geométricas del canal, y no pudo aislar las características de la cuenca aguas arriba o la influencia local del alcance del río (p. ej., pendiente, cobertura del suelo) que podrían explicar la evolución de la capacidad de transporte observada.

Se debe tener en cuenta que la geometría hidráulica en una estación (AHG) proporciona un mecanismo para estudiar la morfología del canal y sus cambios; a su vez, describe las relaciones entre la descarga y el ancho de la superficie del agua, la profundidad y la velocidad media en secciones transversales de ríos individuales. Las formulaciones de la ley de potencia se han utilizado durante mucho tiempo para modelar AHG, y estas formulaciones se han aplicado ampliamente para comprender la geomorfología de los ríos; siendo este último uno de los aspectos más importantes para evitar posibles o futuras inundaciones [7]

Ahora bien, Cordova [8] explica que el Perú es un país que constantemente se ve afectado por fenómenos naturales tales como movimientos sísmicos, intensas lluvias e inundaciones. Estadísticamente se ha corroborado, que las lluvias han azotado a nuestro territorio, principalmente cuando suceden fenómenos como el Niño. Este fenómeno trae consigo un incremento en el caudal de los diferentes ríos y en algunos casos reactivos ríos que se habían secado por completo. Como todos sabemos, la desgracia sigue a cada desastre por lo que el origen de todos estos sucesos está generando en la población gran preocupación, y más aún porque se han registrado informes de inundaciones inusuales desde 1578. De otro modo, Olivares [9] argumenta que durante muchos años la mayoría de las regiones han estado y siguen expuestas a los efectos que se originan por cambios climáticos. Informes estadísticos y el análisis correspondiente detallan datos históricos sobre el nivel del mar; por lo que sugiere que se tome mayor importancia a estos temas, dado que las tendencias que se pueden evidenciar son realmente impresionantes y el efecto de la propagación aguas arriba de las desembocaduras de los ríos es un tema poco estudiado.

En materia de transporte y agricultura a nivel nacional, el fenómeno de El Niño

destruyó 4.000 km de vías rurales, 4.391 km de carreteras y 489 puentes. De otro modo, en Lima desapareció aproximadamente más de 2.216 km de pavimentaciones y más de 135 puentes. El sector agrícola también sufrió grandes pérdidas. En todo el país se perdieron 50.514 áreas cultivadas y se destruyeron 22.674 canales de riego. La región con más superficie perdida es La Libertad con 11.557, mientras que Lima es la región con más canal perdido con 13.000 [10]

Tabla I.
Víctimas y destrucción del niño costero 2017

INDICADORES	Cantidad	Und
En la Población		
Personas fallecidas	162	
Personas heridas	500	
Personas desaparecidas	19	
Infraestructura hidráulica y vial		
Caminos rurales destruidos	4000	Km
Carreteras destruidas	4391	Km
Puentes colapsados	489	Und
Agricultura		
Canales destruidos	22674	Und
Tierras de cultivo perdidas	50514	Ha

En Lambayeque, se han registrado precipitaciones extremas, los cuales generaron desbordes de grandes avenidas en el Río la Leche, con gran capacidad de erosionar y sedimentar, generando la alteración y cambio de configuración en planta del río; al mismo tiempo, tendiendo como consecuencia daños en la infraestructura del departamento [11]



Fig. 1. Obras de encauzamiento del del Río La Leche

Hay muchas investigaciones actualmente que se han dedicado a estudiar el comportamiento de muchos ríos en el mundo debido a la gran importancia para diferentes ecosistemas. En la región Lambayeque el Río La Leche por su gran relevancia en el lugar, su comportamiento durante los fenómenos del niño pasados y por la existencia de ciertas características relacionadas al tema surgió la idea para llevar a cabo esta investigación.

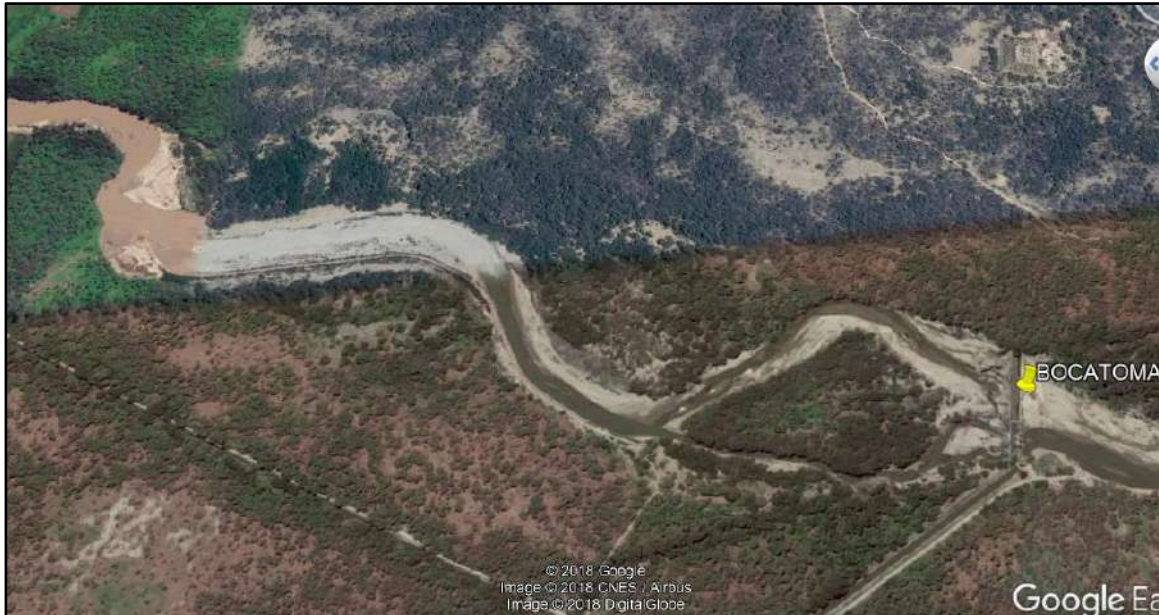


Fig. 2. Tramo meandriforme del Río La Leche aguas abajo de la Bocatoma Huaca de la Cruz.
Nota: Google Earth Pro

Por otro lado, también existen investigaciones que se han efectuado para estudiar el comportamiento de los ríos alrededor del mundo, debido a su importancia a nivel mundial.

Desde esta perspectiva, Chohan et al. [12] en su investigación emplearon un enfoque basado en Geographic Information System Mapping Technology (GIS) para determinar la morfología del río Chenab desde las Qadirabad hasta el puente Talibwala. Como parte de su metodología, el área de estudio se dividió en siete secciones basadas en el enfoque heurístico. Los resultados han revelado que el tramo enfrentó cambios abruptos en las secciones 1, 2, 3 y 6 después de 1979 debido a una gran inundación. Asimismo, la sinuosidad del alcance oscila entre 1,01 mínimo y 1,57 máximo; por otro lado, las secciones críticas identificadas han resaltado los cambios abruptos observados en el río con referencia a la condición de 1952 como línea base del río. Además, los cambios abruptos en el índice de sinuosidad han indicado que la topografía del río está incisa por el ensanchamiento, desplazamiento y migración de los canales. Concluyendo, que la sinuosidad de las secciones y la migración de los canales podría ayudar a los administradores de desastres a comprender la planificación futura y los trabajos de formación de ríos sostenibles.

Mientras tanto, Sin et al. [13] en su estudio propone un marco de evaluación de riesgos que equilibra la fuerza del diseño de las estructuras en el río y el impacto ecológico. Como metodología aplicó técnicas de radar de apertura sintética interferométrica diferencial de dispersión persistente (PS-InSAR); seguidamente, se aplicó una simulación numérica y finalmente, el estudio aplicó un método de monitoreo inalámbrico para evaluar la socavación del lecho del río cerca de los muelles en regiones de alto riesgo. Los resultados indicaron que el tipo de hábitat mayoritario de la corriente durante el flujo base es un deslizamiento, con un área de alrededor del 32%, con una corriente que representa alrededor del 10%. Los rífls con alta velocidad de flujo y poca profundidad de agua ocupan solo alrededor del 1%. El tipo de hábitat principal durante el período de inundación se ejecuta con piscinas cerca de la costa, lo que proporciona un hábitat de refugio esencial para los peces durante las inundaciones. Cuando ocurre un evento de inundación, el tamaño de las barras de arena se puede reducir en un 40%. Concluyendo, que las inundaciones dañan la calidad del hábitat y los efectos ecológicos adversos conducen a hábitats degradados o dispersos. La creación de suficientes áreas de estanques en la margen derecha del cauce del río debería facilitar la alimentación y

utilización de los peces durante el flujo regular y como refugio durante los períodos de inundación.

También, Feng et al. [14] en su investigación se centraron en el cambio geomorfológico (morfología del lecho del río y de la barra) alrededor de un sistema de barra de río a gran escala en la parte baja del río Yangtze (a saber, Heishazhou) que posiblemente se vio afectado por la presa de las Tres Gargantas (TGD) y otras obras de ingeniería fluvial. La metodología fue de tipo experimental, a su vez, se recopilaron fuentes de datos relevantes, incluidos estudios de campo, registros de estaciones hidrológicas, imágenes satelitales e informes de prácticas históricas. Los resultados evidenciaron que se produjo un rápido crecimiento de la barra después de la construcción y operación del TGD, lo que condujo al cierre del Canal Medio y el Canal Sur que dominaban el transporte de agua en el tramo deposición de sedimentos alrededor de las barras, que diferían de las del tramo medio que generalmente se contraían. Asimismo, la causa subyacente se originó a causa de que el lecho del río del tramo medio todavía suministra sedimentos al tramo inferior; sin embargo, el lecho del río en el tramo de Heishazhou experimentó una aparente erosión después de la construcción del TGD. Concluyendo que, empleando imágenes satelitales, se podrá crear una descripción conceptual para comprender el ciclo geomorfológico de los sistemas de barras fluviales en un tramo serpenteante y así se podrá evitar futuras inundaciones a causas de fenómenos naturales.

De otro modo, Islam et al. [15] en su investigación tuvieron como objetivo analizar las características de la forma en planta posterior a la represa del río Damodar, un río subtropical en India, con base en el análisis de la geometría del meandro, el índice de sinuosidad de Mueller, el índice de trenzado, el índice de conteo de canales y el índice de longitud del canal durante los últimos 50 años (1970–2020). La metodología fue de tipo cuantitativo, y para ello se utilizaron mapas topográficos e imágenes de satélite. El estudio también tiene la intención de pronosticar las características de trenzado y meandros del canal para 2030 y 2050 utilizando un modelo de red neuronal artificial (ANN). Los resultados del estudio muestran que entre 1970 y 2020, el índice de sinuosidad estándar (SSI) mostró una mayor tendencia a

serpentear en el medio del río que los cursos superior e inferior debido al control hidráulico, mientras que los cursos superior e inferior fueron controlados por factores topográficos. De manera similar, los índices de trenzado de canales (BI^* , BI y Pt) muestran un abultamiento en los cursos superior y medio, seguido de una caída gradual en el tramo inferior. La construcción de presas, la presencia de lineamientos, fallas y otros controles antropogénicos regulan principalmente las características de la forma física del río. Con respecto a los últimos 50 años, el meandro general del canal ha disminuido ligeramente, mientras que el trenzado ha aumentado ligeramente con el tiempo, lo que indica una metamorfosis del canal cuasi-equilibrio. Sin embargo, la predicción con mayor precisión (80–95 %) muestra que los meandros y trenzados del río (BI^* y BI) aumentarán a corto plazo (2030) y disminuirán a largo plazo (2050). Concluyendo, que emplear imágenes satelitales pueden ser útiles para los diversos planificadores y partes interesadas involucradas en el desarrollo de la cuenca del río.

Simultáneamente, Zaborowski et al. [16] en su investigación probó la idoneidad de los modelos unidimensionales para la restauración de ríos que involucran deflectores de ríos. Como parte de su metodología, se preparó un modelo numérico 1-D de la sección inferior del río Flinta; a su vez, se construyeron e instalaron tres deflectores de caudal de canal en el tramo inferior del río; seguidamente, con base en estudios de campo y datos de campo, se realizaron cálculos utilizando el software HEC-RAS 1-D. Los resultados obtenidos confirmaron el potencial para una operación efectiva del deflector para el rango de velocidad de $0.10 - 0.30 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Asimismo, los cambios máximos de elevación del lecho del río después de la introducción de los deflectores alcanzaron los $0,10 \text{ m}$; y se encontró que el efecto de los deflectores sobre la aspereza en niveles altos de agua no fue significativo y no aumentó el riesgo de inundación. Concluyendo, que la mejor solución para implementar deflectores en un modelo unidimensional es considerar su influencia como un cambio en el valor de Manning.

Igual modo, Li et al. [17] en su investigación tuvieron como objetivo realizar un análisis basado en sensores remotos y de campo del abandono y la sedimentación de las curvas de

los meandros provocados por cortes de rampa a lo largo del efímero Río Colorado, de grano fino y sin vegetación, en el altiplano de Bolivia. Como parte de su metodología, se produjeron tres cortes de conductos (CC1, CC2, CC3) entre 1996 y 2016; para una curva (CC3), alta resolución (<0,65 m) las imágenes satelitales y las investigaciones de campo revelan los detalles de los procesos de corte y productos sedimentarios previos, intermedios y posteriores al canal. Los resultados evidencian que, las inundaciones de desbordamiento promueven el desarrollo de canales de descarga, que comúnmente se inician como poco profundos (típicamente <1 m) canales que se erosionan hacia arriba, mientras que los sedimentos derivados del desborde y la erosión hacia arriba tienden a depositarse en el tramo aguas abajo de la curva. Al mismo tiempo, al obstruir el flujo, dicha deposición reduce la capacidad de transporte de sedimentos dentro de la curva del meandro como un todo, lo que induce aún más la deposición dentro de la rama aguas arriba. Concluyendo, que los hallazgos contribuyen a una comprensión más completa de la dinámica de los ríos serpenteantes en toda la gama de condiciones de la Tierra, y también pueden ayudar a mejorar las interpretaciones de los ríos anteriores a la vegetación de la Tierra y las formas fluviales serpenteantes en otros cuerpos planetarios.

Sucesivamente, Li et al. [18] en su investigación combinaron múltiples Landsatimágenes de Google Earth Engine (GEE) con conjuntos de datos de precipitación e imágenes satelitales de alta resolución (<0,65 m) para visualizar inundaciones y evaluar la dinámica de la llanura aluvial asociada a lo largo de un tramo de 25 km del efímero y sin vegetación Río Colorado, Bolivia. Como parte de su metodología, después de eliminar las nubes y las sombras, los datos de reflectancia de la superficie de Landsat se usaron para calcular el índice de agua de diferencia normalizada modificada (MNDWI) y mapear la extensión y los patrones de las inundaciones. Los resultados reflejaron que desde 2004 hasta 2016, el área de inundación anual a lo largo de los canales estrechos (<30 m), poco profundos (<1,7 m) y de grano fino (predominantemente limo/arcilla) se correlacionó positivamente ($R^2 = 0,83$) con totales de precipitación máxima de 2 días. Asimismo, la rápida migración de curvas de meandros, la erosión de los bancos y las frecuentes inundaciones de los desbordes

se asociaron con la formación de canales de grietas, ensanchamientos y canales que erosionan hacia adelante, y con avulsión (desplazamiento del flujo de un canal a otro). Estos procesos demuestran dinámicas continuas y generalizadas de planicies de inundación a pesar de la baja potencia de las corrientes y los sedimentos cohesivos. Concluyendo que, la aplicación de las imágenes satelitales ayudará a generar datos comparativos sobre los controles, tasas, patrones y escalas de tiempo de la dinámica del canal y la planicie de inundación en escenarios de cambio climático e impactos humanos directos, con implicaciones potenciales para una mejor gestión del río.

Luego, Ghosh et al. [19] en su investigación tuvieron como objetivo investigar la evolución de las redes fluviales y las características geomorfológicas de las llanuras aluviales del río Raidak dentro del régimen dinámico de la cuenca del antepaís del Himalaya durante una escala de tiempo de 65 años (1955-2020). Como parte de su metodología se han utilizado imágenes de satélite de alta resolución y mapas antiguos para elaborar los mapas geomorfológicos de llanuras aluviales. Además, se ha adoptado una técnica de verificación de campo para mejorar la precisión de los accidentes geográficos de las llanuras aluviales. cartografía. Igual modo, se realizó un análisis de registros sedimentarios para identificar los tipos de planicies de inundación y los elementos arquitectónicos fluviales en la planicie de inundación. La naturaleza de la oscilación del canal se ha evaluado utilizando diferentes parámetros (longitud del canal, ancho del canal, sinuosidad, migración de la línea del banco y área de erosión-acreción). Los resultados mostraron que la migración progresiva de las curvas de los meandros y el cambio de canales en una escala de tiempo del pasado reciente han dado como resultado muchas características geomórficas de llanuras aluviales, como cortes, paleocanales, pantanos traseros, canales abandonados y barras de desplazamiento de meandros en el Holoceno de la superficie de la llanura aluvial. Respecto a los valores numéricos se mostró una variación en la sinuosidad del canal del tramo medio e inferior (1,85, 1,64 y 1,73 durante los años 1955, 1987 y 2020 respectivamente), lo que sugiere un alargamiento y acortamiento del canal durante diferentes períodos de tiempo a través del desarrollo de reparación y cortes. Concluyendo, que diferentes procesos naturales

(caudal variable, inundaciones frecuentes, tectónica activa, migración de meandros y desplazamiento de cauces) e interferencias humanas (canalización, actividades mineras, construcción de estructuras transversales y cambios de uso del suelo) han sido responsables de la evolución y modificación morfológica del río Raidak. sistema y sus llanuras aluviales.

Más aún, Yang et al. [20] tuvieron como objetivo combinar observaciones remotas y de campo de la inundación repentina de Baige de 2018 con simulación numérica bidimensional utilizando la ecuación de onda difusiva. La metodología fue de tipo cuantitativa. Los resultados demostraron que, al alimentar el hidrograma de ruptura de presa medido y comparar tres coeficientes de Manning diferentes en experimentos numéricos, evidenciaron que cuando $n = 0,055$, el momento del caudal máximo fue solo 0,5 h diferente del indicado por los datos medidos en Yebatan, 54 km aguas abajo de la represa de deslizamiento de tierra. Por otro lado, bajo un alto esfuerzo cortante durante varias horas a una profundidad sostenida del agua de ~20 m, la erosión lateral causada por estas inundaciones repentinas contribuyó al deslizamiento de tierra adyacente, que se activó en asociación con olas intermitentes de velocidad del agua de aproximadamente 17 m/s. Concluyendo que, la hidráulica de las inundaciones repentinas de gran magnitud y el transporte de sedimentos juegan un papel crucial en la remodelación de la geomorfología de los ríos.

Posteriormente, Naghavi et al. [21] en su investigación tuvieron como objetivo realizar una evaluación de la velocidad y el esfuerzo cortante del lecho en el cauce principal de un cauce compuesto serpenteante con bloques unilaterales en planicie de inundación. Los experimentos se han realizado a tres profundidades relativas de 0,29, 0,39 y 0,49 y los caudales correspondientes. Los resultados muestran que la densidad de bloques en una planicie de inundación tiene un efecto significativo en el comportamiento del flujo en el canal principal. De modo que, con el aumento de la profundidad relativa, las relaciones de descarga del canal principal en comparación con la descarga total (Q_{mc}/Q) decrece en las curvas con mínima extensión de bloques de planicie de inundación, las áreas de cruce y las curvas con máxima extensión de bloques de planicie de inundación. Para un D_r dado, el aumento significativo en los valores de n de Manning a medida que aumenta la densidad de los bloques

(aproximadamente 30%). Al aumentar la densidad de bloques de cero a 23,7 %, el factor de fricción máximo de Darcy-Weisbach en las secciones CS1 y CS7 aumenta en 110 % y 2 %, respectivamente, lo que demuestra que aumentar la densidad de bloques no tiene un gran efecto en fen la sección CS7. Bajo condiciones de llanura aluvial bloqueada unilateralmente, la velocidad longitudinal máxima en el canal principal en la sección con máxima extensión de bloques en la llanura aluvial (CS7) es mayor que la sección con mínima extensión de bloques en la llanura aluvial (CS1). A la profundidad relativa de 0,49, el valor máximo de la velocidad promediada en profundidad en las secciones CS1-4 disminuyó en un promedio del 52 % en comparación con la llanura aluvial suave. Concluyendo que, el esfuerzo cortante máximo en el lecho en la sección del ápice para todos los canales ocurre cerca del lado convexo y el esfuerzo cortante del lecho en todas las secciones disminuye con la profundidad relativa decreciente y en la sección con extensión mínima de bloques de planicie de inundación (CS1) y secciones cruzadas.

En cambio, Beyene et al. [22] en su investigación tuvieron como objetivo analizar los cambios en la forma del plano y las respuestas del paisaje del río Gilgel Abay en un tramo de aproximadamente 36 km desde el puente, cerca de Chimba, hasta su entrada al lago Tana mediante el uso de imágenes históricas de los últimos 60 años (1957–2020) y observación de campo. El alcance del estudio se dividió en tres partes según las características de las características. Para preparación y análisis de datos, software de análisis de imágenes (ENVI, ERDAS IMAGINE y ArcGIS). Los resultados mostraron que, a partir de la clasificación de la cobertura del suelo según el uso del suelo, el patrón de uso del suelo cerca de la llanura aluvial del río y el área del delta cambió significativamente; asimismo, en planta (sinuosidad, ancho e isla) muestran que el río dentro del alcance del estudio ha mostrado pocos cambios en su forma en planta durante los últimos 60 años; no obstante, el paisaje del delta aluvial formado en la desembocadura del río ha mostrado un gran cambio. Con respecto al mapa de acreción-erosión muestra un máximo de $18,73 \pm 1,97$ m/a de acreción y $-12,48 \pm 1,44$ m/a de erosión en el lado derecho (hacia el este) y un máximo de $50,06 \pm 1,44$ m/a de acreción y pérdida de solo $3,95 \pm 1,97$ m/año hacia el oeste. El análisis del área del delta muestra que en las últimas

cinco décadas se han formado de manera desproporcionada 17,13 ha/año de tierra, de las cuales más del 56% se agrega en la margen derecha del río. En general, para los cambios de forma en planta que ocurrieron en el canal del río y el delta fluvial, los factores inducidos por el hombre tienen una gran contribución. Concluyendo que, el mapeo cuantitativo y cualitativo del acoplamiento de ríos y deltas con cuencas de alimentación y llanuras aluviales es importante para mejorar y comprender las influencias socioeconómicas en la morfología del río y se necesita un marco de gestión integrado.

De otro modo, Dasgupta et al. [23] en su investigación tuvieron como objetivo probar el uso de observaciones de inundaciones de fuentes múltiples para evaluar cuantitativamente el rendimiento de modelos aplicados por primera vez. El conjunto de observación utilizado para la evaluación del desempeño consta de 32 marcas de agua alta distribuidas y marcas de naufragio proporcionadas por el Consejo del Valle de Clarence para el evento de inundación de 2013, cuyos tiempos de adquisición se desconocían. Para cada realización del modelo, los errores de simulación absolutos y relativos se cuantificaron a través del error cuadrático medio (RMSE) y la diferencia porcentual media (MPD), respectivamente. Se extrajo información similar de 11 medidores hidrométricos a lo largo del río Clarence y se utilizó para restringir el parámetro de rugosidad. Los resultados de los parámetros calibrados fueron idénticos para ambos tipos de datos y se obtuvo un valor RMSE medio de ~50 cm para la simulación de flujo máximo en todos los medidores. Concluyendo que, la integración de observaciones de inundaciones inciertas de fuentes colectivas puede generar un conjunto de datos útil para la calibración del modelo hidráulico en cuencas sin medir, a pesar de la falta de información de tiempo asociada.

Wang et al. [24] en su estudio tuvieron como objetivo determinar el cambio en el cauce de un río con meandros y ramificaciones en respuesta a la regulación del flujo de sedimentos. La metodología fue cuantitativa, y para ello, se hizo el análisis de datos de múltiples fuentes y la validación teórica. Se tuvo en cuenta que la principal contribución de este estudio es que se manifieste el proceso de cambio del cauce principal de un río que se ramifica con el apoyo de la observación hidromorfológica directa. Se hizo uso del Landsat de satélites. Los

resultados mostraron que ocurrieron cambios obvios en el ancho del canal de las dos ramas de 1987 a 2014. El ancho de la rama izquierda disminuyó de 1041 m a 340 m, y el ancho de la rama derecha aumentó de 632 m a 1531 m. El ancho de la sección transversal compuesta aumentó de 1673 m a 1871 m. Concluyendo que, las imágenes de teledetección durante el período de 1987 a 2014 permitieron analizar con éxito la evolución de la forma en planta del río con meandros y ramificaciones.

Después, Parizi et al. [25] investigaron inicialmente el efecto de las resoluciones DEM, que van desde 1 m a 30 m, en las características de la inundación, incluida el área de inundación, la profundidad media del flujo y la velocidad media del flujo. Luego, los errores de las características de inundación para los DEM globales. Como metodología, se utilizó el modelo HEC-RAS 2D en condiciones de estado estable para simular la inundación con períodos de retorno de 5 a 200 años a lo largo de 20 km del río Atrak. Los resultados indicaron que cuando la resolución DEM del UAV disminuyó de 1 m a 30 m, el área de inundación y la profundidad media del flujo aumentaron un 17,0 % ($R^2= 0,94$) y un 10,2 % ($R^2= 0,96$) respectivamente, mientras que la velocidad media del flujo disminuyó un 16,8 % ($R^2= -0,94$). La validación del modelo hidráulico utilizando el índice de agua de diferencia normalizado modificado demostró que el modelo HEC-RAS 2D junto con UAV DEM simula la inundación con una precisión de ~ 92 %. La comparación de los DEM globales con los DEM de UAV mostró que los valores del error cuadrático medio (RMSE) de la profundidad del flujo para los DEM ASTER, SRTM, ALOS y TDX fueron 1,77, 1,12, 1,02 y 0,93 m, y los valores RMSE de la velocidad del flujo para los mismos DEM fueron 0,81, 0,66, 0,55 y 0,47 m/s, respectivamente. Concluyendo, que aplicar dichos métodos podrían servir potencialmente como una guía para seleccionar DEM globales para simulaciones hidráulicas.

En otro estudio, Nyame et al. [26] tuvieron como objetivo simular y examinar los impactos de la cuenca de retención como estructura hidráulica para atenuar los picos de inundación aguas abajo del Cuenca del río Odaw (ORB) con modelos HEC-HMS y HEC-RAS acoplados para diferentes escenarios de inundación. La metodología se basó en emplear modelos HEC-HMS calibrados y validados para pronosticar inundaciones en términos de

flujos máximos y los resultados se forzaron en el modelo HEC-RAS de flujo inestable 2D para simular áreas de inundación de inundaciones. Los resultados arrojaron que, el modelo HEC-HMS calibrado y validado indicó un buen desempeño ($NSE > 0.65$) en la simulación de las características de escorrentía de la cuenca. Los caudales máximos previstos con el modelo calibrado para periodos de retorno de 30 a 1 año fueron 131,1 m³/s, 121,6 m³/s, 106,4 m³/s, 88,8 m³/s y 59,3 m³/s respectivamente para el escenario “sin” una cuenca de retención dentro del ORB. En el escenario “con” cuenca de retención, se observaron caudales máximos atenuados aguas abajo del ORB en un 8,1 % (120,5 m³/s), 8,4 % (111,4 m³/s), 9,1 % (96,7 m³/s), 13,6 % (76,7 m³/s) y 13,2 % (51,5 m³/s) respectivamente para los diferentes periodos de retorno. Los volúmenes de inundación que llegan aguas abajo de la cuenca se redujeron en un 2,3 %, 2,5 %, 2,7 %, 3,0 % y 3,8 % respectivamente debido a la presencia de la cuenca de retención. Concluyendo que, la cuenca de retención desempeñará un papel fundamental en la gestión y planificación de inundaciones en el ORB.

Por otro lado, Salmela et al. [27] en su investigación tuvieron como objetivo determinar los cambios morfológicos y el mantenimiento de la piscina rápida en relación con las condiciones de flujo en un canal de río serpenteante durante un período de 5 años. Se estudiaron los cambios en el cauce de un río serpenteante utilizando modelos digitales detallados del terreno y datos de flujo. Los resultados indicaron que las secuencias de rápidos y rápidos se mantienen por eventos de alta descarga y se vinculó el desarrollo de rápidos. Durante las altas descargas, el lecho del río se erosionó en los lados cóncavos y los puntos de inflexión se agradó, mientras que, durante las descargas bajas, los lados cóncavos se degradaron y los puntos de inflexión se erosionaron. Mientras que la descarga aumentó, las velocidades de flujo cerca del lecho aumentaron más rápido en los lados cóncavos de las curvas que en los puntos de inflexión, volviéndose más altas a una descarga de 8 m³/s, ~20% de la descarga del banco lleno. Los cambios en las tres curvas sucesivas de los meandros fueron principalmente similares, y la geometría de los ríos serpenteantes contribuyó a la ubicación de rápidos y pozas. Los cambios morfológicos ocurrieron en las curvas de los meandros durante todo el año, pero no fueron lineales. Concluyendo que, los

lados cóncavos de las curvas de los meandros pueden actuar para almacenar sedimentos temporalmente; sin embargo, el almacenamiento se conserva solo bajo la descarga hidrológica efectiva.

Entre tanto, Thomas et al. [28] en su estudio examinaron el alcance de la erosión y la deposición a lo largo de las orillas de los tramos inferiores del río Krishna entre 1973 y 2015, mediante el análisis de los cambios en las líneas de los bancos utilizando Landsat imágenes de los años 1973, 1991 y 2015. Como parte de su metodología, se limita al segmento del río aguas abajo de la presa de Nagarjuna Sagar hasta el delta de Krishna (318 km). Los resultados indicaron que el área total perdida entre 1973 y 1991 debido a la erosión de los bancos fue de 3093 ha, mientras que la extensión del área se redujo a 1386 ha durante 1991–2015. Aunque los tramos individuales del río tenían patrones característicos de desplazamiento de la orilla durante el período, la mayoría de los tramos cambiaron sus orillas sin cambiar el ancho total de la orilla del río. La erosión de los bancos estuvo dominada en la mayoría de los tramos de estudio durante 1973–1991, en comparación con la deposición, mientras que el patrón se invirtió durante 1991–2015. Los patrones contrastantes de erosión/deposición de bancos entre 1973-1991 y 1991-2015 podrían ser el reflejo de las variaciones en el patrón de inundaciones entre los períodos. Concluyendo que, el impacto de la represa Nagarjuna Sagar en la erosión de las orillas es evidente como un fuerte aumento en la intensidad de la erosión aguas abajo de la represa.

En cambio, Suresh et al. [29] en su investigación buscaron comprender la dinámica del patrón de cambio de río con la ayuda de imágenes satelitales y procesamiento geoespacial. El estudio se ha realizado durante tres décadas utilizando imágenes de satélite desde 1990 hasta 2021. Para medir el meandro del río se ha determinado la sinuosidad. La erosión y la deposición se cuantificaron utilizando ArcGIS. Los resultados reflejaron que, el río se desplazó hacia el sur de 1990 a 2021 con un índice de sinuosidad promedio de 4.43. La erosión es más alta en 2011 junto con la deposición más baja, alrededor de dos veces menor que en 2000 y 2021. Concluyendo que, se sugiere un cambio dinámico de curso para el río Brahmaputra, de tal manera que impida que impacte de manera negativa la cobertura

terrestre y la vegetación a causa de los desastres naturales.

Agregando, Billi et al. [30] en su investigación tuvieron como objetivo investigar las similitudes y diferencias entre arroyos serpenteantes efímeros (EMS) y sus contrapartes perennes de áreas más húmedas (en las que se basan casi todos los modelos hidrogeomorfológicos) con el propósito de explicar por qué los ríos serpenteantes se forman en ambientes donde la falta de vegetación, los flujos esporádicos y un alto aporte de sedimentos debería favorecer el desarrollo de ríos trenzados. a partir de imágenes satelitales. Para ello, como parte de su metodología recopilaron datos geomórficos (es decir, ancho de canal, sinuosidad, longitud de onda y radio de curvatura) de 107 tramos de EMS en diferentes zonas secas del mundo a partir de imágenes satelitales de GoogleEarth Pro. También se evaluaron las características/procesos geomorfológicos, como cortes de cuello, desplazamientos de puntos y cortes de canales. Los resultados muestran que, los puntos de corte de las tolvas de las barras de puntos y los desplazamientos de las barras de puntos son las características geomórficas más comunes de EMS; de otro modo, la distribución bimodal de los valores de la relación de curvatura difiere sustancialmente de la de los ríos perennes que comúnmente se encuentran en el rango 2-3. Los datos de los ríos en este estudio indican que su patrón de canal está bien descrito por la misma función generada por el seno utilizada para los ríos perennes. Concluyendo que, se debe proponer una nueva función para discriminar el meandro del patrón trenzado de corrientes efímeras.

Para finalizar, Choi et al. [31] en su investigación tuvieron como objetivo analizar la evolución morfodinámica del estuario macromareal del Río Sittaung. Su metodología estuvo basada en imágenes satelitales y observación de campo. Los resultados demostraron que, la parte interior río evolucionó a través de una morfodinámica activa a lo largo de varias escalas temporales que van desde ciclos mensuales hasta ciclos centenarios. Al mismo tiempo, los canales, incluidos los swatchways y las púas de inundación, migran rápidamente en respuesta a corrientes de marea mutuamente evasivas en escalas de tiempo mensuales, lo que lleva a un aumento en la sinuosidad del canal. Un corte de rampa de la curva cerrada del meandro a gran escala durante los altos caudales del río resultó en cambios morfológicos en

toda la zona de transición fluvial-marina. Concluyendo que, las crecidas estacionales de los ríos aceleran la migración del cauce, provocando un meandro cerrado, ya que, durante las crecidas del río cada 6 a 9 años, se ha producido un corte de canal de la barra de punta en la curva estrecha del meandro, lo que ha desencadenado cambios sustanciales en la posición del canal principal, las barras y las planicies de marea en el estuario.

En el Perú, Bernardo & Castro [32] en su investigación realizaron la simulación de inundación ante sucesos complejos como el Niño, y de esta manera mitigar las inundaciones que pueden suscitarse en zonas cercanas al río Tumbes. Como metodología hicieron uso de información hidrológica, estadística y topografía de investigaciones ya efectuada; a su vez, para la realización del estudio se hizo uso de un modelo de elevación digital (DEM), obtenido del satélite ALOS Palsar de resolución 12.5x12.5 metros. Los resultados obtuvieron el nivel de afectación con relación a las áreas urbanas y rurales de las zonas adyacentes al cauce del río. Concluyendo, que estas modelaciones permiten la creación y/o mejora de planes de contingencia y zonas de evacuación, que ayudaran a mitigar los daños producidos por la inundación.

Inmediatamente, Alvarez & Moreno [33] en su investigación ha realizado una simulación de inundación frente a sucesos como el Niño y distintos eventos en zonas cercanas a los cauces de ríos en Piura. Como metodología hicieron uso de HEC-Ras 2d en la zona urbana del río; seguidamente, se modeló eventos extremos con periodos mayores a 10 años, ya que esto será relevante para realizar obras ribereñas en lugares que requieran mayor protección debido a la vulnerabilidad. Los resultados evidenciaron que estos modelamientos han permitido mitigar el impacto generado, ya que disminuyó hasta un determinado porcentaje el área inundada en la zona de estudio, desde la represa “Los Ejidos” hasta el puente Bolognesi en la localidad de Piura.

Luego, Najarro & Sanabria [34] en su investigación evaluaron el nivel de vulnerabilidad que presenta la Carretera Central a causa de las intensas lluvias. Como parte de su metodología se partió ingresando la data base al software ArcMap, con el fin de determinar la cuenca que engloba el tramo de carretera en estudio. Los resultados determinaron que

entre los kilómetros 51 y 55 de la carretera central existe 1.3 kilómetros de carretera vulnerable debido a las precipitaciones extremas y presentando un nivel de vulnerabilidad media-alta. Concluyendo, en zonas donde existe gran vulnerabilidad por sucesos climáticos es necesario aplicar métodos que permitan reducir los peligros de inundación.

Asimismo, Chanca & Inga [35] en su estudio tuvieron como objetivo establecer el impacto de las inundaciones en el peligro de desastres en la localidad de Huancavelica. Para ello, como parte de su metodología identificaron el nivel de peligrosidad y vulnerabilidad por inundación, a través del estudio de 11 centros poblados de la presente zona. Los resultados arrojaron que existe un gran porcentaje de peligro de inundación y vulnerabilidad en la zona, siendo estos porcentajes más del 60% y 80% respectivamente. Concluyendo, que el nivel de inundación si influye considerablemente en los desastres que pueden suscitarse en la localidad, corroborándose a través de la prueba $G^*power < \alpha = 0.05$ y aceptando la hipótesis planteada en la investigación.

Para finalizar, en Lambayeque, Cordova [8] en su investigación identificó tramos críticos en el curso del acuse del río La Leche; y posteriormente elaborar un diseño de defensas ribereñas. Para ello, como parte de su metodología, se procedió a realizar el levantamiento topográfico, estudio de mecánica de suelos y un estudio hidrológico para el registro de caudales de la estación Hidrométrica "Puchaca". Los resultados identificaron varias zonas de inundación críticos y vulnerables y para su solución se planteó el diseño de Diques con Enrocado debido a que es la solución óptima y económica. Concluyendo, que realizar un estudio adecuado es una excelente propuesta, pero si a esto le sumamos el análisis de evolución morfodinámica para un determinado periodo, existiría un mayor asertividad en los resultados tal como las investigaciones que se han venido realizando en diferentes países últimamente.

Es preciso señalar, que la presente investigación presentara justificaciones desde diferentes puntos de vista. Tal es el caso, que, desde el punto de vista técnico, existe la necesidad de realizar el análisis de los patrones de cambio hidro-meándricos del río en estudio, y de esta manera se podrá conocer los cambios que se han producido y como este

afectara en un futuro no tan lejano; ya que generalmente estos por su condición natural son susceptibles a erosionarse. Posteriormente se examinará y detallará todo el marco conceptual desde un punto de vista metodológico en diversas condiciones, describiendo todo lo necesario para comprender mejor la forma del lecho y el movimiento de resistencia en los procesos naturales, por lo que es necesario familiarizarse con el tema en estudio, ya sea por libros de mecánica del agua y obtener información detallada. También, se justifica económicamente, dado que, esta investigación ayudara a tomar medidas preventivas en las zonas susceptibles a inundaciones para evitar pérdidas valorizadas en grandes cantidades de dinero, como las vividas en los anteriores fenómenos del Niño. Finalmente, desde el punto de vista ambiental, con este tipo investigación podremos conservar diversos valles y a la vez, evitar el deterioro de áreas verdes cuando ocurren las inundaciones.

Ahora, la importancia de la investigación surge porque permitirá inferir las tendencias de evolución a fin de poder identificar zonas vulnerables a inundaciones y a la vez planificar con cierta racionalidad las actividades humanas y futuras construcciones en el ambiente fluvial

1.2. Formulación del problema

¿Las imágenes satelitales para el control de inundaciones permitirán el análisis de los patrones de cambios hidráulicos y meándricos del río La Leche, periodo 1999-2019?

1.3. Hipótesis

Si se utilizan las imágenes satelitales para el control de inundaciones, entonces permitirán el análisis de los patrones de cambios hidráulicos y meándricos del río La Leche.

1.4. Objetivos

Objetivo general

Analizar los patrones de cambio hidráulicos y meandricos del rio La Leche basado en imágenes satelitales para el control de inundaciones.

Objetivos específicos

- Determinar los patrones geomorfológicos de la cuenca del río La Leche.

- Verificar el cauce del Río La Leche con diferentes imágenes satelitales durante 5 periodos históricos comprendidos entre 1999, 2006, 2010, 2016 y 2019.
- Definir la geometría del Río La Leche en los tramos meándricos y migrantes, elaborando mapas temáticos.
- Estimar el caudal dominante de Río, modelando hidráulicamente en HEC-RAS V.5.0.6. un tramo crítico a fin de obtener las llanuras de inundación

1.5. Teorías relacionadas al tema

1.5.1. Morfología de la Cuenca

1.5.1.1. Definición de términos

- Cuenca:

En hidrología, una cuenca es una unidad lógica para estudiar el movimiento del agua dentro del ciclo hidrológico porque la mayor parte del agua que descarga de la salida de la cuenca se origina de la precipitación dentro de la cuenca. Se debe respetar la ubicación natural de los recursos hídricos y se deben evitar proyectos a gran escala que requieran cambiar el sistema natural. Sin embargo, con el desarrollo de la sociedad, los ríos inevitablemente se han visto afectados por los humanos. Algunos ríos alterados se conectan gradualmente con las cuencas fluviales naturales y finalmente forman nuevos “cursos de agua” que conectan las cuencas fluviales [36]

- Cuenca hidrográfica

Una cuenca hidrográfica es un área delineada topográficamente que es drenada por un sistema de arroyos. Es una unidad hidrológica que ha sido descrita y utilizada como unidad físico-biológica y como unidad socioeconómica y sociopolítica para planificar e implementar actividades de manejo de recursos [37]

1.5.1.2. Clasificación de una cuenca

- Con relación a su tamaño

Cuenca pequeña: Área < 250m². Predominan las tipologías físicas.

Cuenca grande: Área > 250m². Predominan las peculiaridades fisiográficas.

- **Con función a su salida**

Cuenca endorreicas: Las cuencas endorreicas generalmente ocurren en regiones intramontanas, bastante alejadas de la costa, donde la actividad tectónica y/o la baja precipitación (climas áridos o semiáridos) dificultan una organización exorreica de los sistemas de drenaje. Así, para márgenes pasivos como el Atlántico de América del Sur, un clima seco se considera esencial para la ocurrencia de este tipo de sistema de drenaje [38]

Cuenca exorreicas: La transición exorreica es clave para comprender la evolución del paisaje a largo plazo (a escala de tiempo geológico) y para dilucidar los mecanismos por los cuales las grandes cuencas recuperan un perfil de estado estable. Esto se expresa de manera más dramática en el caso de grandes cambios de drenaje causados por capturas fluviales, por el sobrellenado de agua/sedimento de las cuencas que conduce al desbordamiento de las cuencas, o por una combinación de estos mecanismos [39]

- **Con función a su elevación**

Cuenca alta: Zona donde se sitúa el río principal.

Cuenca media: Zona concerniente al valle de un río.

Cuenca baja: Zona donde el río disipa ligereza y potencia; asimismo, todo el material se acumula formando planicies.

1.5.1.3. Elementos de las cuencas

Divisoria de aguas: La divisoria de aguas es la línea que une los puntos de mayor altura entre dos cuencas hidrográficas y separa sus escurrimientos superficiales.

Cauce principal de una cuenca: Es la sinuosidad de la zona ya sea artificial o natural; por donde circula el curso de un río, canal o cualquier flujo de agua.

Área de la cuenca: Delimitada por la división de agua que une los puntos más altos en el límite con las cuencas vecinas y se extiende hasta la sección final de la corriente principal [40]

1.5.1.4. Características físicas de la cuenca

Área (A): Se trata de una zona plana en proyección horizontal de representación

muy irregular, obtenida tras trazar los límites de la cuenca

Perímetro (P): El perímetro de una cuenca de drenaje se define como la proyección horizontal de subdivisión de agua.

Forma: Las formas y los tipos de límites de una cuenca de agua subterránea juegan un papel esencial en el análisis de la gestión del agua subterránea y la migración de contaminantes [41]

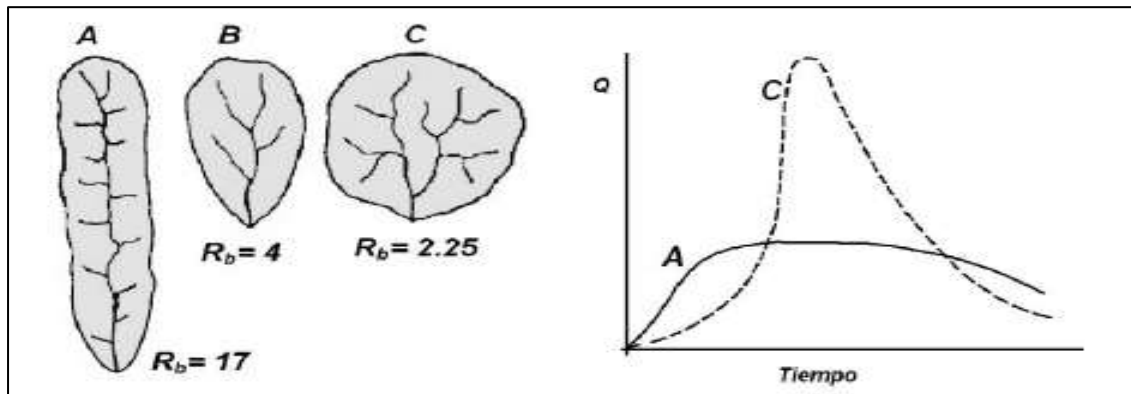


Fig. 3. Influencia de la forma de la cuenca en el hidrograma. (R_b relación de bifurcación).

Nota: Material de apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de hidrología. civ-233.

1.5.1.5. Parámetros geomorfológicos de la cuenca

Índice de compacidad o Coeficiente de Gavelius: Relación entre la circunferencia de la cuenca respecto al del círculo.

$$I_c = \frac{P}{P_0} = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = 0.282 \cdot \left(\frac{P}{\sqrt{A}}\right)$$

Ecuación 1 Índice de compacidad o Coeficiente de Gavelius.

$I_c = 1$; será de forma circular y esta relación nos dará una idea de la forma de la escorrentía y los hidrogramas.

$I_c \neq 1$; irregular

$I_c \approx 1$; regular

Factor de forma: Relación entre el área promedio respecto con la longitud del cauce

principal elevado al cuadrado

$$F_f = \frac{A}{Lc^2}$$

Ecuación 2: Factor de forma de una cuenca.

Donde:

A: Ancho (Km²)

L_c : Longitud del cauce

Coefficiente de forma: Relación entre ancho medio (B_m) respecto con la longitud media (L_{mc}).

$$K_f = \frac{B_m}{L_{mc}}$$

Ecuación 3: Coeficiente de forma de la cuenca.

Rectángulo equivalente o rectángulo de Gravelius: Son cambios rigurosos que admiten representar una cuenca desde una forma no uniforme a una rectangular con una misma área y P.

$$A = L * l$$
$$L = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K}\right)^2} \right)$$
$$l = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K}\right)^2} \right)$$

Ecuación 4: Rectángulo equivalente de una cuenca.

Donde:

L=Longitud > rectángulo

l= Longitud < rectángulo

K= Gravelius

A= Área de la cuenca

Curva hipsométrica: Una curva hipsométrica es una representación gráfica que muestra en la abscisa las áreas de cuenca situadas por encima de varias altitudes. Si es necesario, las áreas de las cuencas se pueden dar como porcentajes del total. La

curva hipsométrica también se ha denominado gráfico de relieve de la cuenca de drenaje.

Pendiente de la cuenca: Tiene relaciones transcendentales y complejas con la exudación, la escorrentía superficial, la humedad del suelo y la contribución de las aguas subterráneas al caudal del río. Controlan el momento del flujo de agua superficial y tiene un efecto directo en la magnitud de las crecidas o inundaciones. Asimismo, existen diferentes tipos: Criterio de Alvord y Horton.

Criterio de Alvord	Criterio de Horton
$S_c = \frac{D * L_n}{A}$	$S_x = \frac{n_x * D_e}{L_x}$ $S_y = \frac{n_y * D_e}{L_y}$
<p>A = Área de la cuenca, Km². L_n = longitud total de las curvas de nivel dentro de la cuenca, Km. D, D_e = Intervalo o desnivel constante entre curvas de nivel, Km $L_x; L_y$ = Longitud total en sentido “x” y “y”, dentro de la cuenca; $n_x; n_y$ = número total de intersecciones y tangencias de líneas de la malla con curvas de nivel, en el sentido “x” y “y”. S_x, S_y = pendiente adimensional de la cuenca en cada una de las direcciones de la malla de cuadrados.</p>	

Horton sugirió que el gradiente promedio se puede determinar cómo:

$$S_c = \frac{N * D_e * \sec \emptyset}{L}$$

Ecuación 5: Pendiente de la cuenca.

$$N = N_x + N_y$$

$$N = L_x + L_y$$

\emptyset : ángulo dominante entre las líneas de malla y curvas de nivel.

Dado que es difícil determinar $\sec \emptyset$ en cada punto de intersección, en la práctica omitimos el término $\sec \emptyset$ (lo aceptamos como = 1) o consideramos la media aritmética o geométrica de las pendientes S_x y S_y :

Promedio aritmético

$$S_c = \frac{S_x + S_y}{2}$$

Promedio geométrico

$$S_c = \sqrt{S_x * S_y}$$

1.5.2. Morfología de los ríos

La morfología del río se cuantifica en términos de forma del canal, patrón y factores interconectados como la pendiente y la velocidad del agua, la profundidad y el ancho del canal que evolucionan debido a los procesos físicos de erosión y deposición. Los canales de los ríos migran debido a la influencia humana y al cambio persistente en las condiciones ambientales [12].

De otro modo, desde el punto de vista geomorfológico los ríos transportan grandes cantidades de sedimentos desde sus orígenes en las partes altas hasta su desembocadura producto de los fenómenos de erosión y transporte de sedimentos.

Finalmente, los problemas de morfología van a ser permanentes en la ingeniería, ya que a comprensión de los cambios a los que acogen los ríos es preciso para el diseño y construcción de muchos proyectos, ya los ríos son muy dinámicos por el siempre hecho de su condición de ser su cauce natural es susceptible a erosionarse.

- Perfil Longitudinal

Un corte longitudinal del río muestra cómo va disminuyendo la altura del río. Ahora bien, el perfil de un río o un valle es un gráfico de la elevación del lecho del río frente a la distancia a lo largo del río [42].

Asimismo, es la representación del eje hidráulico de un río, tanto longitudinal vs altura en un plano de dos dimensiones, ya que los ríos no forman una línea recta, es decir estos tienen una tendencia natural a la sinuosidad. Uno de los indicadores que permite conocer la caracterización y tendencia del río y podemos analizar en el perfil longitudinal es la pendiente. Respecto a ello [43] afirma que:

“La pendiente del río es variable a lo largo del curso del río desde el nacimiento hasta la desembocadura. Generalmente, las pendientes más empinadas se encuentran en elevaciones más altas. En la parte baja del arroyo, la pendiente reduce elocuentemente.”

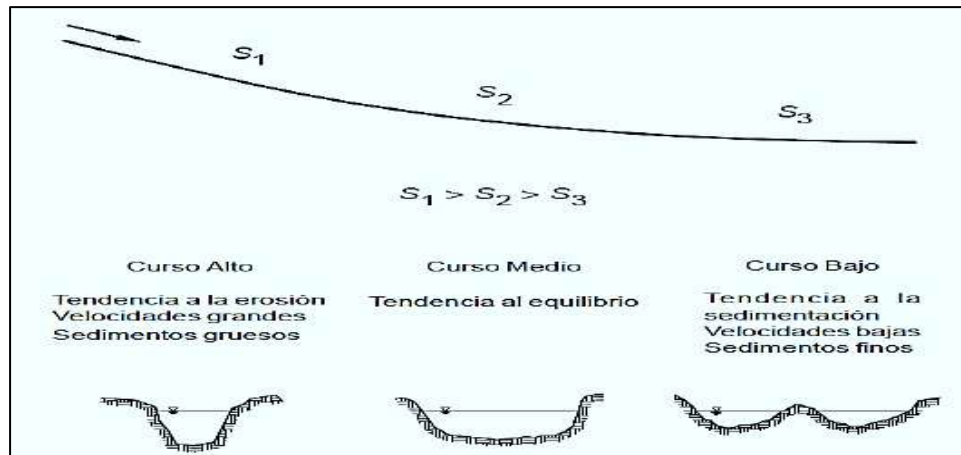


Fig. 4. Perfil longitudinal representativo de un río

Nota: Arturo Rocha Felices, 1998

-Sección transversal de un río

Las secciones transversales de los cauces naturales a lo largo de un río son mucho más variables (p. ej., profundidad y ancho), y cada sección transversal puede contener múltiples unidades heterogéneas de microhábitat. La rugosidad del fondo inducida por la velocidad del flujo crea diferencias entre microhábitats a través de la distribución diferencial espacial de partículas de sedimentos finos y gruesos y posteriormente influye en la distribución y diversidad de organismos acuáticos en secciones transversales de sedimentos, lo que a su vez altera los procesos biogeoquímicos locales [44]

- Propiedades morfológicas de los ríos

Thalweg: Generalmente se define como la línea de sondeos continuamente más profundos en un río [45]. Asimismo, el thalweg se evidencia en todas las corrientes naturales:

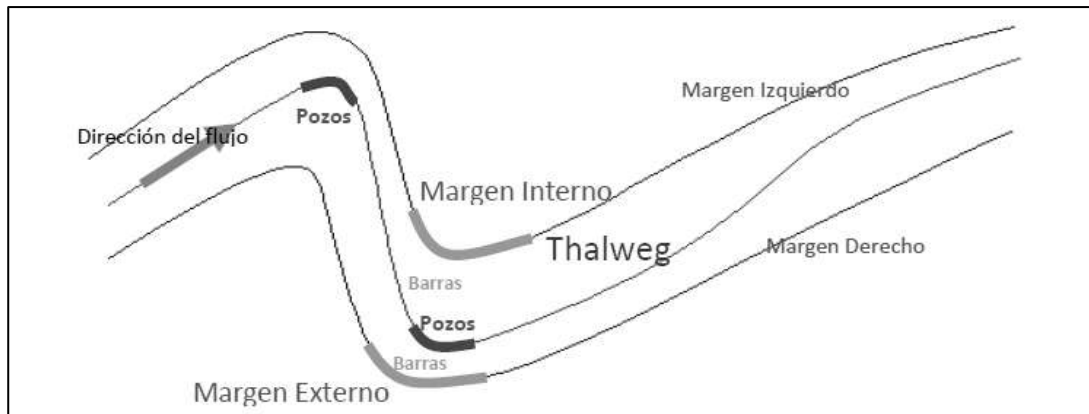


Fig. 5. Ubicación del Thalweg en un río

Sinuosidad: La sinuosidad es la relación entre la longitud de la vaguada y la longitud del valle. El patrón del canal se refiere a tramos limitados del río que se pueden definir como rectos, serpenteantes o trenzados. Mueller en 1968 ha sugerido algunos cálculos importantes para la medición del índice de sinuosidad que tratan con varios tipos de índices de sinuosidad. El índice de sinuosidad hidráulica (HSI) y el índice de sinuosidad topográfica (TSI) son dos tipos principales de índices de sinuosidad que se aplican a todas las secciones del ciclo de erosión [46]

Ahora bien, para calcular la sinuosidad se tienen las siguientes ecuaciones:

Ecuación 6: Sinuosidad del valle

$$S_v = \frac{L_v}{L_v R}$$

Ecuación 7: Sinuosidad del río

$$S_R = \left(\frac{L_R}{L_v R} \right) \times \frac{1}{S_v}$$

Donde:

S_v: Sinuosidad del valle

L_v: Longitud del eje

L_{vR}: Longitud de inicio y fin

S_R: Sinuosidad del río.

LR: Longitud del río

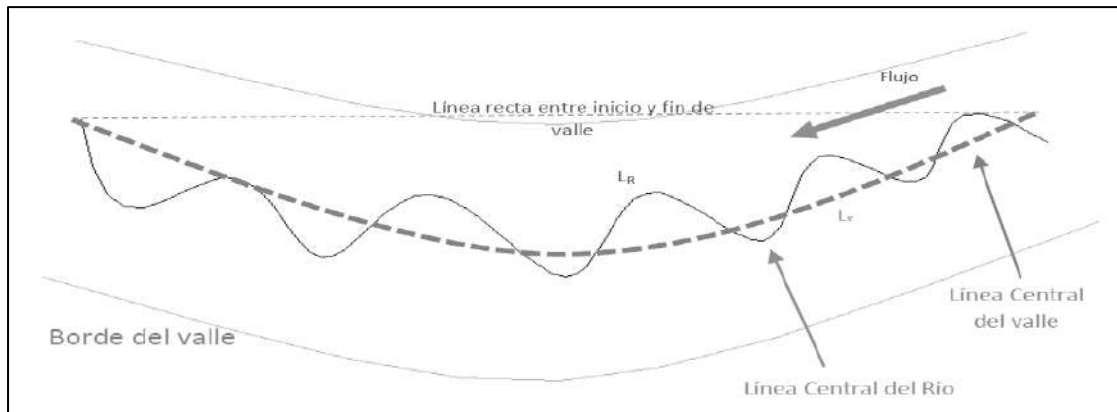


Fig. 6. Valle de un río representado geoméricamente

Es preciso señalar que en la Figura 6 la sinuosidad también se clasifica de la siguiente manera:

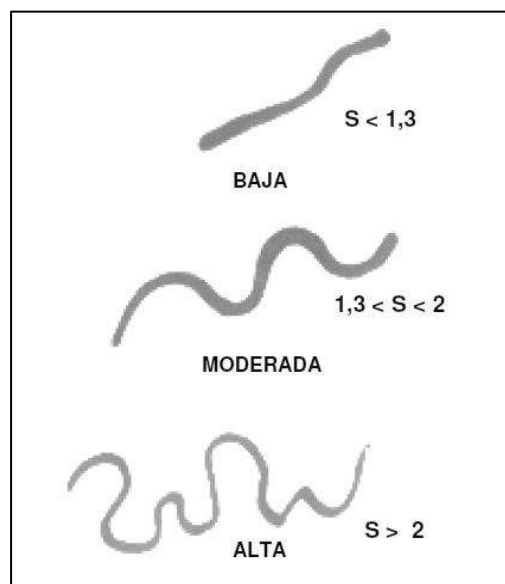


Fig. 7. Representación de un río en función a su sinuosidad.

Barras

Hace referencia a los depósitos de sedimentaciones a orillas del río (Rocha Felices, 1998). Seguidamente estas barras se clasifican de la siguiente manera: Longitudinales, transversales, diagonales, en espolón (point bar), laterales y anexas.

1.5.3. Clasificación de los ríos

1.5.3.1. Por el tiempo en que transportan agua

Están pueden ser:

- **Perennes:** Transportan fluido durante los 12 meses.
- **Intermitentes:** Lleva agua en épocas de lluvia acorde al año.
- **Efímeras:** Transportan agua inmediatamente después de una tormenta.

1.5.3.2. Clasificación de los ríos según su sinuosidad

Según Wahiduzzaman & Yeasmin [47] establecen la siguiente condición: “Si una sinuosidad de 1,5 o superior indica un río serpenteante, mientras que una sinuosidad de 1,0 o inferior indica un río recto”

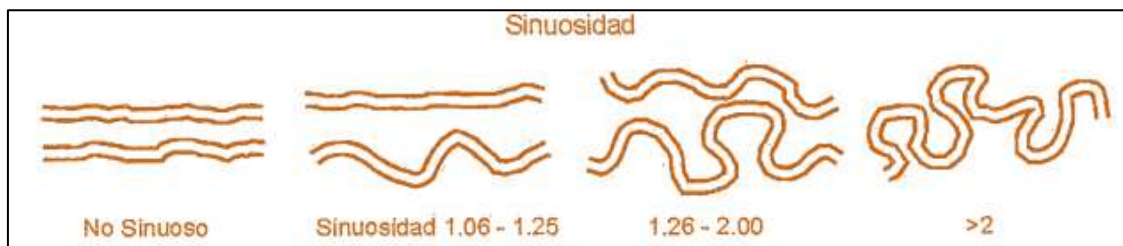


Fig. 8. Geometría de un río según su sinuosidad

1.5.3.3. Clasificación de los ríos según su edad.

En su curso los ríos presentan diversas características, una de estas es su cabida erosiva, la cual se debe especialmente a la pendiente respectiva de un tramo y a su descarga. A continuación, se presenta la clasificación según:

- **Formación o niñez:**

Es la etapa inicial de la formación de los ríos. Se encuentran en zonas de alta montaña.

- **Juventud:**

Tiene como peculiaridad pendientes medias y altas velocidades de flujo.

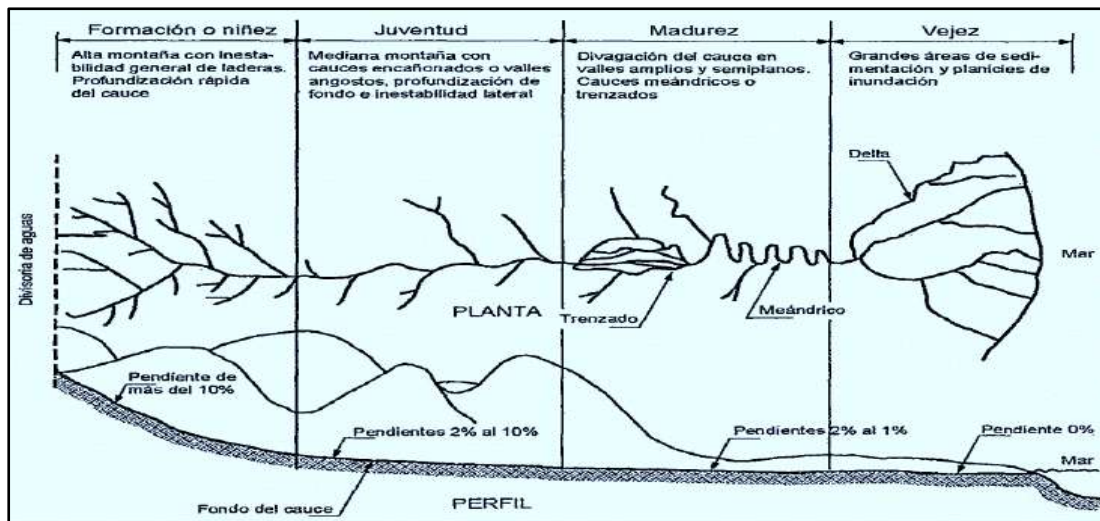
- **Madurez:**

En esta etapa la pendiente de los ríos es pequeña.

Ahora bien, para la presente investigación se está estudiando un río perteneciente al valle costero, para la cual presenta las características como pendiente

baja y moderada sinuosidad, por lo tanto, es un río en la etapa de madurez.

Fig. 9. Esquema de las etapas de un río.



1.5.3.4. Criterios matemáticos para la clasificación de ríos

- Criterio de Lane:

Para clasificar ríos se aplicarán las siguientes ecuaciones, teniendo en cuenta el presente criterio. Si:

Ecuación 8: Ríos meándricos

$$SxQ_m^{1/4} \leq 0.007$$

Ecuación 9: Ríos trenzados

$$SxQ_m^{1/4} \geq 0.0041$$

Donde la pendiente (S) está en m/m y el caudal medio anual (Qm) en m³/s. Es preciso destacar que Lane propone un gráfico que caracteriza el tipo de corriente como una función de estas dos variables. Incluye el canal recto bajo la categoría de arroyos serpenteantes y define además una zona que presenta arroyos intermedios. Estos últimos son arroyos que ocurren en algún lugar entre trenzados y arroyos serpenteantes y tienen las características de cambiar de trenzado a serpentear y viceversa. La relación gráfica propuesta por Lane se presenta en la Figura 10.

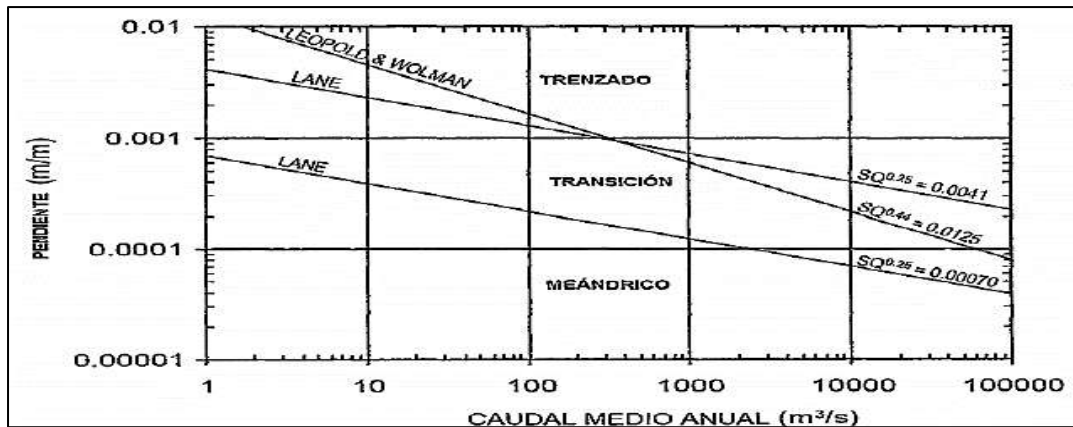


Fig. 10. Relación entre caudal medio anual, pendiente del cauce y tipo de flujo

- **Criterio de Leopold y Wolman:**

Analiza los canales serpenteantes formados por ríos y corrientes de marea en un contexto aluvial; estos canales son estructuras sedimentarias conservables. La ecuación que se muestra a continuación forma el umbral respectivo:

Ecuación 10: Criterio de Leopold y Wolman

$$S = 0.0125 Q_m^{-0.44}$$

- **Criterio de Schumm y Khan**

La relación entre pendiente y sinuosidad fue investigada por Schumm y Khan en un experimento utilizando un canal de 30,5 m de largo, 7,3 m de ancho y 1 m de profundidad que contiene arena mal seleccionada. La relación gráfica resultante de este estudio se presenta en la Figura 11. La descarga no fue variada durante este experimento, pero se mantuvo constante en un valor de 0,15 cfs

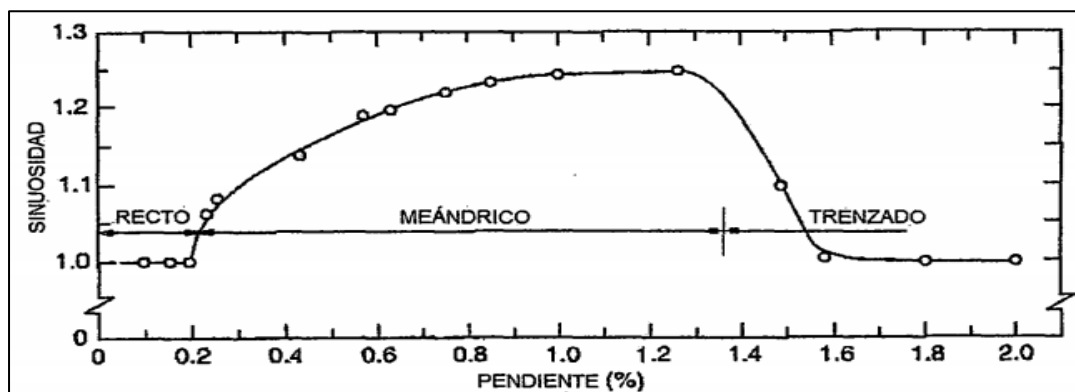


Fig. 11. Criterio de S.A. Schumm y H.R. Khan para clasificación de ríos.

- Ríos meándricos

El río serpenteante se compone principalmente de un canal serpenteante (barra de puntos), planicie de inundación, pantano entre ríos, depresión de intervalos, expansión de grietas y otros sedimentos. Los cuerpos de arena del canal serpenteante toman predominio. El canal serpenteante del río está compuesto principalmente de arenisca, arenisca y limolita con grava, que forman un perfil de ciclo normal con lutita de color rojo parduzco, verde grisáceo y gris claro. La curva SP tiene forma de campana, con una anomalía de amplitud negativa. El espesor de capa individual de arenisca es generalmente de 4 a 5 metro. La arenisca representa generalmente menos del 50% del espesor total de la formación. Los canales serpenteantes se pueden subdividir en canales de río (retención del lecho del río) y barra de puntos [48]. Del mismo modo, los ríos pueden clasificarse de la siguiente manera:

- Regulares:

Los meandros se repiten de manera uniforme en casi toda la longitud del río.

- Irregulares:

Diferentes meandros y a su vez estos son irregulares.

- Tortuosos:

Se repiten meandros con un $\alpha = 90^\circ$ entre el eje del canal y la tendencia del valle.

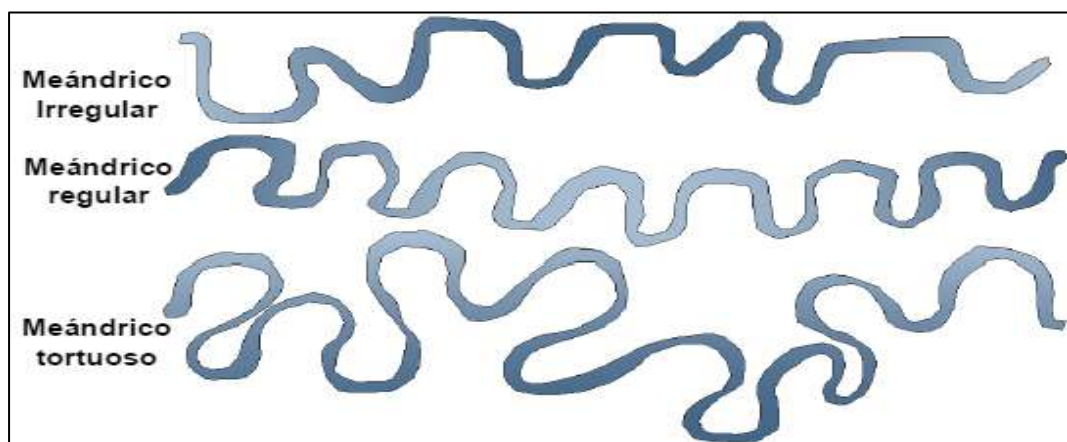


Fig. 12. Tipos de ríos meándricos

1.5.3.5. Geometría de los meandros:

Los ríos meandrosos y sus cambios morfológicos han sido ampliamente investigados en geomorfología fluvial, pero se dispone de poco conocimiento sobre el meandro respuesta geométrica en ríos fuertemente impactados por represas y su importancia relativa en comparación con la variabilidad hidrológica y climática natural. Comprender las causas de los cambios planimétricos tiene varias implicaciones para evaluar los peligros de la dinámica del canal y las alteraciones de los hábitats físicos y los ecosistemas [49]. Luego, existen distintos parámetros que describen los meandros, los cuales son: Longitud de onda (λ), amplitud (A), radio de curvatura (R), ancho del canal (W).

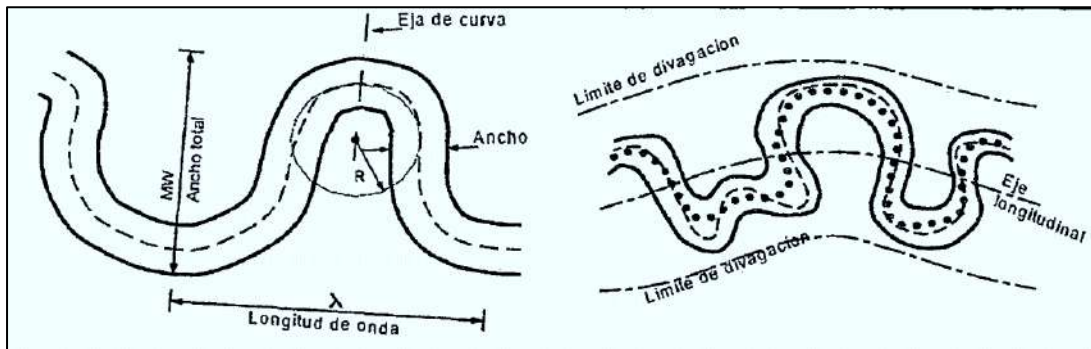


Fig. 13. Geometría de un meandro

Las curvas no se vuelven sólidos y se determinan por un ensanchamiento constante, migración aguas abajo y acortamiento irregular. Esta vitalidad se manifiesta en el continuo proceso de erosión, deposición y movimiento lateral y vertical. Por lo tanto, la formación de curvas y zigzags es característica de la naturaleza. El sinuoso corte final es su respuesta a su andar errático y fluido.

1.5.4. Las inundaciones por el desbordamiento de cursos fluviales

Entre los diferentes tipos de inundaciones, las inundaciones fluviales son distintivas del país debido a su ubicación geográfica, las características del terreno, la multiplicidad de ríos y el clima monzónico [50]. Las inundaciones de los ríos son causadas por el desbordamiento de las riberas de los ríos; afectando típicamente a las

personas que residen cerca de las riberas de los ríos. En el caso de inundaciones severas como las inundaciones de 1987, 1988, 1998, 2004, 2007, 2014 y 2016, alrededor de dos tercios de la superficie terrestre del país se inundan, afectando a millones de personas y sus bienes [51]

En base a lo expuesto, es necesario tomar medidas para prevenir posibles riesgos. Estas medidas de mitigación del riesgo de inundaciones se pueden dividir en medidas estructurales y no estructurales, donde las primeras implican la construcción física para reducir o evitar posibles impactos, mientras que las segundas incluyen conocimientos, prácticas o acuerdos para reducir los riesgos e impactos de desastres [52]

1.5.4.1. Causas de inundaciones

- Naturales

Las fuertes lluvias inducidas por el cambio climático podrían provocar inundaciones repentinas en las zonas urbanas. En Tailandia, las inundaciones son frecuentes y generalizadas, especialmente en las regiones del norte, noreste y centro del país. Los períodos prolongados de fuertes lluvias provocan inundaciones, ya que el agua de lluvia supera la capacidad de absorción de agua del suelo. En varias ocasiones, las inundaciones causaron daños a casas y propiedades. Ha habido un interés creciente en el vínculo entre los asentamientos humanos y los desastres, particularmente en el contexto de la urbanización continua [53]

Por otro lado, según Scheffran [54] argumenta que el cambio climático afecta la frecuencia y magnitud de los patrones climáticos extremos (sequías e incendios forestales, olas de calor y frío, fuertes lluvias con inundaciones repentinas, deslizamientos de tierra y lodo, tormentas y mareas tormentosas) que podrían afectar la vida de millones de personas, por ejemplo, en pequeños islas, regiones costeras bajas y deltas de ríos con grandes megaciudades.

- No naturales

Las inundaciones por ruptura de represas causan daños sustanciales al medio

ambiente, y la evaluación de los impactos negativos de las inundaciones por ruptura de represas en el medio ambiente (EI) es una parte importante de la gestión del riesgo de inundación [55]. También existen actividades humanas que han originado que se produzcan las inundaciones, tal es el caso que, en las superficies, cuando realizan un mal asfaltado provocan que el agua no se filtre y por ende impedirá que llegue con mayor prontitud a los cauces de los ríos, ya sea por medio de los desagües o cunetas; provocando así que el caudal incremente exponencialmente. Igual modo, cuando talamos de manera inescrupulosa la humanidad provoca el debilitamiento de la cobertura vegetal del suelo; de tal manera que cuando suceden eventos como lluvia, el agua será arrastrada junto con la tierra en las zonas bajas, lo que generará el recubrimiento del drenaje, ocasionando así lo que conocemos como inundaciones o erosión del suelo [56]

- **Mixtas**

Como el quebrantamiento de un proyecto hidráulico por sucesos meteorológicos; es decir, las consecuencias de los peligros de la infraestructura pueden incluir la pérdida de servicios vitales, lesiones, muerte, daños a la propiedad o una combinación de estos [57]

1.5.4.2. Clasificación de las inundaciones

Las inundaciones pueden clasificarse de la siguiente manera:

Acorde a su origen: Aquí se busca establecer el porqué de la inundación; al mismo tiempo, estas inundaciones se clasifican en:

Pluviales: Suelen ser generadas por tormentas de alta intensidad y corta duración [58]

Fluviales: Debido al exceso de precipitaciones y escorrentías durante la temporada del monzón, el gran volumen de caudal aguas arriba supera la capacidad de conducción de los ríos, provocando inundaciones fluviales en las zonas costeras del país [59]

Costeras: Las inundaciones costeras son un fenómeno regular que se puede

atribuir a: (1) inundaciones fluviales, (2) fluvio-mareales, (3) de mareas y (4) marejadas ciclónicas inducidas por ciclones tropicales [59]

Por el tiempo de respuesta de una cuenca: En el campo de la hidrología, el hidrograma unitario instantáneo geomorfológico (GIUH) es fundamental para describir la respuesta de una cuenca. La aparición de GIUH ha contribuido al éxito de los modelos concentrados de lluvia y escorrentía, que se utilizan ampliamente por su parsimonia y robustez tanto en la predicción de crecidas repentinas como en el análisis hidrográfico cuando la escorrentía de la lluvia efectiva es el proceso dominante de las crecidas [60]

1.5.5. Comportamiento de los meandros

Muchos ríos naturales se han canalizado en formas rectas, anchas y profundas y se han revestido con hormigón para mejorar el transporte del flujo y reducir los riesgos de inundación en todo el mundo. Ahora bien, los meandros tienen una peculiaridad muy compleja, ya que sus curvas dependerán mucho de su complejidad; sin embargo, se sabe que el meando inicialmente surge como una onda, donde posteriormente se va extendiendo hasta formar cuellos y volverse lo que conocemos como cochas [61]

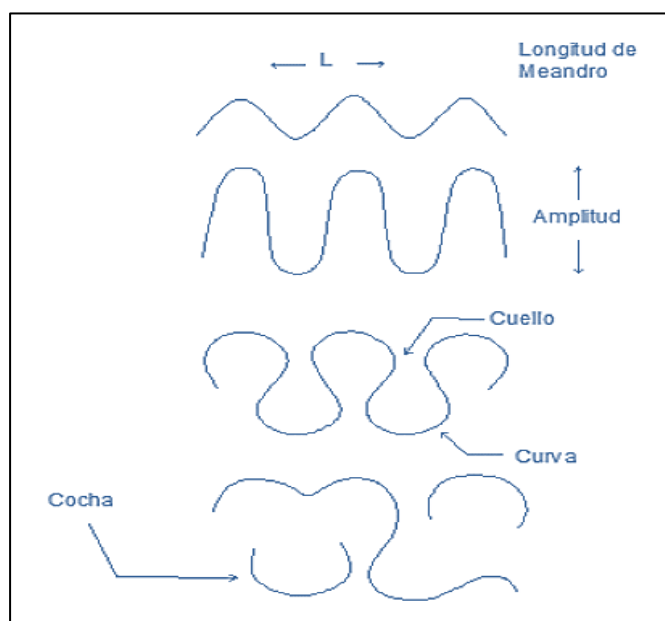


Fig. 14. Evolución de un meandro

Nota: NEDECO

1.5.6. Migración de meandros

La migración de los meandros de los ríos es un proceso que mantiene los ecosistemas ribereños biodiversos al producir ríos altamente sinuosos y lagos en forma de meandro. Sin embargo, aunque las llanuras aluviales sostienen a las comunidades con pescado y otras prácticas en la región, los ríos serpenteantes pueden afectar directamente la vida de las comunidades locales. Por ejemplo, la erosión de las riberas de los ríos promueve la pérdida de tierras en las costas comunitarias, mientras que la sedimentación aumenta la distancia de la casa al río [62]

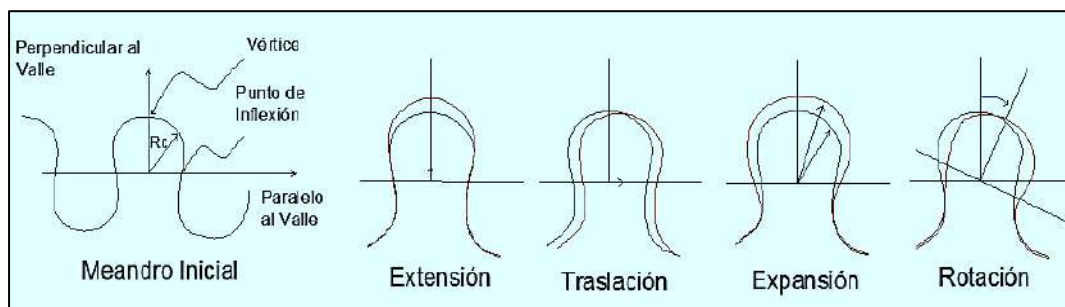


Fig. 15. Migración de meandros.

1.5.7. Gestión ambiental

Los sistemas de gestión ambiental surgieron por la creciente complejidad de la relación entre las organizaciones empresariales y el entorno natural. Como resultado de requisitos legales cada vez más estrictos y una mayor conciencia de la carga que representan las actividades industriales en los ecosistemas naturales, las empresas comenzaron a implementar soluciones tecnológicas complejas, que a su vez requerían procedimientos de gestión de última generación. Además, las empresas con ofertas ambientalmente racionales comenzaron a cosechar los beneficios de sus esfuerzos y han evolucionado nuevos nichos de mercado [63]

1.5.8. Imágenes Satelitales

Se han desarrollado diferentes algoritmos para obtener la profundidad de aguas poco profundas utilizando conjuntos de datos multiespectrales. Asimismo, la finalidad es

que estos modelos recuperen la reflectancia del fondo del mar costero a partir de imágenes satelitales y utilizando de manera efectiva esta información para generar batimetría costera [64].

Existen investigaciones que argumentan que las imágenes satelitales es un método adecuado de levantamiento que consiste en tomar fotografías del sitio desde el aire con las prescripciones necesarias para proporcionar las llamadas ortofotos, es decir, imágenes corregidas geométricamente para la distorsión de la lente, la inclinación de la cámara, la perspectiva y el relieve topográfico para obtener una escala uniforme en toda la imagen (ortorrectificada) y de esta manera representar adecuadamente la geometría de un área y su terreno [65]

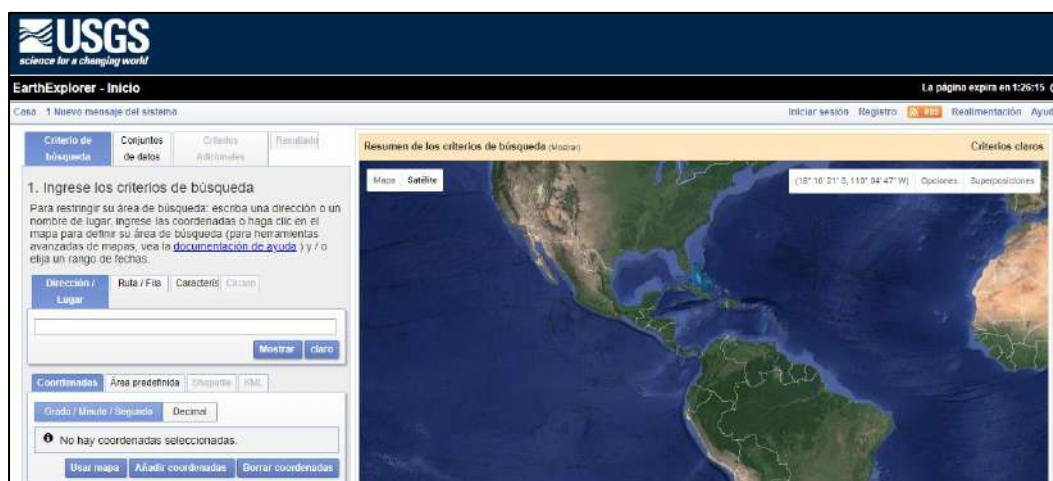


Fig. 16. Portal web para descargar imágenes satelitales.

1.5.9. Normativa

- Manual de Hidrología y Drenaje.
- Ley de recursos hídricos

1.5.10. Gestión de riesgos y prevención de desastres

Se define la gestión del riesgo de desastres (GRD) como “la aplicación de políticas y estrategias de reducción del riesgo de desastres para prevenir nuevos riesgos de desastres, reducir los riesgos de desastres existentes y gestionar los riesgos residuales,

contribuyendo al fortalecimiento de la resiliencia y la reducción de pérdidas por desastres”. Si bien los elementos centrales de la GRD son generalmente bien entendidos tanto por los académicos como por los profesionales, por ejemplo, el ciclo de la GRD (prevención, preparación, respuesta y recuperación), lo que se discute menos es cómo las medidas de gobernanza estratégica son vitales para cultivar sistemas efectivos de GRD [66]

1.5.11. Gestión de mantenimiento

La gestión del mantenimiento es importante para garantizar la mejora constante del desempeño de los equipos, asegurando la calidad de operación en condiciones seguras para las personas y el medio ambiente. El objetivo del mantenimiento es restaurarlo cuando sea necesario, pero principalmente buscar la mejora de la confiabilidad del sistema. Así, el análisis de confiabilidad de un sistema proporciona información sobre su proceso de falla, auxiliando en la comprensión de la operación del sistema y qué esperar de su desempeño para ajustar mejor la planificación del mantenimiento [67]

1.5.12. Estimación de costos

Una de las herramientas para determinar el valor de costos es el S10, dado que cuenta con la capacidad para realizar el cálculo en base a los costos unitarios. Entre sus beneficios se encuentra la fórmula polinómica y el ajuste de presupuesto en caso el usuario lo requiere. Principalmente la ventaja de la herramienta es que permitirá al usuario obtener mejores estimaciones presupuestales para diferentes tipos de proyectos de ingeniería civil [68]

1.5.13. ArcGIS V 10.6.1

Consiste en un conjunto de herramientas para almacenar datos, procesar y documentar información geográfica en un área de interés determinada. Desde la perspectiva de un estudio ambiental, los datos geográficos pueden representar diferentes

elementos en los datos locales, como datos socioeconómicos, físicos y geológicos, entre otros. Igual modo, se considera SIG como una herramienta de evaluación que se puede utilizar en colaboración con varios otros modelos que estiman los impactos ambientales y las consecuencias futuras de un proyecto o actividad.

Actualmente ArcGis es una innovadora plataforma que es utilizada por gran cantidad de profesionales para tener un amplio conocimiento geográfica y así pueda ser empleado en los diversos sectores [69].

1.5.14. Hec Ras V.5.0

1.5.14.1. Definición

La construcción de represas es quizás el mejor método para salvaguardar el suministro de agua sostenible y superar la creciente demanda de agua de la creciente población. La represa es una barrera que almacena agua y juega un papel importante en la economía del país [70]. Las represas sirven para varios propósitos, como riego, suministro de agua, control de inundaciones y generación de energía. Si bien las represas son muy beneficiosas para la sociedad, las inundaciones derivadas de la falla de la represa han causado los desastres más devastadores, lo que provoca daños considerables a la propiedad, efectos catastróficos en la seguridad humana, la calidad ecológica y el paisaje [71]

Las presas de tierra se encuentran entre las presas más reconocidas debido a su idoneidad para cualquier tipo de cimentación, construcciones simples y relativamente económicas [72]. Sin embargo, las presas de tierra son más susceptibles a fallas ya que son menos rígidas. La falla de la presa da como resultado el desarrollo de una ola de inundación catastrófica capaz de dañar las actividades aguas abajo, el transporte activo de sedimentos y los cambios morfológicos [73]

Muchos investigadores han comparado modelos hidráulicos unidimensionales y bidimensionales, entre los cuales HEC-RAS es el modelo más utilizado. HEC-RAS fue desarrollado por USACE para administrar y controlar los ríos, canales, puertos y otras

obras públicas. El software HEC-RAS proporciona simulaciones como flujo estacionario unidimensional, flujo no estacionario unidimensional y bidimensional, transporte de sedimentos, cálculos de lecho y modelado de temperatura/calidad del agua. Este modelo se usa más comúnmente para la gestión de llanuras aluviales y estudios de seguros contra inundaciones para evaluar la invasión de cauces de inundación [74]. La mayoría de los modelos no simulan directamente la brecha; en cambio, el usuario debe determinar los parámetros finales de la brecha y el tiempo requerido para la formación de la brecha. Después de proporcionar las entradas al modelo hidráulico, simula progresivamente el desarrollo de la brecha. En última instancia, los parámetros de la brecha se estiman utilizando varias ecuaciones empíricas desarrolladas con base en las características de la presa y el embalse, como la altura de la presa y el volumen de almacenamiento [75].

1.5.14.2. Ecuaciones y esquema numérico

Comprender los efectos de las inundaciones en términos de área, profundidad, velocidad y tiempo es un elemento clave para una gestión eficiente del riesgo de inundaciones. Por lo tanto, el uso de modelos matemáticos adecuados para el mapeo de inundaciones, diferenciados según las características del evento de inundación, es un paso importante para la implementación de cualquier estrategia de gestión de inundaciones [76].

Es bien sabido que las inundaciones pueden tener diversas causas, pero la más común es la llamada inundación fluvial que se produce cuando, tras lluvias intensas y/o deshielo, el nivel del agua en los ríos aumenta y los ríos se desbordan. bancos. El enfoque general para la generación de mapas de peligrosidad por inundaciones fluviales a lo largo de grandes ríos está bastante consolidado y comúnmente se organiza en dos pasos principales, lo que requiere el uso de dos modelos separados consecutivamente. En el primero, la atención se centra en el cálculo de un hidrograma de caudal, relacionado con eventos únicos de escorrentía, utilizando modelos hidrológicos lluvia-escorrentía consolidados. Luego, el hidrograma calculado se usa

como la condición límite aguas arriba de un modelo hidrodinámico bidimensional (2D).

Existen ecuaciones que se utilizan para determinar este intervalo de paso son las siguientes:

- **Para la ecuación Saint Venant:**

$$C = \frac{V * \Delta T}{\Delta X} \leq 1 \text{ (Con un valor máximo de } c = 3.0\text{)}$$

Donde:

C=Número de Corant.

V= Velocidad del flujo (pies/s)

ΔT = Intervalo de tiempo de computación (s)

ΔX = Tamaño promedio de la celda (pies).

- **Para la ecuación de la onda difusa:**

$$C = \frac{V * \Delta T}{\Delta X} \leq 2 \text{ (Con un valor máximo de } c = 5.0\text{)}$$

1.5.14.3. Limitaciones del nuevo programa

Las limitaciones que se pueden evidenciar son:

- a) Concernientemente, a la malla 2D, no hay bastantes herramientas computarizadas para crear una malla 2D detallada. Si bien existen herramientas para variar y transformar la geometría de la malla, el usuario debe efectuarlo manualmente; por lo que se considera que las versiones posteriores deben contar con las herramientas necesario para que el uso sea más factible y adecuado.
- b) La generación de las estructuras dentro de un área 2D todavía es un proceso inflexible que requiere mucho tiempo para el que lo usa.
- c) No es posible elaborar una simulación ya sea por erosión o deposición en un dominio 2D.
- d) La calidad del agua no se puede simular en el espacio 2D.
- e) Las capacidades de representación del puente Hec-Ras no se pueden usar dentro de una región 2D.

Requisitos de hardware.	
Compatible y recomendado	
Velocidad de CPU	2,2 GHz como mínimo; se recomienda Hyper-threading (HHT) o multinúcleo
Plataforma	x86 o x64 con extensiones SSE2
Memoria/RAM	2 GB como mínimo
Propiedades de visualización	Profundidad de color de 24 bits
Resolución de pantalla	Se recomienda 1024 x 768 como mínimo a tamaño normal (96 ppp)
Espacio de intercambio	Determinado por el sistema operativo; 500 MB como mínimo.
Espacio en disco	2.8 GB
Adaptador de vídeo/gráficos	64 MB de RAM (mínimo), se recomiendan 256 MB de RAM o más. Se admiten chipsets NVIDIA, ATI e Intel.

Fig. 17. Requisitos de hardware para Arc Gis 10.6.1. y Hec Ras v.4.

II. MATERIALES Y MÉTODO

2.1. Tipo y Diseño de Investigación

La investigación es tecnológica – cuantitativa; a su vez hacen uso de la recopilación y estudio adecuados de los datos obtenidos, para que posteriormente se pueden contestar las interrogantes anteriormente formuladas y probar la hipótesis. Por otro lado, la investigación se basa en cálculos numéricos, conteos; sin dejar de lado que emplea estadísticas para identificar esquemas de comportamiento de la población.

El diseño de la investigación es correlacional, exploratoria y descriptiva; ya que se pretende evaluar la relación entre las variables, definir el análisis y los procesos que se involucran en este mismo y a la vez puede dejar hipótesis para que pueda surgir otra investigación.

2.2. Variables, Operacionalización

2.2.1. Independiente:

Río La Leche

2.2.2. Dependiente:

Análisis de los patrones de cambio hidráulicos y morfológico

Tabla II.
Cuadro de operacionalización

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Instrumento	Valores Finales	Tipo de variable	Escala de medición
VI. Río La Leche	Es el principal río de la región y es vital para el riego de los cultivos y la agricultura en la zona. También es conocido por ser propenso a inundaciones y desbordamientos, lo que ha llevado a la necesidad de desarrollar estrategias efectivas para controlar el riesgo de inundaciones en la zona.	Se realizarán mediciones en base a parámetros geomorfológicos de cuenca la cual cuenta con los indicadores como: área, perímetro de cuenca, longitud del río, ancho promedio de la cuenca y factor de forma.	Parámetros geomorfológicos de cuenca	Área de la cuenca.	1	Guía de observación y guía documental.	m ²	numérica	razón
				Perímetro de la cuenca.	2		m	numérica	razón
				Longitud mayor del río	3		m	numérica	razón
				Ancho promedio de la cuenca.	4		m	numérica	razón
				Factor de forma	5		adimensional	Catagórica	nominal
VI: Análisis de los patrones hidráulicos y morfológicos	La morfología del río se cuantifica en términos de forma del canal, patrón y factores interconectados como la pendiente y la velocidad del agua, la profundidad y el ancho del canal que evolucionan debido a los procesos físicos de erosión y deposición. [12].	Se tendrán datos de la dimensión hidráulico y morfológicos conformados por los indicadores de Thalweg, sinuosidad, tasa de migración del río y caudal	Hidráulicos y morfológicos.	Thalweg	6	Guía de observación y guía documental.	m	numérica	razón
				Sinuosidad	7		adimensional	Catagórica	nominal
				Tasa de migración del río.	8		m/año	numérica	razón
				Caudal	9		m ³ /s	numérica	razón

2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección

Población de estudio, en esta investigación vendría hacer el Río La Leche desde su verdadera formación, es decir, desde la confluencia del Río Moyán y Río Sangana hasta la formación del Río Mórrope 66 kilómetros aproximadamente aguas debajo de recorrido del Río La Leche.

Muestra, los tramos escogidos como muestra tienen la característica de tener un comportamiento dinámico ya que son tramos donde se puede visualizar algunos meándros, además por la susceptibilidad a erosionarse, los cuales ya han sido centro de atención durante épocas de precipitaciones intensas generando el desbordamiento del cauce en dichos tramos e inundando tierras agrícolas, caseríos, Centros poblados, obras hidráulicas y viales.

Muestreo, es de tipo no probabilístico, dado que fue necesario ir a la zona de estudio para la obtención de la muestra y se pueda efectuar la elaboración del proyecto en estudio.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.2.3. Técnicas de recolección de datos.

- Observación

Permitirá hacer las visualizaciones adecuadas en la zona de estudio y así poder obtener la información necesaria para que se pueda posteriormente generar los resultados, detallándose de manera ordenada al final del proyecto.

- Análisis de documentos

Generalmente las investigaciones de esta línea están basadas en conocimientos empíricos para la cual como primera parte tomaremos referencia los resultados obtenidos en el previo trabajo de investigación además se tendrá que solicitar al Autoridad Nacional del Agua (ANA) el registro histórico de la Estación Hidrométrica Puchaca para un periodo de 50 años (Ver Anexo N°03).

- Entrevista.

Es una técnica para adquirir la información, ya sea comunicándose con los sujetos

que son parte del estudio. Puede llevarse a cabo de manera online o presencial. Es preciso señalar que las preguntas formuladas serán acorde al tema.

Para efectos de esta investigación se tiene planteado las interrogantes en el Anexo N°03, donde se busca un profesional especialista en la rama de hidráulica nos de información, percepciones de la problemática y algunos criterios para el desarrollo y propuesta de solución en esta investigación.

2.2.4. Instrumentos de recolección de datos.

- **Guía de observación**

Consiste en la elaboración de una guía de observación, la cual permita caracterizar y definir los tramos a analizar cómo (rugosidad de cause, vegetación, características morfológicas del río, apreciables a simple vista). (Ver Anexo N°01)

- **Documento emitido por ANA**

Documento emitido por ANA, donde se adjunten la información solicitada. (Ver Anexo N°03)

- **Programas de cómputo**

Microsoft Office (Ms Word, Ms Power Point, Ms Excel, Ms Project)

- **Programas de ingeniería.**

Hidroesta.	(Estudio Hidrológico)
AutoCAD 2D.	} (Modelo digital del terreno)
AutoCAD Civil 3D	
Autocad MAP 3d.	
Arc Gis.	
S10 2005	(Estimación de presupuesto)

2.5. Procedimiento de análisis de datos

2.2.5. Diagrama de procesos

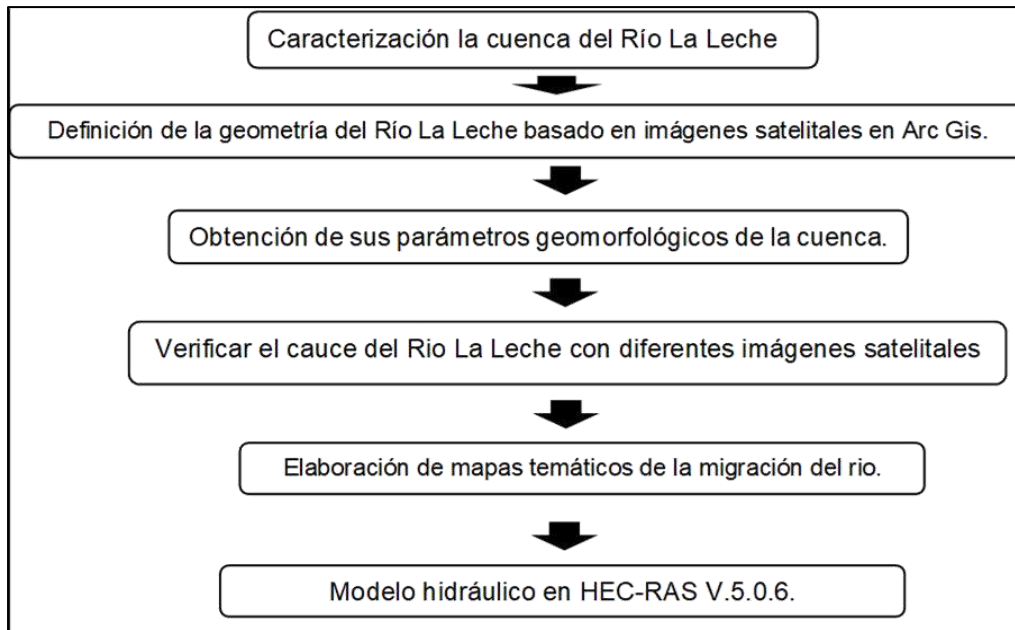


Fig. 18. Diagrama de Procesos.

2.2.6. Diagrama de procesos

2.2.6.1. Analizar las propiedades meándricas del río.

- PLANFORM STATICS TOOLS

Esta plataforma es un complemento a la herramienta ArcGIS. A través de los algoritmos hace uso medio Visual Basic VBA para funciones principales. La primera se basa en la obtención del eje principal del río. Este procedimiento permitirá encontrar las peculiaridades meandricas del Río y la segunda establece la distancia de migración entre 2 líneas determinadas.

2.2.6.2. Definir la geometría del río.

Para el desarrollo de este objetivo se tiene que realizar un reconocimiento IN SITU, a fin de poder caracterizar la rugosidad de cauce tomando en cuenta los criterios de: Superficie del canal, anormalidad, variación de sección, efecto de la obstrucción, vegetación, intensidad de meandros.

Los cuales se han tenido he cuanta para la elaboración del formato para la

caracterización de rugosidad del cauce para efectos de esta investigación.

Basado en mi trabajo de investigación y las imágenes recolectadas de la plataforma Earth y Global Land Cover Facility Data Source” se procederá a definir la geometría del valle del Río La Leche, es decir el modelo digital de terreno en la cual se empleará, las imágenes satelitales más el ráster para poder corregir las imperfecciones de la data y los resultados se puedan aproximar más a la realidad.

2.2.6.3. Estimar el caudal dominante del Río.

La determinación del caudal dominante se considerará una recurrencia de 50 años y se tomará como base el estudio hidrológico elaborado por el PEOT.

El registro histórico hidrométrico se obtendrá de la Estación Hidrométrica Puchaca, se realizará la estimación del caudal dominante para un período de retorno de 50 años basado en un análisis probabilístico que considere una bondad de ajuste aceptable.

2.2.6.4. Simulación en HEC-RASS V.5.0.1 para obtener las llanuras de inundación.

- Hec Ras V.5.0.6:

El software Hec-Ras, está compuesto por cuatro tipos módulos diferentes, que permiten el análisis de los ríos en los siguientes escenarios: Modelización de flujo en régimen permanente; no permanente, transporte de sedimentos y análisis de calidad de aguas.

El programa permite simular los flujos de agua en los canales artificiales o de los ríos.

La secuencia para desarrollar es como sigue: En primer lugar, con el modelo digital de terreno construido en el objetivo N°01 se procederá a realizar la simulación hidráulica con el presente programa a fin de obtener los patrones hidráulicos y llanuras de inundación para la data histórica para un periodo de retorno de 50 años, para posteriormente correlacionar dichos parámetros y poder analizar, emitir la autocrítica y conclusiones.

2.2.6.5. Estimación de presupuesto.

La estimación de costos se basa en encontrar el presupuesto total de la investigación desde la planificación hasta su desarrollo basado en la teoría de análisis de precios unitarios (recurso humano, materiales, equipos y herramientas), fórmula polinómica para las diferentes

tareas que se desarrollaran en la presente investigación en el S10 2005 COSTOS Y PRESUPUESTOS.

2.2.6.6. Recurso humano.

El recurso humano para emplear en esta investigación está dado por el tesista el cual contempla la gran cantidad de horas para la proyección y desarrollo de la investigación, sumado a ello se tendrá conveniente trabajar de la mano de un asesor e ingeniero especialista en el tema.

2.2.6.7. Presupuesto.

PRESUPUESTO RECURSOS HUMANOS		
ITEM	Detalle	Valor S/.
01	Tesista.	S/ 5,093.00
02	Asesor	S/ 660.00
03	Ingeniero especialista.	S/ 300.00
Presupuesto total de la investigación		S/ 6,053.00

RESUMEN DE PRESUPUESTO		
ITEM	Detalle	Valor S/.
01	RECURSOS HUMANOS.	S/ 6,075.00
02	MATERIALES Y HERRAMIENTAS.	S/ 7,980.00
03	SERVICIOS	S/ 6,990.00
Presupuesto total de la investigación		S/ 21,045.00

2.6. Criterios éticos

Todas las fases de la actividad científica deben conducirse en base a los principios generales y principios específicos establecidos en los Art. 5 y Art. 6 en el Código de Ética en Investigación de la USS S.A.C.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

- Determinar los parámetros geomorfológicos de la cuenca del río La Leche.

Ubicación	<p>Departamento: Lambayeque</p> <p>Provincia: Lambayeque, Ferreñafe y Chota</p> <p>Distrito: Incahuasi, Miracosta, Toccoche, Pitipo, Pacora, Túcume y Mórrope</p>	
Clima	<p>En el valle inferior con temperaturas altas (29° C - 32° C) en los meses de enero a marzo.</p> <p>Las temperaturas medias anuales están alrededor 22° C.</p> <p>Los vientos son frecuentes con predominancia de dirección SW. Hasta el frío clima de la sierra de Incahuasi donde las temperaturas descienden hasta 10° C en épocas de invierno.</p>	
Ecología	<p>Vegetación: Bosque espinoso subtropical, matorral desértico subtropical.</p> <p>Fauna: La más significativa es la de los roedores y reptiles pequeños como lagartijas, pequeñas serpientes, camaleones, zorros, aves como los gallinazos de cabeza negra, pequeños gorrioncillos, perdices, y arácnidos.</p>	
Recursos Hidráulicos	<ul style="list-style-type: none"> - Bocatoma antigua, río Túcume Viejo y Dique de Protección Llamada también Bocatoma Sutton - Bocatoma Huaca de la Cruz, Toma provisional y Canal Túcume – Illimo. - Canal de estiaje del sistema Magdalena. - Bocatoma Magdalena y tomas de la parte media - Puente la Leche y Diques de encauzamiento - Bocatoma, Canal y dique San Isidro. 	
Fisiografía	<p>Relieve: Accidentado en la parte alta hasta muy suave en la zona de pampas.</p> <p>Tipos de Tierra: Bosques, praderas, y tierras de cultivo.</p> <p>Pendiente: Las pendientes medias del terreno son relativamente altas, variando del 20% al 50%.</p> <p>Suelo: Las laderas muy empinadas tienen roca expuesta y muy poco suelo, lo que limita la infiltración</p>	
Vegetación	<p>Parte Alta: Mayor vegetación, casi en su totalidad.</p> <p>Parte baja: 50% de vegetación de la superficie</p>	
Geología	Constitución	<p>Estribaciones de la cordillera andina. Expone rocas paleozoicas, mesozoicas y terciarias</p> <p>Zona de Pampas. Caracterizada por su relieve suave, con altitudes de 35m a 150, la topografía llana, a veces ligeramente ondulada.</p>
	Zonas	<p>Zona Alta: Cordillera de los andes La zona de montaña se ha venido estabilizando y el clima y la hidrología han ido cambiando y con ellos la morfología de la zona tallando el valle actual.</p> <p>Zona Media. el entorno de esta zona está formado por una compleja formación geológica que abarca desde los depósitos cuaternarios como en las partes bajas, volcánicos Porculla y Ollotún, formaciones como las de Tinajones y la Leche. Las estribaciones andinas se encuentran constituidas por rocas sedimentarias</p> <p>Zona Baja Esta zona se ubica en el sector de la faja costanera y próxima a las estribaciones andinas, en el sector de influencia de los canales de transporte y sedimentación del río Motupe, río Motupe viejo, río la Leche y en las proximidades del emplazamiento del canal San Isidro, colindante con el desierto de Mórrope.</p>
	Suelos y Rocas	<ul style="list-style-type: none"> - Presencia de filitas y esquistos calizas volcánicas cuarcitas y en forma muy restringida plutonitas. - Rocas sedimentarias y volcánicas. - El grupo hidrologico del suelo para toda la cuenca La Leche se ha estimado como (afloramientos rocosos y suelo arcilloso).

- Delimitar de la cuenca del Río La Leche.

Recursos hidráulicos
<ul style="list-style-type: none"> - Bocatoma antigua, río Túcume Viejo y Dique de Protección Llamada también Bocatoma Sutton, o antigua Bocatoma Huaca de la Cruz condujo anteriormente el agua hasta los campos de Mochumi, Túcume e Íllimo; en épocas anteriores a la construcción del canal taymi. El río Túcume viejo se encuentra actualmente clausurado, en estado de gran colmatación y vegetación. - Bocatoma Huaca de la Cruz, Toma provisional y Canal Túcume – Íllimo. Esta estructura es la sucesora de la Bocatoma Sutton, está ubicada aproximadamente a 1.5 km aguas debajo. En la actualidad se encuentra operativo y conduce las aguas desde la Bocatoma hasta el partidor Túcume Íllimo. - Canal de estiaje del sistema Magdalena. La salida de este canal se ubica en la margen derecha del río a 100 m aguas arriba de la bocatoma actual. El canal se encuentra en perfecto estado de conservación y en plena operatividad. - Bocatoma Magdalena y tomas de la parte media. Está ubicada a la altura de Motupillo y capta las aguas del río para derivarlas hacia la margen derecha por el canal Magdalena, que como ya hemos mencionado irriga los campos de Jayanca y pacora. El estado actual de la estructura es bueno considerando en tiempo de servicio prestado. - Puente la Leche y Diques de encauzamiento. Esta es la principal estructura de cruce en el río la leche, está ubicada aproximadamente a unos 8 km aguas abajo de la Bocatoma actual Huaca de la Cruz en la intersección del río con la carretera panamericana antigua. La cota de la plataforma es 50.85 m.s.n.m. - Bocatoma, Canal y dique San Isidro. Esta estructura está ubicada aguas abajo del sector las juntas a unos 3500 m. del puente la Leche, se trata de una estructura nueva puesta en funcionamiento reciente (noviembre del 2000) esta estructura de concreto armado está compuesto de muros de encauzamiento de 4m de alto, barrage fijo y poza disipadora de forma prismática (forma trapecial de taludes tendidos) de 1.2m sobre el lecho del río, compuesto de bolsas de concreto con malla de fierro de amarre y acero de temperatura todo revestido con una capa de 5cm de concreto. El estado actual de la bocatoma es bueno, pero se tuvo que reconstruir el barrage fusible que en marzo del 2001 colapso. Otro problema y el más crítico es la sedimentación de material de arrastre en el cauce lo que disminuye capacidad hidráulica del río.

Ubicación geográfica de la Cuenca

- La cuenca del río la leche está ubicada en los departamentos de Lambayeque y Cajamarca; en las provincias de Lambayeque, Ferreñafe y Chota, en los distritos de Incahuasi, Miracosta, Tocmoche, Pítipo, Pacora, Túcume y Mórrope entre los paralelos de latitud sur 6°08' y 6°40'30" y los meridianos de latitud oeste 79°12' y 80°00'.
- La cuenca del río la Leche limita por el Norte con la cuenca del río Motupe, por el Este con la cuenca de río Chotano, por el Sur con la cuenca del río Chancay, por el oeste con el océano pacífico.
- La cuenca del río La Leche, desde su cabecera hasta La Calzada, tiene un área de drenaje de 907.36 km². La cuenca está ubicada en las laderas occidentales de los Andes Occidentales Peruanos. La población más grande dentro de la cuenca es Incahuasi, con cerca de 15,000 habitantes, incluida la población rural. La distancia a Chiclayo, la ciudad más cercana, es de 120 km. El tiempo de viaje a lo largo de una carretera afirmada es de aproximadamente 6 horas. En temporada de lluvias, los viajes hacia y desde Incahuasi pueden ser peligrosos y sujetos a demora.
- Río La Leche, tiene sus fuentes en la Provincia de Cutervo, con el nombre de río Moyán, se llama luego río Sangana, hasta que ingresa al departamento de Lambayeque, donde toma la denominación de río de la Leche.

Ecología

- Según el mapa ecológico de la zona la vegetación se califica como bosque espinoso subtropical, matorral desértico subtropical.
- Con respecto a la fauna se puede decir que la más significativa es la de los roedores y reptiles pequeños como lagartijas, pequeñas serpientes, camaleones, zorros.
- En la cuenca podemos encontrar aves como los gallinazos de cabeza negra, pequeños gorrioncillos, perdices, etc.
- La variedad con que se presentan los arácnidos es significativa.

Clima

- En la cuenca se presentan variedad de climas desde el cálido y desértico en el valle inferior con temperaturas altas (29° C - 32° C) en los meses de enero a marzo; las temperaturas medias anuales están alrededor 22° C. los vientos son frecuentes con predominancia de dirección SW. Hasta el frío clima de la sierra de Incahuasi donde las temperaturas descienden hasta 10° C en épocas de invierno.
- Debido a la ubicación de la Cuenca del Río La Leche, las características climáticas se ven afectado por El Fenómeno del Niño, por consecuencia las precipitaciones tienen registros extraordinarios.

Fisiografía
<ul style="list-style-type: none"> - El relieve de la cuenca es variado desde muy accidentado en la parte alta hasta muy suave en la zona de pampas próximo a la confluencia con el río Motupe. También se aprecian zonas de montañas bajas representadas por las estribaciones andinas al final del curso alto del río. - El uso de la tierra es mixto, con presencia de bosques, praderas, y tierras de cultivo. Las pendientes medias del terreno son relativamente altas, variando del 20% al 50%, lo cual fomenta la escorrentía superficial. Las laderas muy empinadas tienen roca expuesta y muy poco suelo, lo que limita la infiltración.
Vegetación
<ul style="list-style-type: none"> - La zona donde existe mayor vegetación es en la parte alta de la cuenca donde casi se cubre en su totalidad en épocas de lluvia, pero en la parte baja es muy poca debido a la escasez de agua por lo tanto se puede decir que puede haber hasta 50 % de vegetación en la superficie.
Geología de la Cuenca del Río
<p>I. Generalidades</p> <ul style="list-style-type: none"> - El estudio geológico de la cuenca es de suma importancia para tomar decisiones que acierten en el manejo de cuencas para así poder llegar a determinar el caudal de diseño con mayor seguridad. - Para esto hemos recopilado gran parte de la información existente en cuanto a estudios geológicos hechos en la cuenca se refiere. - Una herramienta imprescindible para estos estudios lo constituyen las cartas geológicas las que proporcionan en forma genérica rasgos la geología de la zona, en este estudio se ha utilizado las cartas de Jayanca, Incahuasi, Chiclayo, etc.
<p>II. Constitución geológica de la Cuenca</p> <ul style="list-style-type: none"> - La distribución y extensión de la cuenca permiten determinar dos regiones geológicas que se diferencian por su litología y topografía. - Estribaciones de la cordillera andina. Que expone rocas paleozoicas, mesozoicas y terciarias constituyendo los macizos rocosos que limitan las pampas hacia el este, esta zona es topográficamente elevada, con altitudes de 200 m a 950. - Zona de Pampas. Caracterizada por su relieve suave, con altitudes de 35m a 150, la topografía llana, a veces ligeramente ondulada es interrumpida de vez en cuando por montes, islas. Esta zona se identifica con los depósitos cuaternarios que proporcionan una potente cobertura de materiales sueltos.

- Delimitación de la Cuenca

III. Geología de la cuenca del río

- Zona Alta cordillera de los andes tiene su origen en la era paleozoica, en el mar con intensa actividad volcánica. Durante la era mesozoica la actividad volcánica se incrementa en la zona, pero esta vez en la superficie del continente, (volcánico Porculla) se producen plegamientos con grandes intrusiones de magma. La zona de montaña se ha venido estabilizando y el clima y la hidrología han ido cambiando y con ellos la morfología de la zona tallando el valle actual.
- Zona Media. aproximadamente este estudio geológico se realizó a la altura de la Hacienda Mayascón; el entorno de esta zona está formada por una compleja formación geológica que abarca desde los depósitos cuaternarios como en las partes bajas, volcánicos Porculla y Ollotún cretáceo inferior, terciario inferior, paleozoicos superior e inferior formaciones como las de Tinajones y la Leche. Las estratificaciones andinas se encuentran constituidas por rocas sedimentarias, de origen marino y continental de edad Triásico – Jurásico, Cretáceo – Terciario.

Las rocas descritas sobreyacen a rocas más antiguas, con discordancias angulares y paralelas, estas rocas subyacentes son de origen metamórficos constituidas por pizarras, filitas y esquistos arcillo-micáceos y carbonato- arcillosos representados por las formaciones Salas y las del Complejo Olmos.

- Zona Baja Esta zona se ubica en el sector de la faja costanera y próxima a las estratificaciones andinas, en el sector de influencia de los canales de transporte y sedimentación del río Motupe, río Motupe viejo, río la Leche y en las proximidades del emplazamiento del canal San Isidro, colindante con el desierto de Mórrope.

En esta zona también encontramos el entorno de la Bocatoma Huaca de La Cruz, esta zona está constituida básicamente por depósitos cuaternarios recientes como son los depósitos aluviales, fluviales y eólicos, constituidos por conglomerados, gravas, arenas, limos etc. Formando los pisos de los valles; conforme se acerca a la línea costera se encuentran los más finos (mayor transporte) y tierra adentro, los más gruesos formando en muchos casos conos de escombros y de deyección sobre estos se encuentran mantos irregulares de arenas eólicas.

IV. Suelos y rocas de la Cuenca

- Los estudios de campo generalizados en los bordes de la zona de pampas y en los montes-islas evidencian la presencia de filitas y esquistos calizas volcánicas cuarcitas y en forma muy restringida plutonitas.
- Las rocas que mediante los estudios hemos logrado clasificar son:

Rocas sedimentarias y volcánicas en el valle del río la leche, adyacente a los cerros de la Traposa y Calabozo.

El grupo hidrológico del suelo para toda la cuenca La Leche se ha estimado como (afloramientos rocosos y suelo arcilloso).

- Obtener de sus parámetros geomorfológicos de la cuenca.

Área	1524.283 Km ²
Perímetro	Longitud de 229.5 Km.
Longitud Mayor del Río	93.5 km
Ancho Promedio de la Cuenca	16.30Km.
Índice De Compacidad O Gravelius	1.658
Red de drenaje	0.448
Perfil Longitudinal	Pendiente de 3.80%

I. Área:

La superficie total de la cuenca del río la leche considerada desde su origen en la parte alta de Incahuasi hasta la confluencia con el río Motupe es de 1524.283 Km².

II. Perímetro:

Es la línea que define el contorno de la cuenca, nuestra cuenca estudiada tiene una longitud de 229.5 Km.

III. Longitud mayor:

Desde sus orígenes hasta la confluencia con el río Motupe la longitud total es de 93.5 Km.

IV. Ancho promedio

Es la relación entre el área de la cuenca (A) y la longitud mayor del curso de agua (L).

$$A_p = A/L$$

Reemplazando valores:

$$A_p = 1524.283 \text{ Km}^2 / 93.5 \text{ Km}$$

$$A_p = 16.30 \text{ Km.}$$

Luego:

$$F_f = \frac{A}{Lc^2}$$

Reemplazando valores.

$$F_f = \frac{1524.283}{93.5^2}$$

$$F_f = 0.17$$

V. Índice de Compacidad o Gravelius (kc)

Kc: Perímetro de la cuenca / perímetro del círculo de igual área.

$$Ic = \frac{P}{P_0} = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = 0.282 \cdot \left(\frac{P}{\sqrt{A}}\right)$$

$$Ic = 0.282 \cdot \left(\frac{229.5}{\sqrt{1524.283}}\right)$$

$$Ic = 1.658$$

VI. Curvas características de cuenca.

a) Áreas parciales de la cuenca.

Tabla III

Áreas parciales de cuenca

ALTURA MENOR (m.s.n.m.)	ALTURA MAYOR (m.s.n.m.)	AREA (km2)
0	50	0
50	400	706.632
400	800	93.534
800	1200	116.297
1200	1600	97.563
1600	2000	94.045
2000	2400	91.171
2400	2800	94.592
2800	3200	99.492
3200	3600	130.957
ÁREA TOTAL		1524.283

b) Cálculos para graficar la curva hipsométrica y frecuencia de altitudes.

Tabla IV

Cálculos para graficar la curva hipsométrica y de frecuencia de altitudes

Altitud (msnm)	Áreas parciales (km2)	Áreas acumuladas	Áreas que quedan sobre altitudes	% del total	% del total que queda sobre la altitud
50	0	0	1524.28	0.0	100.0
400	706.632	706.632	817.65	46.4	53.6
800	93.534	800.166	724.12	6.1	47.5
1200	116.297	916.463	607.82	7.6	39.9
1600	97.563	1014.026	510.26	6.4	33.5
2000	94.045	1108.071	416.21	6.2	27.3
2400	91.171	1199.242	325.04	6.0	21.3
2800	94.592	1293.834	230.45	6.2	15.1
3200	99.492	1393.326	130.96	6.5	8.6
3600	130.957	1524.283	0.00	8.6	0.0
1524.283				100.0	

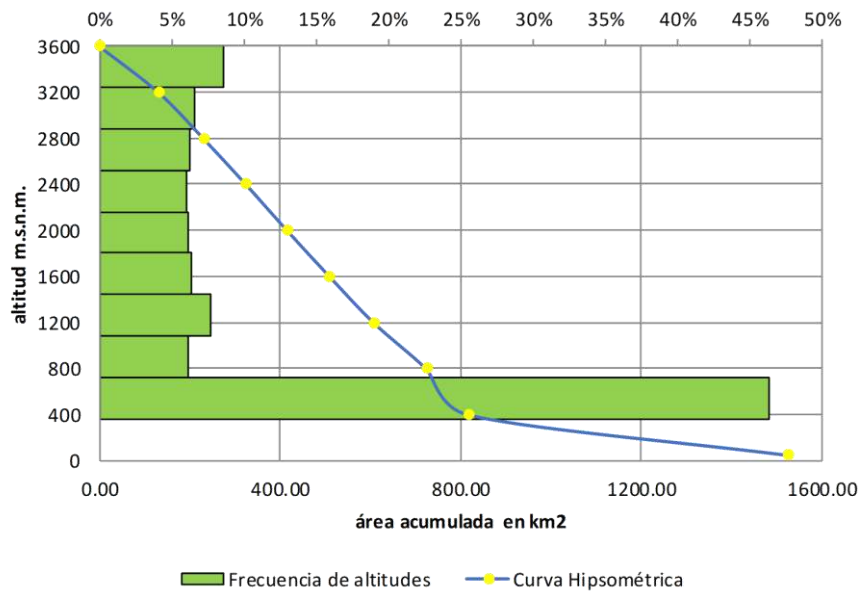


Fig. 19. Curva hipsométrica y frecuencia de altitudes.

c) Rectángulo equivalente.

$$L = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K}\right)^2} \right)$$

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

Tabla V

Rectángulo equivalente

Unidad hidrográfica de la cuenca	Área (km ²)	Perímetro de cuenca (km)	Índice de compacidad (kc)	Longitud del lado mayor del rectángulo (l) (km.)	Longitud del lado menor del rectángulo (l) (km)
CUENCA	1,524,283	229,500	1,658	100,434	15,177

d) Red de drenaje.

$$Dd = \frac{L_t}{A}$$

$$Dd = \frac{683.450}{1524.283}$$

$$Dd = 0.448$$

e) Perfil longitudinal.

Tabla VI
Perfil longitudinal

Altitud (m)	Longitud (KM)	Longitud Acumulada
50	8.54	8.54
400	12.54	21.07
800	8.67	29.74
1200	10.26	40.00
1600	9.55	49.54
2000	8.26	57.80
2400	9.48	67.28
2800	8.25	75.52
3200	8.12	83.65
3600	9.85	93.50

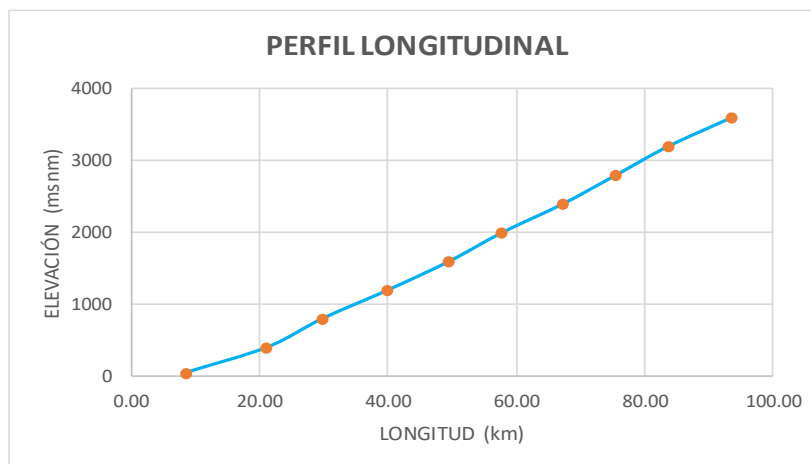


Fig. 20. Perfil longitudinal

Pendiente del curso de agua.

$\Delta h =$	3550.00	M
Longitud.	93500.00	M
Pendiente.	3.80%	

f) Criterios para determinar la pendiente.

Pendiente de la cuenca, Criterio De Alvord.

Tabla VII

Pendiente de la cuenca, Criterio De Alvord

Alturas msnm	Altitud Mayor (m.s.n.m.)	Cota de Curva Media	Desnivel entre Curvas Medias	Longitud de Curvas	Di x Li
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
50.00	400.00	225.00	225.00	9.75	2193.30
400.00	800.00	600.00	375.00	22.07	8274.38
800.00	1200.00	1000.00	400.00	34.92	13969.60
1200.00	1600.00	1400.00	400.00	46.15	18461.60
1600.00	2000.00	1800.00	400.00	45.88	18353.20
2000.00	2400.00	2200.00	400.00	53.90	21559.60
2400.00	2800.00	2600.00	400.00	49.63	19850.40
2800.00	3200.00	3000.00	400.00	34.35	13739.20
3200.00	3600.00	3400.00	400.00	25.08	10031.20
3600.00	3650.00	3625.00	225.00	21.19	4767.53

$$S_c = \frac{D * L_n}{A} \quad 8.607\%$$

Pendiente del cauce (criterio de taylor y schwars)

Tabla VIII

Pendiente del cauce (Criterio De Taylor Y Schwars)

Longitudes (Li)	Cota	Desnivel	Pendiente (Si)	Li/(S ^{0,5})
0.00	1350.12	0.00	0.00	0.00
3.83	1400.00	49.88	1.30	3.36
4.22	1600.00	200.00	4.74	1.94
3.35	1800.00	200.00	5.97	1.37
1.51	2000.00	200.00	13.25	0.41
1.83	2200.00	200.00	10.93	0.55
1.34	2400.00	200.00	14.93	0.35
0.89	2600.00	200.00	22.47	0.19
0.62	2800.00	200.00	32.26	0.11
1.01	3000.00	200.00	19.80	0.23
0.90	3200.00	200.00	22.22	0.19
Sni=1(Li)=	19.50		Sni=1(Li)/(S^{0,5}) =	8.70

S= 5.33%

Verificar el cauce del Rio La Leche con diferentes imágenes satelitales durante 5 periodos históricos comprendidos entre 1999, 2006, 2010, 2016 y 2019.

a) Productos.

Imágenes Satelitales LandSta 4, Landsat 7 y LandSat 8

Imágenes Satelitales Sentinel 1A .

Licencia Trial PCI GEOMATIC 2018.

Software de procesamiento de Sistemas de Información Geográfico.

b) Ubicación.

El proyecto se encuentra ubicado políticamente en los departamentos de la región Lambayeque y Cajamarca; en las provincias de Lambayeque Ferreñafe y Chota, y el área de interés cuenta con una superficie de 162 km², tal y como se evidencia en la Figura 22.



Fig. 21. Área para estudiar

c) Desarrollo de actividades

En este punto, se procederá a explicar cuáles fueron los métodos y pasos usados para la elaboración de cada uno de los vectores en formato shapefile para obtener una cartografía mediante el uso de las imágenes satelitales, y posteriormente realizar los análisis requeridos para el Rio La Leche.

Para darle respuesta a este objetivo, se procedió en primera instancia a descargar las imágenes satelitales del portal de la Nasa, el cual permite obtener imágenes de sensor óptico LANDSAT 4, 7 y 8 y del satélite SENTINEL (<https://vertex.daac.asf.alaska.edu/#>).

Para poder realizar los análisis del Río, se usó el software trial de PCI GEOMATICA, obtenido mediante la descarga en la página de la empresa.

(<http://www.pcigeomatics.com/resources/more-resources/downloads>), como también el uso de un software de sistema de información geográfica.

d) Análisis de imágenes satelitales.

Tabla IX
Información Cartográfica

Sensores ópticos	Resolución	Años
GOOGLE EARTH		1984 - 1998
LANDSAT 4	30 m	1999
LANDSAT 7	30 m	2006
LANDSAT 8	15 m	2016 y 2019* Ajustado
SENTINEL 1^a	15 m	2019



Fig. 22. Imagen - Año 1999

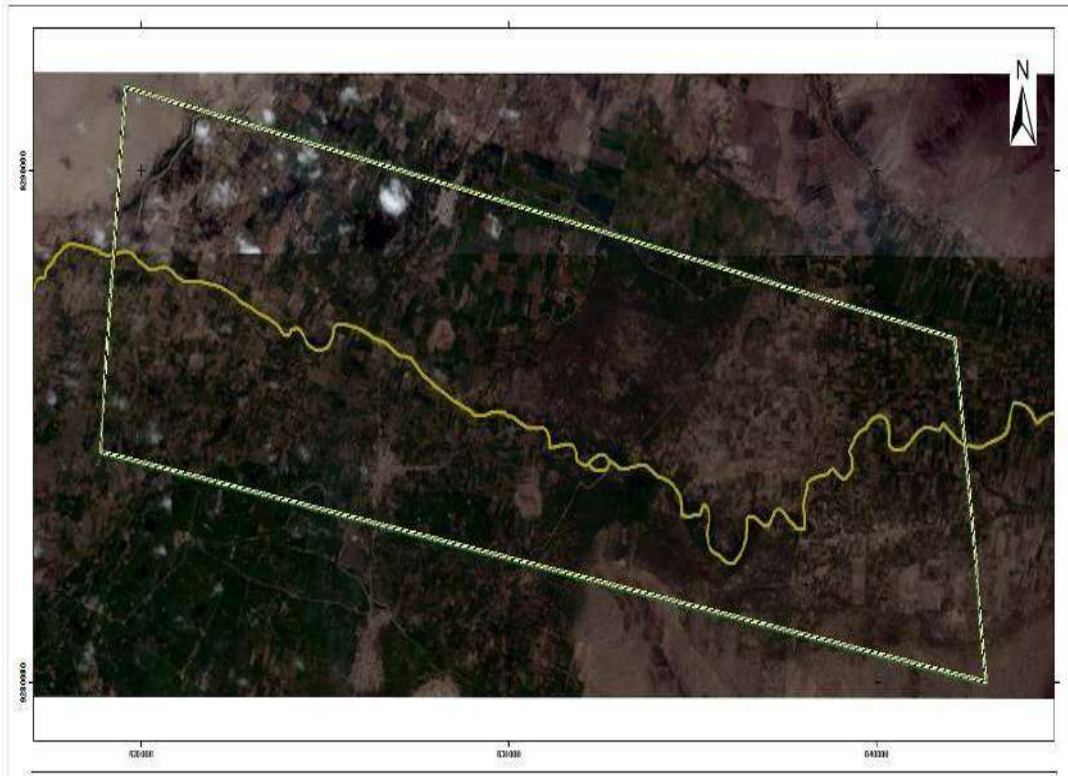


Fig. 23. Imagen - Año 2006

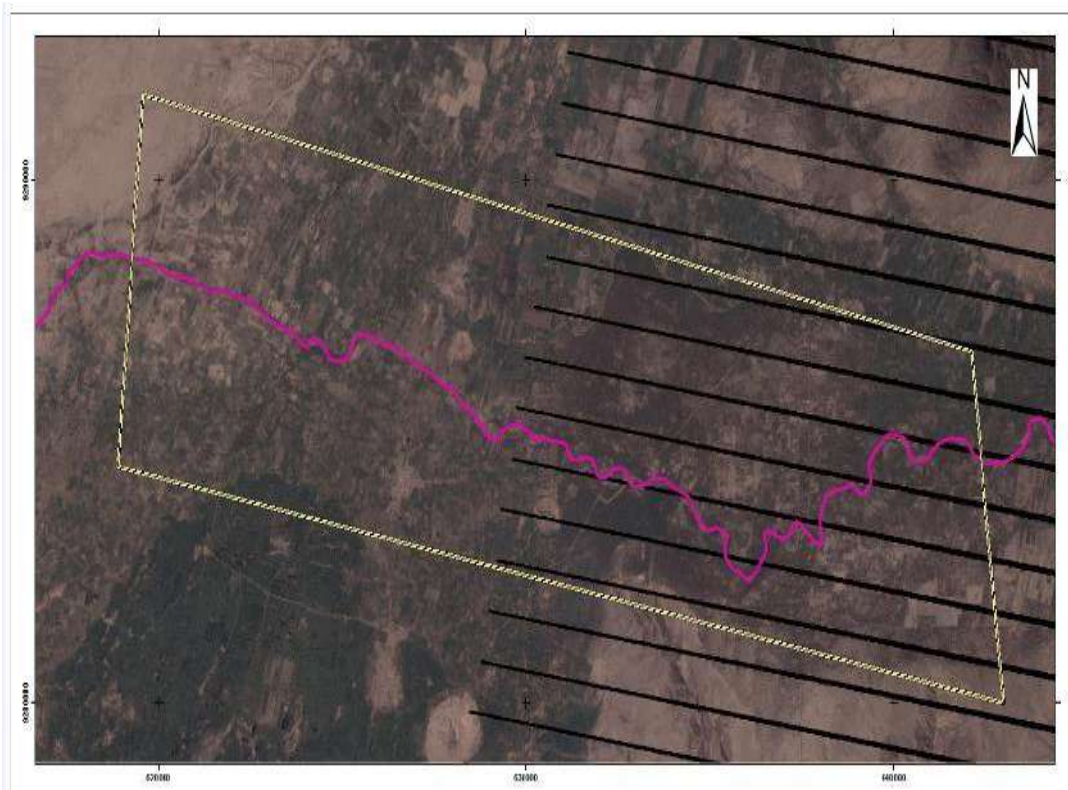


Fig. 24. Imagen Año 2010

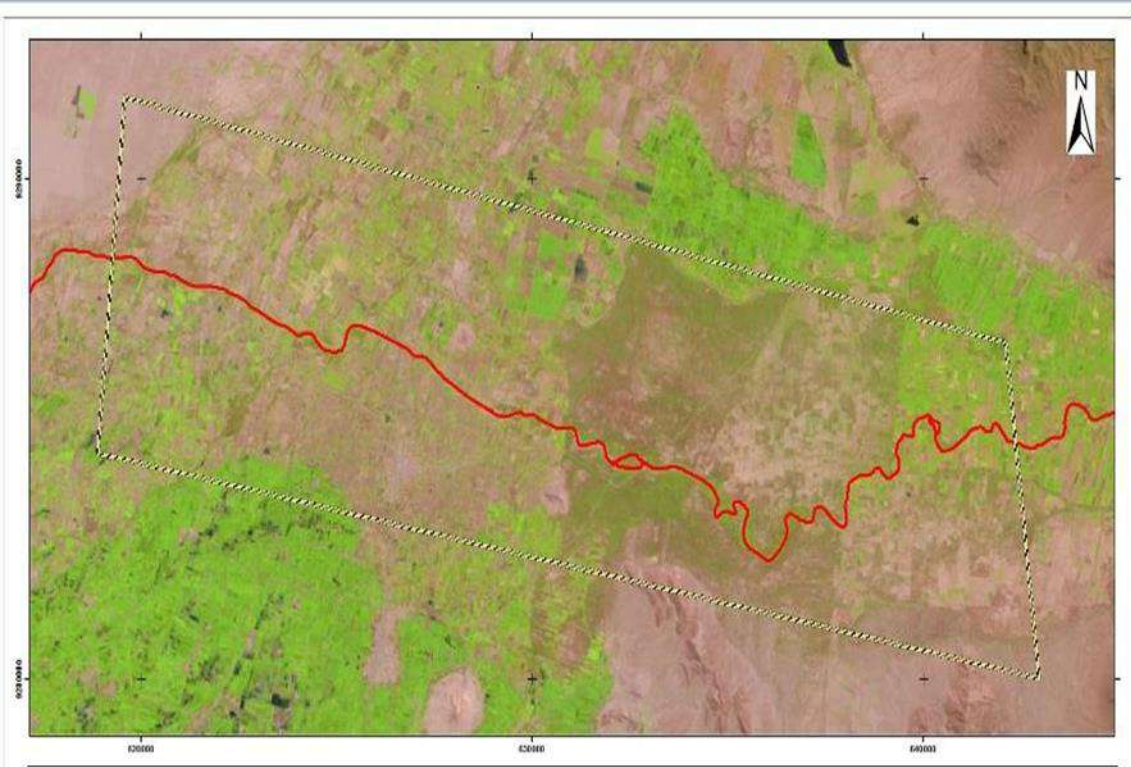


Fig. 25. Imagen Año 2016



Fig. 26. Imagen Año 2019

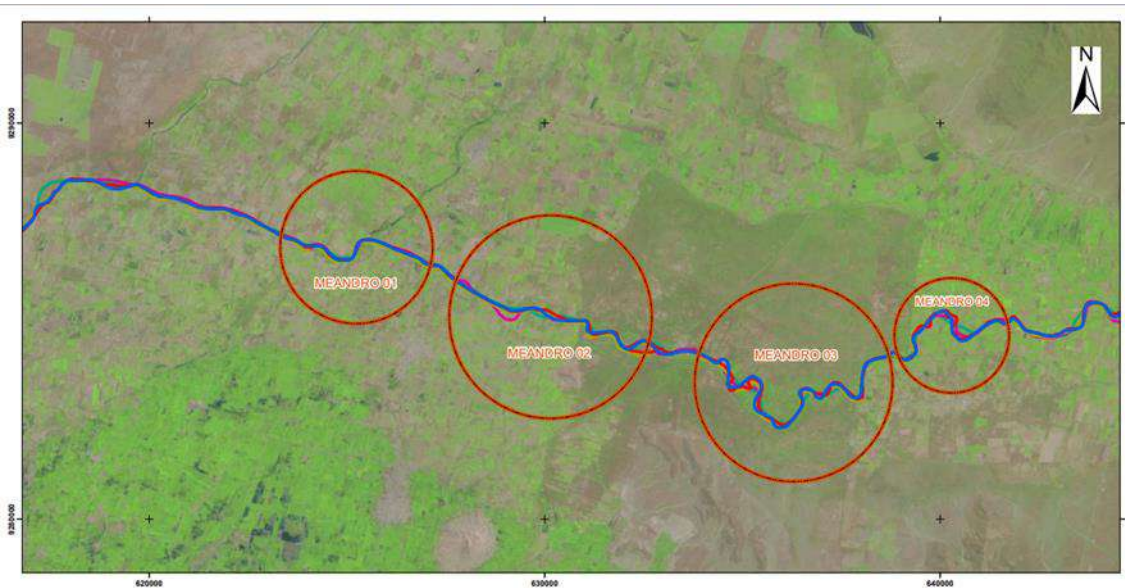


Fig. 27. (Compilación 05 imágenes satelitales)

Definir la geometría del Rio La Leche en los tramos meándricos y migrantes, elaborando mapas temáticos.

Una vez recopilada toda la información cartográfica, se procedió a generar los trazos del Rio La Leche en los diferentes periodos históricos a evaluar, analizando cuatro áreas en específico del tramo a estudiar, en donde se pudiera tener alguna modificación del patrón hidrológico. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- a) Meandro 1

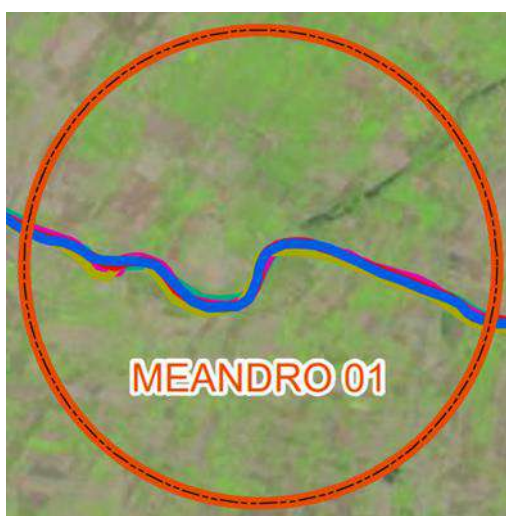


Fig. 28. Meandro 01.

Nota: En el Meandro 1 se puede observar que el cauce del río en ese lugar en específico durante los 5 periodos históricos 1999, 2006, 2010, 2016 y 2019, no posee mayor variabilidad, lo que se puede apreciar una pequeña sinuosidad o una forma de “U” en el río, siendo este comportamiento normal debido a la geomorfología de la zona, ya que es un lugar plano con poca pendiente.

b) Meandro 2



Fig. 29. Meandro 02

Nota: En el Meandro 2 se puede distinguir, que existe una pequeña sinuosidad que se ha ido formando a partir del año 2006, que es realmente en donde se empieza a general esta forma meandrica, según lo analizado se puede destacar que este proceso morfodinámico que tiene el Río La Leche en este punto, se da por un proceso natural y no por un proceso antrópico (por el hombre) debido a que el río pasa por una zona relativamente plana lo que facilita a los ríos tener este comportamiento en lugares con morfologías planas o casi planas.

c) Meandro 3

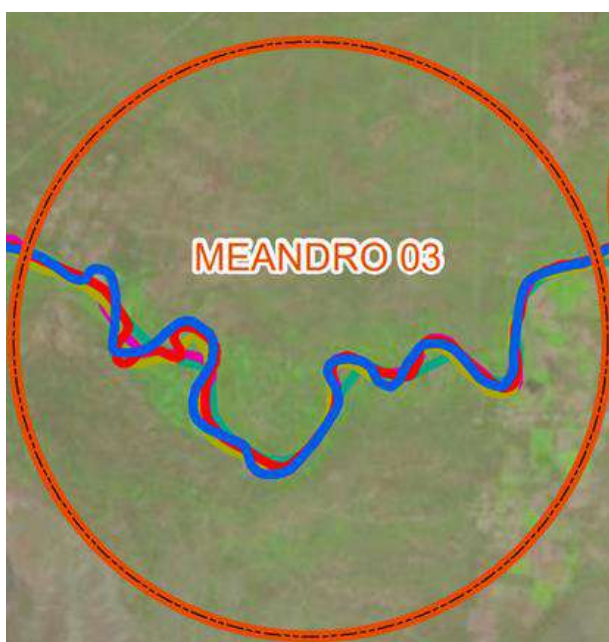


Fig. 30. Meandro 03

Nota: En el Meandro 3 se puede observar que el cauce del río en ese lugar en específico durante los 5 periodos históricos, posee poca variabilidad para los años 1999, 2006 y 2016, en donde se puede evidenciar una pequeña sinuosidad en esos periodos. Un dato importante que se puede destacar es que prácticamente cada seis años sucede un proceso de desborde, pudiendo ser esto un proceso de recurrencia en la naturaleza, la topografía del lugar es plana con pendiente menor al 5%, permitiendo así el cambio del curso del Río la Leche.

d) Meandro 4

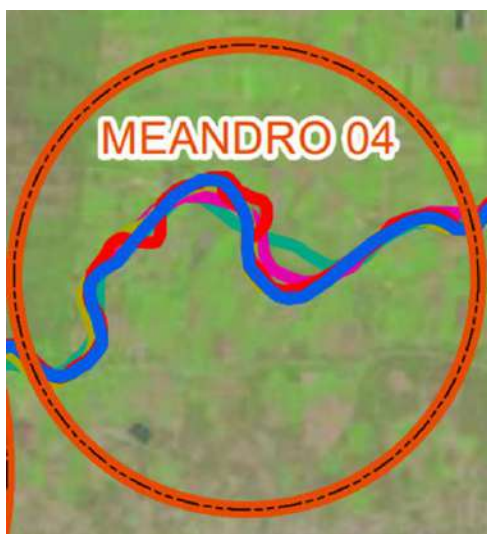


Fig. 31. Meandro 04

Nota: En el Meandro 4, al igual que en el meandro anterior se puede observar que el cauce del río en ese lugar en específico durante los 5 periodos históricos, posee poca variabilidad para los años 1999, 2006 y 2016, en donde se puede evidenciar una pequeña sinuosidad en esos periodos, pudiendo ser esto un proceso de recurrencia en la naturaleza, la topografía del lugar es plana con pendiente menor al 3%, permitiendo así el cambio del curso del Río la Leche.

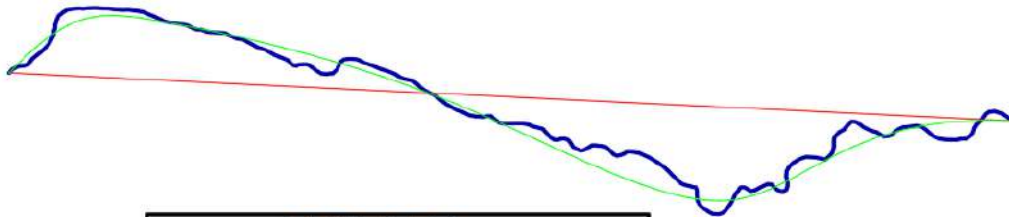
No habiendo tenido éxito en la obtención de imágenes satelitales de la plataforma de la nasa para años inferiores al 1999 se trabajó con las imágenes registradas en el Google Earth para los años (1983 – 1998) a fin de complementar el análisis de los resultados de los 20 años ya analizados (1999-2019), se logró verificar que el río La Leche para la acumulación de ambos periodos 36 años para las 04 zonas criticas identificadas denominadas meandro 01, meandro 02, meandro 03, meandro 04 se contrasto que presenta una variación en el eje principal de su cauce de 310 ml, 350 ml, 780 ml y 360 ml respectivamente, considerando una aumento del 50% de variación respecto al primer análisis, tal como se muestra en el mapa N° 07 de la presente investigación.

Es importante resaltar que el Río La Leche posee un flujo moderado, lo cual en ocasiones causo desbordes en algunos de sus márgenes.

Elaboración de los mapas temáticos de la migración del río.

TESIS: ANÁLISIS DE LOS PATRONES DE CAMBIO HIDRÁULICOS Y MORFOLÓGICOS DEL RÍO LA LECHE PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES BASADO EN IMÁGENES SATELITALES, PERÍODO 1997-2019.

FINALIDAD	ANÁLISIS MORFOLÓGICO DEL RIO AÑO 1999
IMAGEN:	AÑO 1999



LEYENDA
LONGITUD DEL RIO 1999 = 22.09 KM
LONGITUD DEL VALLE = 19.35 KM
LONGITUD DEL VALLE RECTO 18.13 KM

$$S_v = \frac{L_v}{L_v R} \quad \text{Ecuación 6: Sinuosidad del valle}$$

$$S_R = \left(\frac{LR}{L_v R} \right) \times \frac{1}{S_v} \quad \text{Ecuación 7: Sinuosidad del río}$$

Donde:

S_v: Sinuosidad del valle.

L_v: Longitud del eje del valle.

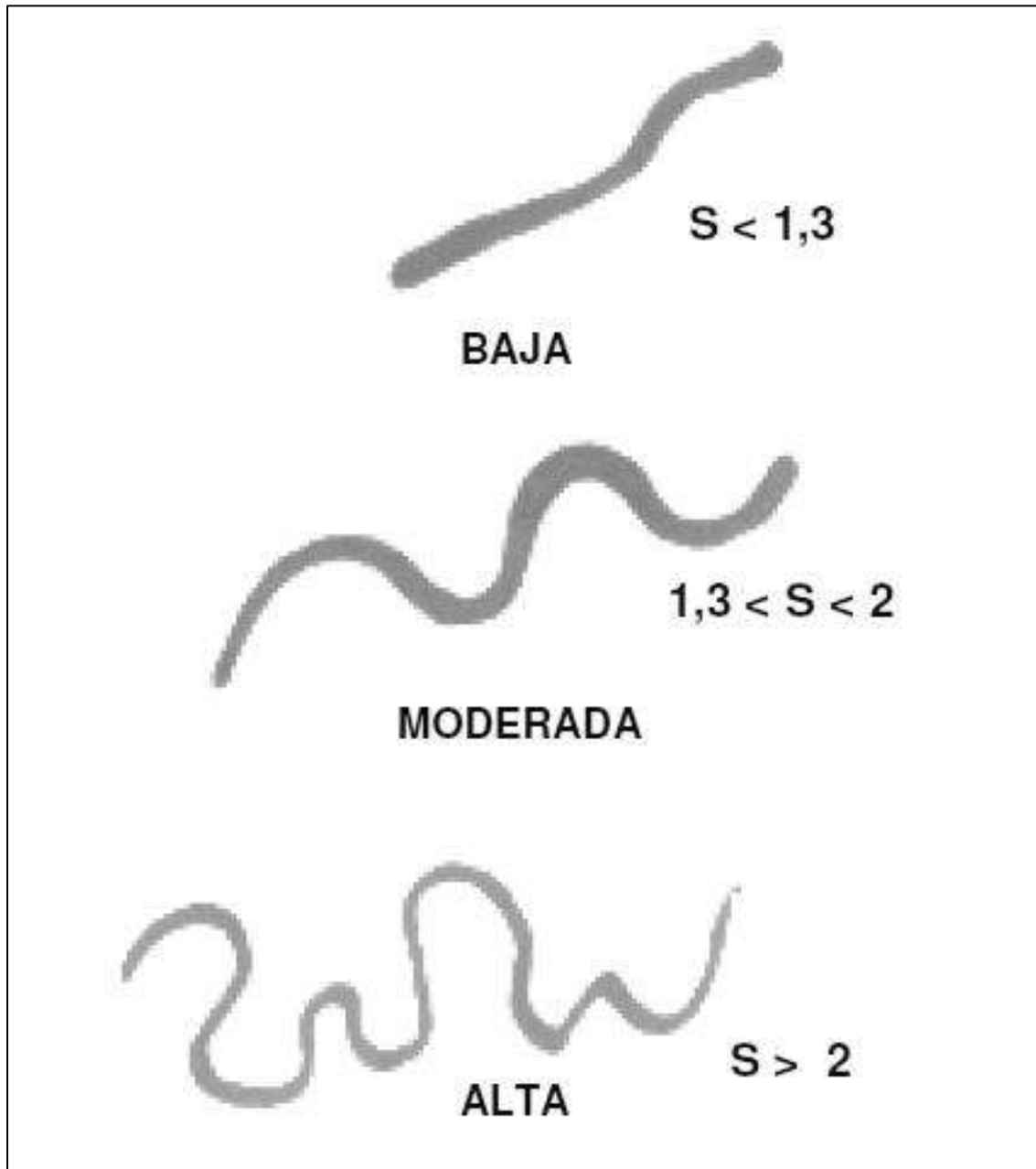
L_{vR}: Longitud de inicio y fin del tramo del valle.

S_R: Sinuosidad del río.

LR: Longitud del río.

$$S_v = \frac{19.35}{18.13} = 1.0673$$

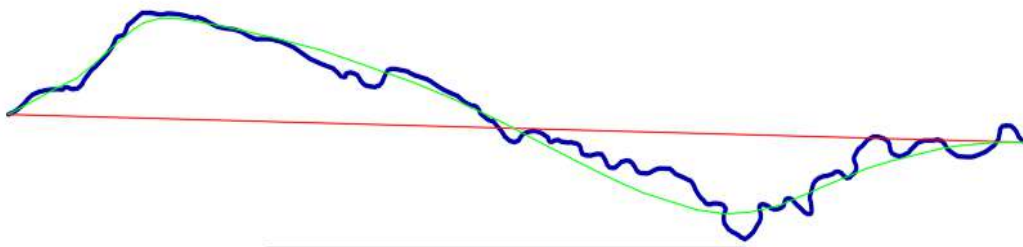
$$S_r = \frac{22.09}{18.13} \times \frac{1}{1.0673} = 1.142$$



Interpretación: El Río es de Sinuosidad Baja: Esto representa que el tramo evaluado es un cauce de fase media y un río en la fase de madures ya que estamos muy cerca a la desembocadura, para el cual el rio tiende a la formación de pequeños meandros.

IMAGEN:

AÑO 2006



LEYENDA

LONGITUD DEL RIO 2006 = 24.85 KM

LONGITUD DEL VALLE = 20.60 KM

LONGITUD DEL VALLE RECTO 19.35 KM

$$S_v = \frac{L_v}{L_v R} \quad \text{Ecuación 6: Sinuosidad del valle}$$

$$S_R = \left(\frac{LR}{L_v R} \right) \times \frac{1}{S_v} \quad \text{Ecuación 7: Sinuosidad del río}$$

Donde:

S_v : Sinuosidad del valle.

L_v : Longitud del eje del valle.

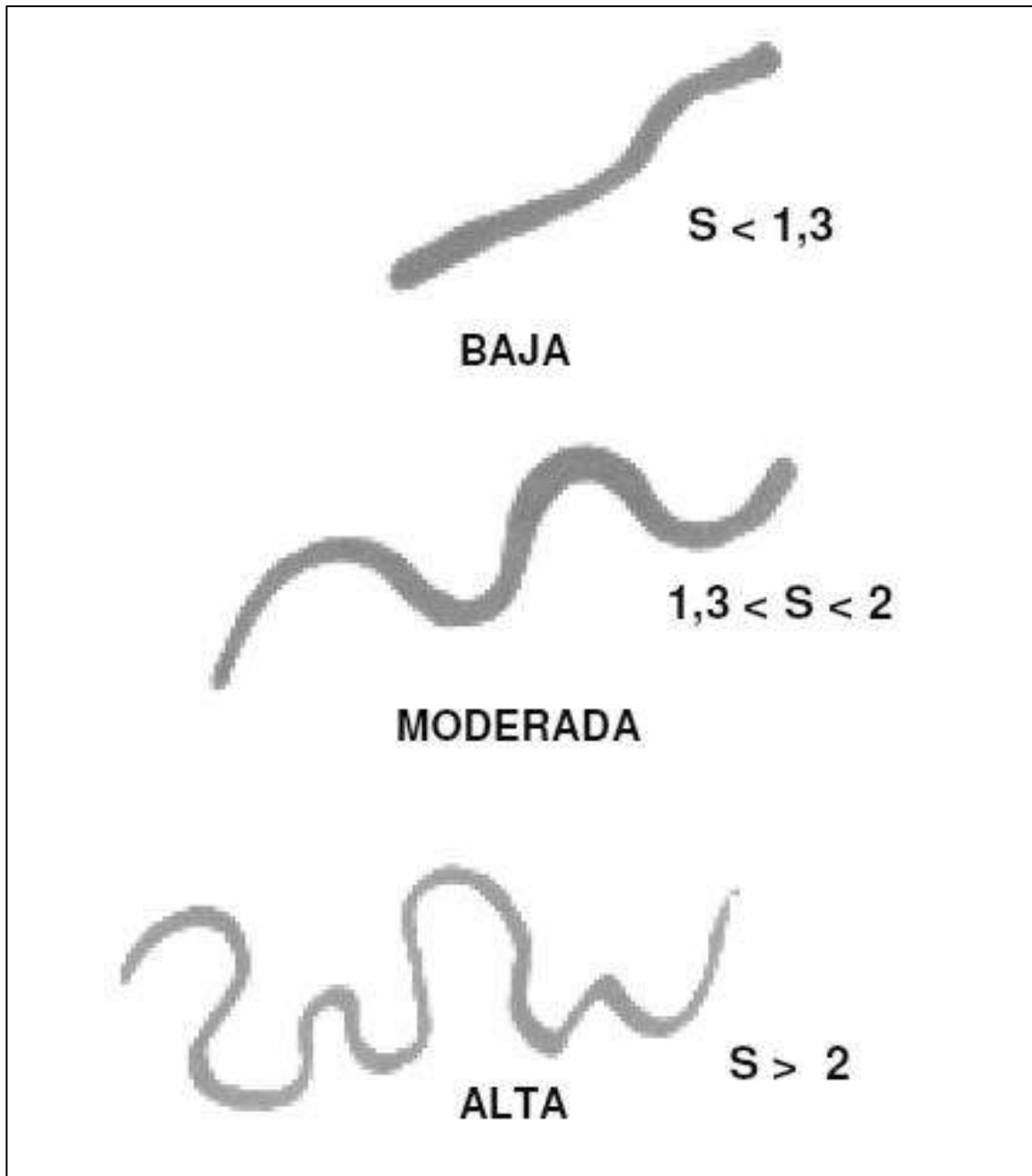
$L_v R$: Longitud de inicio y fin del tramo del valle.

S_R : Sinuosidad del río.

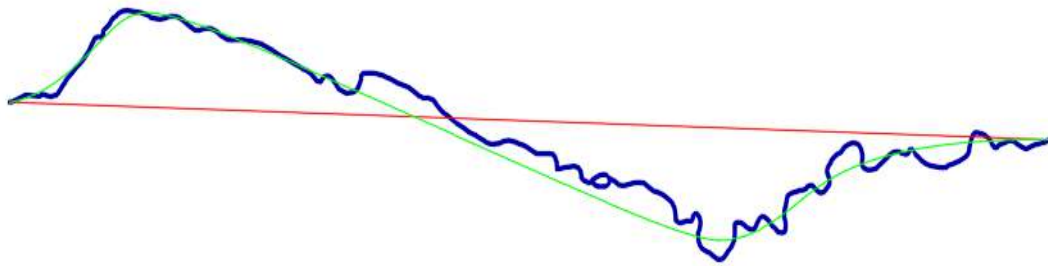
LR : Longitud del río.

$$S_v = \frac{20.6}{19.35} = 1.0646$$

$$S_r = \frac{24.85}{19.35} \times \frac{1}{1.0646} = 1.206$$



Interpretación: El Río es de Sinuosidad baja: Esto representa que el tramo evaluado es un cauce de fase media y un río en la fase de madures ya que estamos muy cerca a la desembocadura, para el cual el rio tiende a la formación de pequeños meandros.



LEYENDA

LONGITUD DEL RIO 2010 = 25.62 KM

LONGITUD DEL VALLE = 21.17 KM

LONGITUD DEL VALLE RECTO 19.85 KM

$$S_v = \frac{L_v}{L_v R} \quad \text{Ecuación 6: Sinuosidad del valle}$$

$$S_R = \left(\frac{LR}{L_v R} \right) \times \frac{1}{S_v} \quad \text{Ecuación 7: Sinuosidad del río}$$

Donde:

S_v: Sinuosidad del valle.

L_v: Longitud del eje del valle.

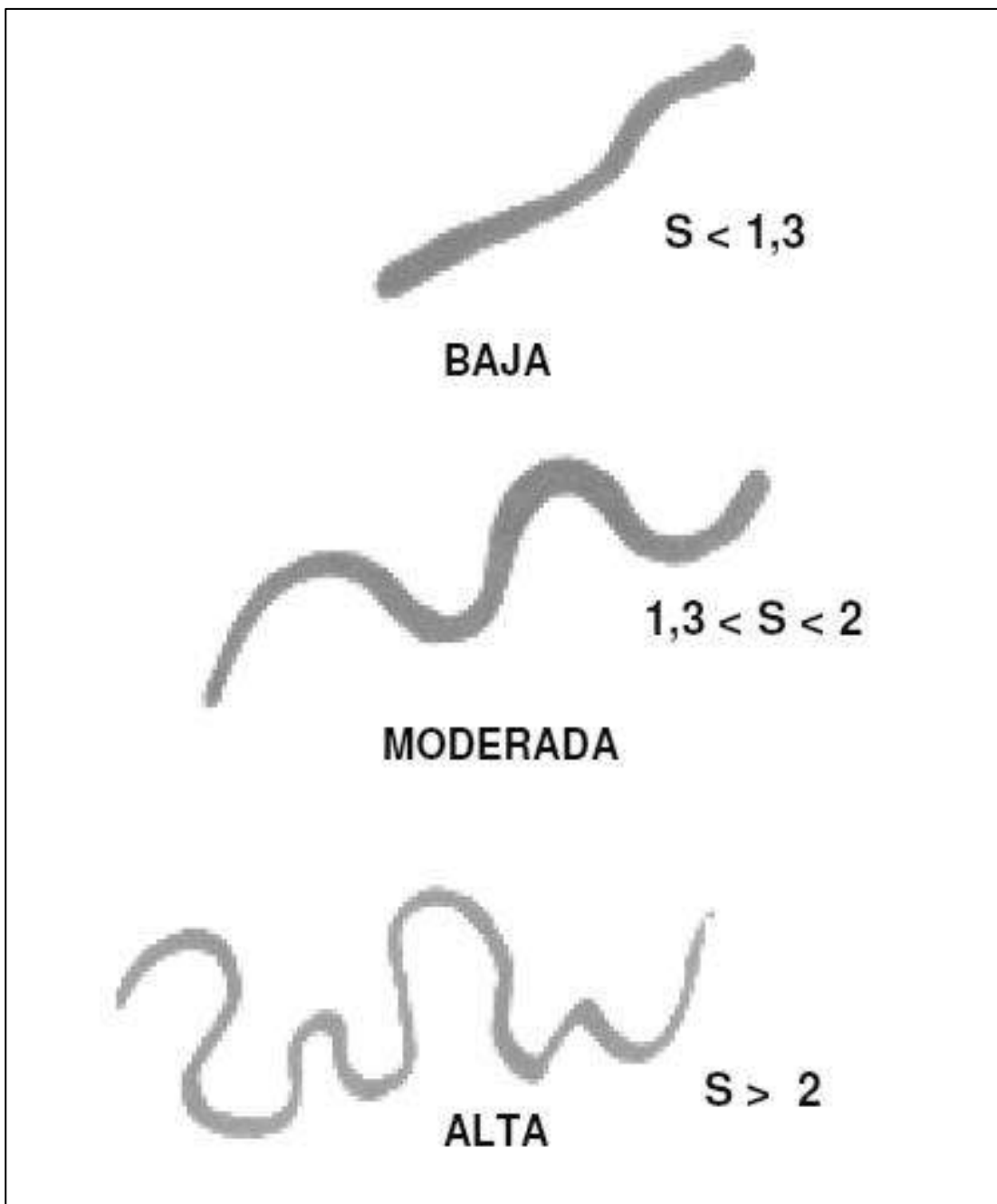
L_{vR}: Longitud de inicio y fin del tramo del valle.

S_R: Sinuosidad del río.

LR: Longitud del río.

$$S_v = \frac{21.17}{19.85} = 1.0665$$

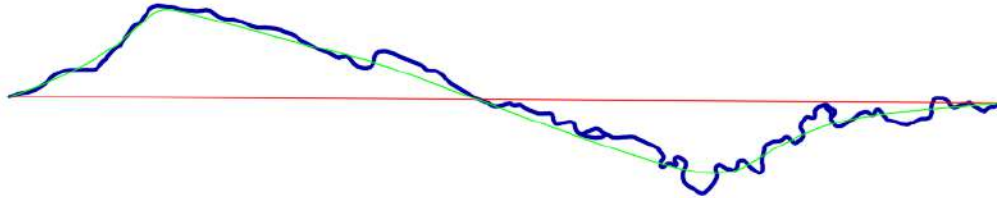
$$S_r = \frac{25.62}{19.85} \times \frac{1}{1.0665} = 1.210$$



Interpretación: El Río es de Sinuosidad Baja: Esto representa que el tramo evaluado es un cauce de fase media y un río en la fase de madures ya que estamos muy cerca a la desembocadura, para el cual el rio tiende a la formación de pequeños meandros.

IMAGEN:

AÑO 2016



LEYENDA

LONGITUD DEL RIO 2016 = 27.15 KM
LONGITUD DEL VALLE = 22.08 KM
LONGITUD DEL VALLE RECTO 20.78 KM

$$Sv = \frac{Lv}{LvR} \quad \text{Ecuación 6: Sinuosidad del valle}$$

$$SR = \left(\frac{LR}{LvR} \right) \times \frac{1}{Sv} \quad \text{Ecuación 7: Sinuosidad del río}$$

Donde:

Sv: Sinuosidad del valle.

Lv: Longitud del eje del valle.

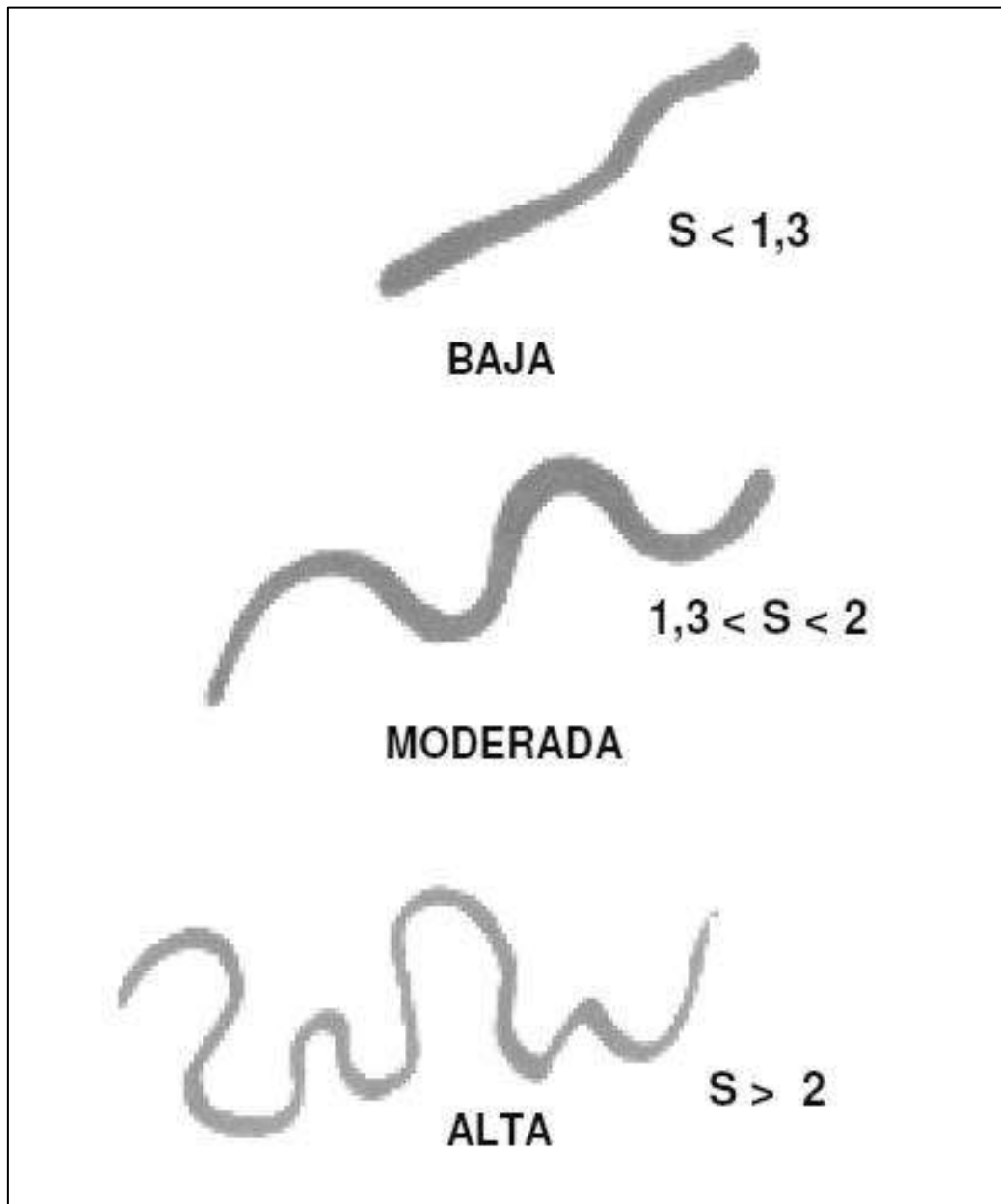
LvR: Longitud de inicio y fin del tramo del valle.

SR: Sinuosidad del río.

LR: Longitud del río.

$$Sv = \frac{22.08}{20.78} = 1.0626$$

$$Sr = \frac{27.15}{20.78} \times \frac{1}{1.0626} = 1.230$$



Interpretación: El Río es de Sinuosidad Baja: Esto representa que el tramo evaluado es un cauce de fase media y un río en la fase de madures ya que estamos muy cerca a la desembocadura, para el cual el rio tiende a la formación de pequeños meandros.



LEYENDA

LONGITUD DEL RIO 2019 = 29.35 KM

LONGITUD DEL VALLE = 24.31 KM

LONGITUD DEL VALLE RECTO 22.83 KM

$$S_v = \frac{L_v}{L_{vR}}$$

Ecuación 6: Sinuosidad del valle

$$S_R = \left(\frac{LR}{L_{vR}} \right) \times \frac{1}{S_v}$$

Ecuación 7: Sinuosidad del río

Donde:

S_v: Sinuosidad del valle.

L_v: Longitud del eje del valle.

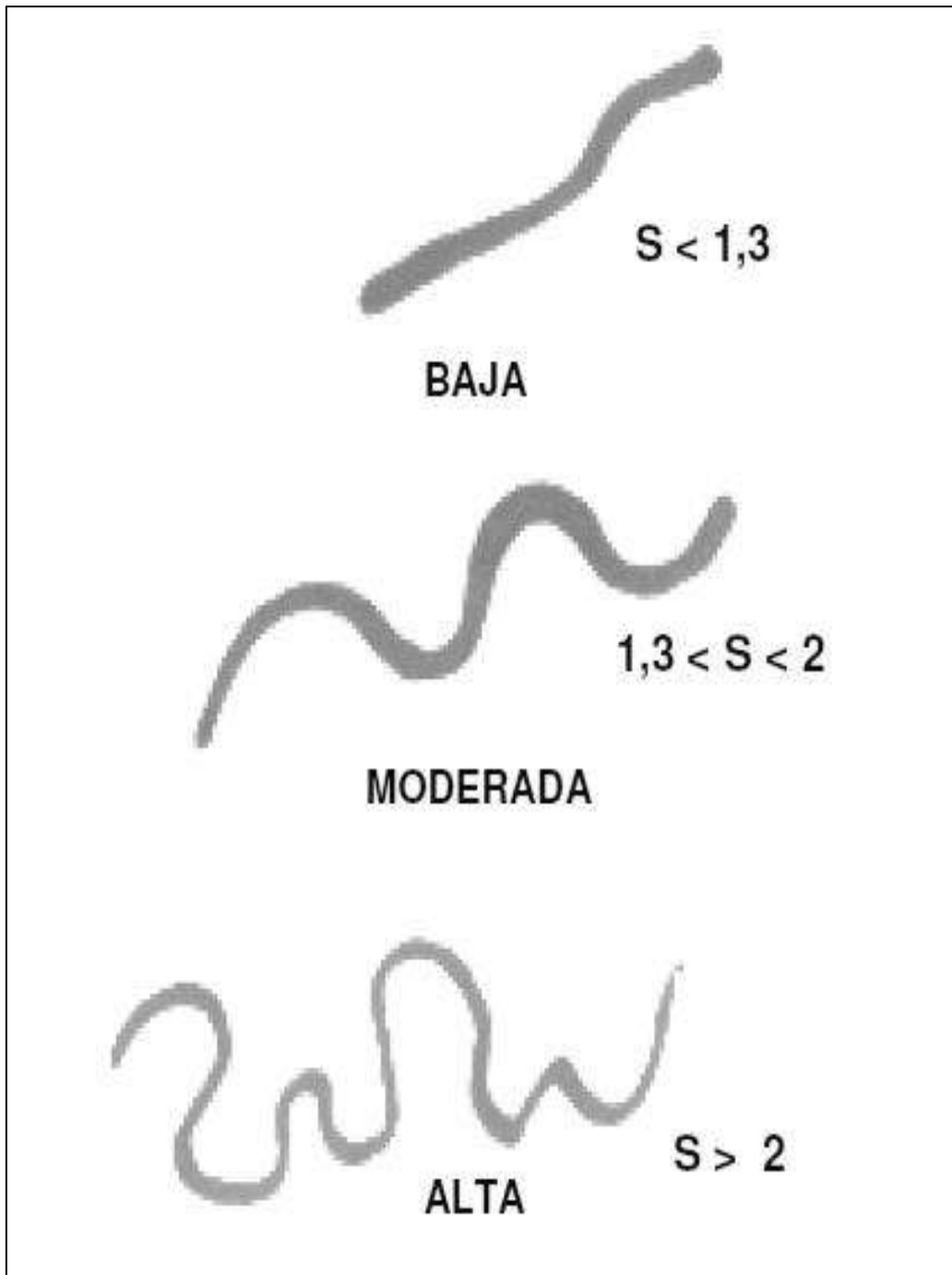
L_{vR}: Longitud de inicio y fin del tramo del valle.

S_R: Sinuosidad del río.

LR: Longitud del río.

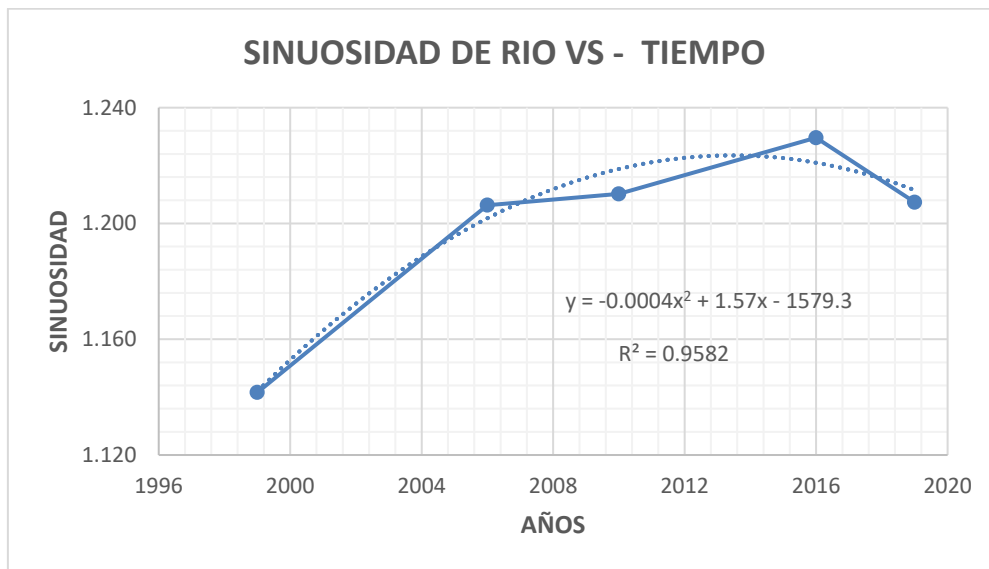
$$S_v = \frac{24.31}{22.83} = 1.0648$$

$$S_r = \frac{29.35}{22.83} \times \frac{1}{1.0648} = 1.207$$



Interpretación: El Río es de Sinuosidad Baja: Esto representa que el tramo evaluado es un cauce de fase media y un río en la fase de madures ya que estamos muy cerca a la desembocadura, para el cual el rio tiende a la formación de pequeños meandros.

AÑO	SINUOSIDAD DEL RÍO
1999	1.142
2006	1.206
2010	1.210
2016	1.230
2019	1.207

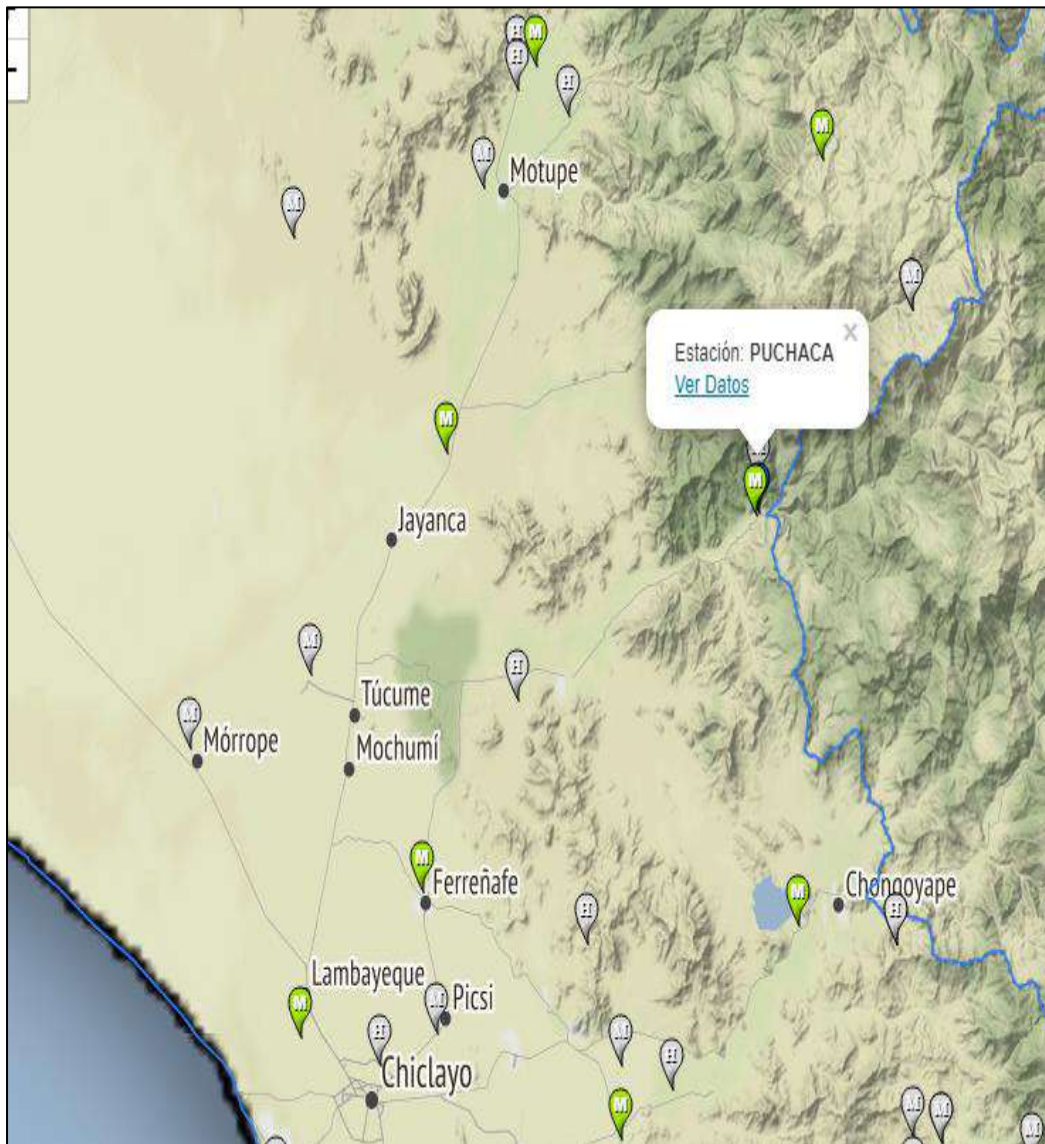


Interpretación: Se puede apreciar en la figura que la sinuosidad del río es cambiante a medida que los años van cambiando puede que a cierta cantidad de años aumente y entro periodo disminuya por el simple hecho de que un río por su condición natural es susceptible a erosionarse por lo tanto este va a sufrir cambios en su alineamiento para una cierta cantidad de años.

- Estimar el caudal dominante de Río, modelando hidráulicamente en HEC-RAS V.5.0.6. un tramo crítico a fin de obtener las llanuras de inundación.

Se logro obtener el registro histórico hidrométrico para 58 años a través del ANA (Autoridad Nacional del Agua) de la estación hidrométrica Puchaca.

Fig. 32. Ubicación de estación hidrométrica.



a) Caudal máximo y mínimo

A continuación, se detalla la Tabla X:

Tabla X
Caudales máximo y mínimo

AÑO	CAUDALES PROMEDIOS											
	MESES											
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1961	5.263	10.193	37.221	35.120	13.107	5.667	1.526	1.088	12.911	6.038	3.844	14.835
1962	8.419	41.801	27.522	38.336	15.047	5.222	1.255	2.896	7.520	2.891	12.036	8.177
1963	2.931	3.101	27.202	10.377	5.318	6.440	3.103	0.668	0.253	10.202	6.299	15.263
1964	23.114	10.788	25.125	18.625	6.291	4.682	5.953	14.120	7.393	38.475	24.452	5.800
1965	6.498	23.451	32.375	55.875	10.758	10.531	15.691	7.750	16.247	7.311	21.900	34.220
1966	30.125	13.225	9.947	14.776	34.525	2.229	1.664	7.608	9.287	24.544	7.292	6.055
1967	34.750	31.250	27.707	26.495	4.605	2.914	17.411	5.570	6.492	15.908	5.766	17.829
1968	17.136	3.908	8.138	22.357	7.056	0.570	12.758	8.611	11.257	26.588	11.245	1.987
1969	29.500	23.294	55.125	29.165	22.962	10.713	2.315	12.848	8.404	3.081	12.641	19.654
1970	30.750	12.561	44.867	25.256	28.358	27.350	10.313	5.075	11.471	48.212	30.733	29.666
1971	21.238	18.870	121.250	92.375	22.647	10.827	7.504	15.342	11.652	20.647	21.622	19.065
1972	42.875	36.925	141.312	62.312	11.692	14.220	30.293	13.968	20.129	2.777	6.131	20.291
1973	26.002	105.200	63.450	58.937	17.998	13.260	11.100	11.729	28.363	6.234	15.573	8.620
1974	23.958	38.865	18.349	14.342	9.397	10.125	21.312	9.083	11.932	22.195	11.168	58.216
1975	40.810	30.980	210.131	29.036	11.468	17.604	10.304	15.210	13.947	16.302	23.007	1.686
1976	41.906	47.002	24.970	34.272	19.080	43.523	9.465	11.155	6.915	1.028	1.894	13.239
1977	18.754	40.414	72.299	28.171	15.363	31.663	6.402	3.338	11.901	8.728	9.491	6.694
1978	14.091	14.417	68.725	12.510	13.015	8.844	21.133	10.965	9.326	14.762	24.212	13.780
1979	17.138	10.780	48.401	19.105	6.649	7.612	1.754	2.056	9.279	4.172	0.584	2.403
1980	9.895	6.345	31.550	17.750	11.054	2.410	4.395	2.586	0.634	34.346	14.978	13.641
1981	1.995	30.998	34.835	47.313	3.685	16.547	7.224	4.348	0.639	12.163	5.325	13.783
1982	5.821	5.651	8.636	24.824	6.673	4.790	6.278	1.501	7.582	9.572	7.773	18.980

1983	77.292	46.250	122.500	120.937	215.813	13.475	7.693	4.596	5.202	20.771	10.142	8.738
1984	2.539	92.216	114.538	11.135	13.131	18.793	5.921	10.338	3.471	27.291	6.500	8.468
1985	4.134	20.831	28.938	5.763	15.570	10.725	3.800	6.775	12.988	40.875	0.424	13.472
1986	21.750	5.252	20.743	31.997	14.103	1.777	3.331	9.791	1.024	5.564	13.979	10.413
1987	17.648	20.592	49.077	12.625	8.153	0.798	4.956	4.311	1.408	3.103	2.656	6.700
1988	9.009	10.709	16.447	27.075	11.350	1.906	0.347	0.380	2.538	9.263	13.863	3.772
1989	13.781	58.438	59.031	23.425	6.300	14.081	2.081	1.134	3.003	4.325	1.075	0.398
1990	13.850	14.494	22.288	8.531	4.981	20.544	9.350	0.444	1.084	30.911	18.525	9.438
1991	10.500	40.494	14.272	15.519	6.975	1.088	0.840	0.233	0.500	0.783	2.994	2.971
1992	15.675	21.338	26.950	58.131	4.100	7.594	2.591	3.184	2.730	5.512	5.409	10.101
1993	3.255	12.184	53.306	30.038	6.456	2.806	1.453	2.054	3.181	5.000	3.313	5.413
1994	5.981	14.000	51.781	17.256	7.813	3.447	3.006	1.906	4.238	2.353	14.454	18.306
1995	23.450	23.163	5.672	4.688	5.963	0.844	5.141	0.398	0.729	1.134	3.625	14.688
1996	21.000	8.944	4.475	4.013	1.488	7.625	11.125	1.936	0.850	13.094	8.375	3.388
1997	1.219	21.000	15.069	9.700	5.000	1.163	0.944	1.172	0.731	1.100	7.063	18.250
1998	14.125	6.488	2.650	431.250	579.750	400.000	297.500	99.500	15.375	11.281	24.088	3.381
1999	19.625	62.375	54.125	28.875	44.000	9.800	14.938	2.800	5.619	5.275	3.838	19.513
2000	1.306	22.625	155.000	30.125	10.644	10.438	3.925	31.000	4.075	2.619	0.406	63.125
2001	28.313	91.250	500.000	38.188	15.000	53.175	15.013	1.000	12.463	9.363	13.688	16.500
2002	14.250	58.688	117.500	301.875	17.875	3.719	5.656	2.694	0.575	12.250	19.275	16.175
2003	9.750	105.250	9.590	5.363	20.625	15.775	1.706	0.656	0.881	1.044	2.775	9.438
2004	10.425	2.519	19.969	19.250	5.575	1.794	12.713	0.666	5.691	15.156	9.750	20.000
2005	3.713	40.000	40.000	13.650	1.300	1.700	0.794	0.150	0.080	5.838	4.775	2.925
2006	9.913	27.625	93.250	33.188	5.050	9.938	4.500	2.313	0.200	2.613	22.813	4.594
2007	20.250	8.038	20.250	7.250	9.150	0.887	1.400	3.363	2.125	13.850	20.813	6.781
2008	18.500	147.500	96.250	119.500	7.844	7.850	6.438	9.594	6.925	12.594	8.300	5.863
2009	39.125	42.125	63.250	24.688	18.875	1.606	10.688	7.125	6.906	10.706	14.550	27.375
2010	13.625	66.563	30.375	43.188	11.825	4.081	1.488	0.481	3.506	7.369	0.750	13.438
2011	12.813	19.188	6.781	34.375	23.750	7.231	10.925	1.575	9.844	6.313	8.781	25.063

2012	23.250	47.938	56.875	36.188	14.438	8.656	5.313	1.000	0.500	18.125	10.281	11.188
2013	25.000	18.313	31.375	15.313	23.125	12.350	8.000	2.425	0.500	18.125	10.281	11.188
2014	9.125	9.125	32.375	9.625	15.250	11.063	2.575	8.688	3.725	8.813	25.350	11.875
2015	23.500	15.938	93.750	23.563	17.625	7.813	5.125	3.875	0.381	1.523	13.125	11.813
2016	9.400	22.000	26.500	33.625	10.063	5.500	4.575	1.000	0.160	0.788	0.400	4.313
2017	13.375	38.875	92.500	50.625	30.625	12.000	12.000	10.250	3.813	10.375	4.875	8.875
2018	2.658	2.655	2.833	2.400	2.765	2.215	2.165	2.295	2.060	2.123	2.678	2.680
MÁXIMO	77.292	147.500	500.000	431.250	579.750	400.000	297.500	99.500	28.363	48.212	30.733	63.125
MÍNIMO	1.219	2.519	2.650	2.400	1.300	0.570	0.347	0.150	0.080	0.783	0.400	0.398
PROMEDIO	17.519	31.466	56.714	41.384	26.019	16.414	12.055	7.045	6.080	11.783	10.551	13.354

Nota: En la Tabla X se observa que el caudal máximo para el registro histórico de 1961 al 2016 es de 579.75 m³/s para el mes de mayo y el mínimo 0.08 m³/s es para el mes de septiembre.

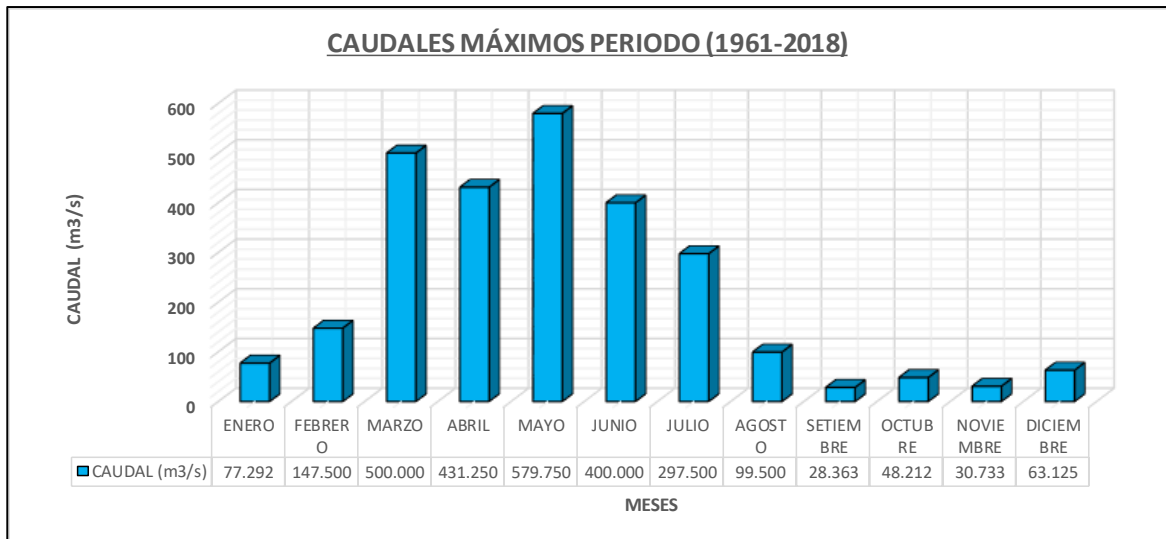


Fig. 33. Caudales Máximos

Nota: En la Figura 34 se puede apreciar que los meses donde se producen las mayores descargas son marzo, abril, mayo, junio y julio; los meses restantes la cantidad de descarga es demasiado baja.

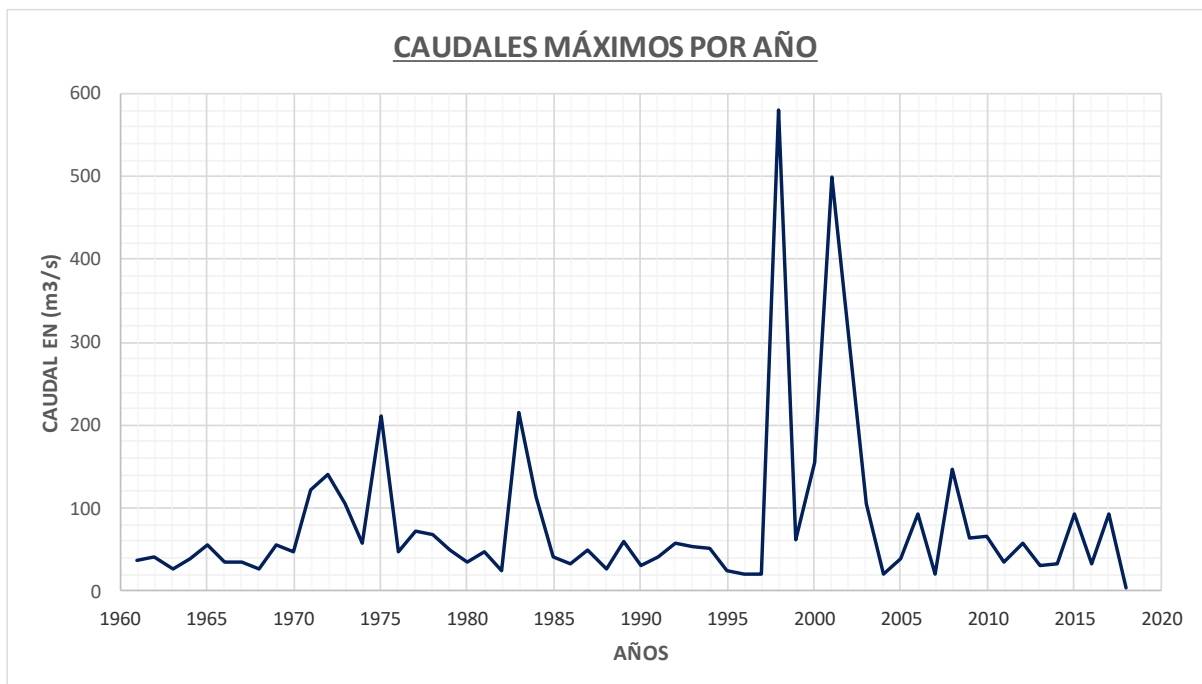


Fig. 34. Caudales Máximos por Año.

Nota: En la Figura 35 se puede apreciar las máximas descargas se han producido en el año 1975, 1983, 1998 y el 2002.

Tabla XI

Caudales máximos - Solución Método Gumbel

AÑO	Q (litros/seg)	Q (m3/seg)	Q²(M3/S)
1961	37221.00	37.22	1385.40
1962	41801.00	41.80	1747.32
1963	27202.00	27.20	739.95
1964	38475.00	38.48	1480.33
1965	55875.00	55.88	3122.02
1966	34525.00	34.53	1191.98
1967	34750.00	34.75	1207.56
1968	26588.00	26.59	706.92
1969	55125.00	55.13	3038.77
1970	48212.00	48.21	2324.40
1971	121250.00	121.25	14701.56
1972	141312.00	141.31	19969.08
1973	105200.00	105.20	11067.04
1974	58216.00	58.22	3389.10
1975	210131.00	210.13	44155.04
1976	47002.00	47.00	2209.19
1977	72299.00	72.30	5227.15
1978	68725.00	68.73	4723.13
1979	48401.00	48.40	2342.66
1980	34346.00	34.35	1179.65
1981	47313.00	47.31	2238.52
1982	24824.00	24.82	616.23

1983	215813.00	215.81	46575.25
1984	114538.00	114.54	13118.95
1985	40875.00	40.88	1670.77
1986	31997.00	32.00	1023.81
1987	49077.00	49.08	2408.55
1988	27075.00	27.08	733.06
1989	59031.00	59.03	3484.66
1990	30911.00	30.91	955.49
1991	40494.00	40.49	1639.76
1992	58131.00	58.13	3379.21
1993	53306.00	53.31	2841.53
1994	51781.00	51.78	2681.27
1995	23450.00	23.45	549.90
1996	21000.00	21.00	441.00
1997	21000.00	21.00	441.00
1998	579750.00	579.75	336110.06
1999	62375.00	62.38	3890.64
2000	155000.00	155.00	24025.00
2001	500000.00	500.00	250000.00
2002	301875.00	301.88	91128.52
2003	105250.00	105.25	11077.56
2004	20000.00	20.00	400.00
2005	40000.00	40.00	1600.00
2006	93250.00	93.25	8695.56
2007	20813.00	20.81	433.18
2008	147500.00	147.50	21756.25

2009	63250.00	63.25	4000.56
2010	66563.00	66.56	4430.63
2011	34375.00	34.38	1181.64
2012	56875.00	56.88	3234.77
2013	31375.00	31.38	984.39
2014	32375.00	32.38	1048.14
2015	93750.00	93.75	8789.06
2016	33625.00	33.63	1130.64
2017	92500.00	92.50	8556.25
2018	2832.50	2.83	8.02
SUMATORIA	4750606	4750.61	993188.08

1) Cálculo del caudal promedio

Qm	81.91	m3/s.	Qm²	6708.76
-----------	--------------	--------------	-----------------------	----------------

2) Cálculo de la Desviación estandar de los caudales. σ_Q

$$\sigma_Q = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N Q_i^2 - N Q_m^2}{N - 1}}$$

N	58
----------	-----------

$\sigma_Q =$	102.95
--------------------------------	---------------

3) Cálculo de los coeficientes σ_N , Y_N

Tabla 6.13 Valores de \bar{Y}_N y σ_N en función de N

N	\bar{Y}_N	σ_N	N	\bar{Y}_N	σ_N
8	0.4843	0.9043	49	0.5481	1.1590
9	0.4902	0.9288	50	0.54854	1.16066
10	0.4952	0.9497	51	0.5489	1.1623
11	0.4996	0.9676	52	0.5493	1.1638
12	0.5053	0.9833	53	0.5497	1.1653
13	0.5070	0.9972	54	0.5501	1.1667
14	0.5100	1.0095	55	0.5504	1.1681
15	0.5128	1.02057	56	0.5508	1.1696
16	0.5157	1.0316	57	0.5511	1.1708
17	0.5181	1.0411	58	0.5515	1.1721
18	0.5202	1.0493	59	0.5518	1.1734
19	0.5220	1.0566	60	0.55208	1.17467
20	0.52355	1.06283	62	0.5527	1.1770
21	0.5252	1.0696	64	0.5533	1.1793
22	0.5268	1.0754	66	0.5538	1.1814
23	0.5283	1.0811	68	0.5543	1.1834
24	0.5296	1.0864	70	0.55477	1.18536
25	0.53086	1.09145	72	0.5552	1.1873
26	0.5320	1.0961	74	0.5557	1.1890
27	0.5332	1.1004	76	0.5561	1.1906
28	0.5343	1.1047	78	0.5565	1.1923
29	0.5353	1.1086	80	0.55688	1.19382
30	0.53622	1.11238	82	0.5572	1.1953
31	0.5371	1.1159	84	0.5576	1.1967
32	0.5380	1.1193	86	0.5580	1.1980
33	0.5388	1.1226	88	0.5583	1.1994
34	0.5396	1.1255	90	0.55860	1.20073
35	0.54034	1.12847	92	0.5589	1.2020
36	0.5410	1.1313	94	0.5592	1.2032
37	0.5418	1.1339	96	0.5595	1.2044
38	0.5424	1.1363	98	0.5598	1.2055
39	0.5430	1.1388	100	0.56002	1.20649
40	0.54362	1.14132	150	0.56461	1.22534
41	0.5442	1.1436	200	0.56715	1.23598

De la tabla 6.13 Para

σ_N	1.1721
Y_N	0.5515

4) Cálculo del Caudal Máximo

$$Q_{max} = Q_m - \frac{\sigma_Q}{\sigma_N} (\bar{Y}_N - \ln T)$$

Para:

T=	2	Qmax	94.35	m ³ /s
T=	5	Qmax	174.83	m ³ /s
T=	10	Qmax	235.71	m ³ /s
T=	20	Qmax	296.59	m ³ /s
T=	25	Qmax	316.18	m ³ /s
T=	50	Qmax	377.06	m ³ /s
T=	75	Qmax	412.68	m ³ /s
T=	100	Qmax	437.94	m ³ /s

5) Cálculo de ϕ

$$\phi = 1 - 1/T$$

T=	2	ϕ =	0.50
T=	5	ϕ =	0.80
T=	10	ϕ =	0.90
T=	20	ϕ =	0.95
T=	25	ϕ =	0.96
T=	50	ϕ =	0.98
T=	75	ϕ =	0.99
T=	100	ϕ =	0.99

6) Cálculo del intervalo de confianza. Como en algunos casos vemos que ϕ es mayor que 0.90, y en otros están entre 0.2 y 0.8 Utilizaremos las ecuaciones correspondientes a cada caso ecuación:

$$\Delta Q = \pm \sqrt{Na} \sigma_m \frac{\sigma_Q}{\sigma_N \sqrt{N}}$$

$$\Delta Q = \pm \frac{1.14 \sigma_Q}{\sigma_N}$$

ΔQ =	16.64	m ³ /s
ΔQ =	25.84	m ³ /s
ΔQ =	100.13	m ³ /s

7) Cálculo del caudal de diseño.

$$Q_d = Q_{max} + \Delta Q \dots 5$$

Para:

T=	2	Qd=	110.99	m ³ /s
T=	5	Qd=	200.67	m ³ /s
T=	10	Qd=	335.83	m ³ /s
T=	20	Qd=	396.71	m ³ /s
T=	25	Qd=	416.31	m ³ /s
T=	50	Qd=	477.19	m ³ /s
T=	75	Qd=	512.80	m ³ /s
T=	100	Qd=	538.07	m ³ /s

Tabla XII

Caudal máximo - Solución Método de Nash

$$Q_{max} = a + b \log \log \frac{T}{T+1}$$

$$T = (1 + m)/n$$

$$X = \log \frac{T}{T-1}$$

m (1)	Q (m3/seg) (2)	T (3)	T/(T-1) (4)	X (5)	Q*X (6)	Q ² (7)	X ² (8)
1	579.75	59.0000	1.0172	-2.1294	-1234.50	336110.06	4.5342
2	500.00	29.5000	1.0351	-1.8246	-912.29	250000.00	3.3291
3	301.88	19.6667	1.0536	-1.6447	-496.48	91128.52	2.7049
4	215.81	14.7500	1.0727	-1.5159	-327.14	46575.25	2.2978
5	215.81	11.8000	1.0926	-1.4150	-305.38	46575.25	2.0023
6	210.13	9.8333	1.1132	-1.3318	-279.86	44155.04	1.7738
7	155.00	8.4286	1.1346	-1.2608	-195.43	24025.00	1.5897
8	147.50	7.3750	1.1569	-1.1987	-176.81	21756.25	1.4369
9	141.31	6.5556	1.1800	-1.1434	-161.57	19969.08	1.3073
10	121.25	5.9000	1.2041	-1.0934	-132.57	14701.56	1.1954
11	114.54	5.3636	1.2292	-1.0476	-119.99	13118.95	1.0975
12	114.54	4.9167	1.2553	-1.0054	-115.16	13118.95	1.0109
13	105.25	4.5385	1.2826	-0.9662	-101.69	11077.56	0.9335
14	105.20	4.2143	1.3111	-0.9294	-97.78	11067.04	0.8639
15	93.25	3.9333	1.3409	-0.8948	-83.44	8695.56	0.8007
16	72.30	3.6875	1.3721	-0.8621	-62.33	5227.15	0.7432
17	68.73	3.4706	1.4048	-0.8309	-57.10	4723.13	0.6904
18	66.56	3.2778	1.4390	-0.8012	-53.33	4430.63	0.6419
19	63.25	3.1053	1.4750	-0.7726	-48.87	4000.56	0.5970
20	62.38	2.9500	1.5128	-0.7452	-46.48	3890.64	0.5554
21	59.03	2.8095	1.5526	-0.7188	-42.43	3484.66	0.5167
22	58.22	2.6818	1.5946	-0.6933	-40.36	3389.10	0.4806

23	58.13	2.5652	1.6389	-0.6685	-38.86	3379.21	0.4469
24	55.88	2.4583	1.6857	-0.6444	-36.01	3122.02	0.4152
25	55.13	2.3600	1.7353	-0.6209	-34.23	3038.77	0.3855
26	53.31	2.2692	1.7879	-0.5980	-31.88	2841.53	0.3576
27	51.78	2.1852	1.8438	-0.5756	-29.81	2681.27	0.3313
28	49.08	2.1071	1.9032	-0.5536	-27.17	2408.55	0.3065
29	48.40	2.0345	1.9667	-0.5321	-25.75	2342.66	0.2831
30	48.40	1.9667	2.0345	-0.5108	-24.72	2342.66	0.2609
31	48.21	1.9032	2.1071	-0.4899	-23.62	2324.40	0.2400
32	47.31	1.8438	2.1852	-0.4692	-22.20	2238.52	0.2201
33	47.31	1.7879	2.2692	-0.4487	-21.23	2238.52	0.2013
34	47.00	1.7353	2.3600	-0.4284	-20.14	2209.19	0.1835
35	41.80	1.6857	2.4583	-0.4082	-17.06	1747.32	0.1666
36	40.88	1.6389	2.5652	-0.3881	-15.87	1670.77	0.1507
37	40.88	1.5946	2.6818	-0.3681	-15.05	1670.77	0.1355
38	40.49	1.5526	2.8095	-0.3481	-14.10	1639.76	0.1212
39	40.00	1.5128	2.9500	-0.3281	-13.12	1600.00	0.1076
40	38.48	1.4750	3.1053	-0.3079	-11.85	1480.33	0.0948
41	37.22	1.4390	3.2778	-0.2877	-10.71	1385.40	0.0828
42	34.75	1.4048	3.4706	-0.2673	-9.29	1207.56	0.0714
43	34.53	1.3721	3.6875	-0.2466	-8.51	1191.98	0.0608
44	34.35	1.3409	3.9333	-0.2257	-7.75	1179.65	0.0509
45	34.35	1.3111	4.2143	-0.2043	-7.02	1179.65	0.0417
46	32.00	1.2826	4.5385	-0.1825	-5.84	1023.81	0.0333
47	32.00	1.2553	4.9167	-0.1601	-5.12	1023.81	0.0256
48	30.91	1.2292	5.3636	-0.1370	-4.23	955.49	0.0188
49	27.20	1.2041	5.9000	-0.1130	-3.07	739.95	0.0128
50	27.08	1.1800	6.5556	-0.0880	-2.38	733.06	0.0077
51	26.59	1.1569	7.3750	-0.0616	-1.64	706.92	0.0038
52	24.82	1.1346	8.4286	-0.0335	-0.83	616.23	0.0011
53	24.82	1.1132	9.8333	-0.0032	-0.08	616.23	0.0000

54	23.45	1.0926	11.8000	0.0301	0.71	549.90	0.0009
55	21.00	1.0727	14.7500	0.0677	1.42	441.00	0.0046
56	21.00	1.0536	19.6667	0.1118	2.35	441.00	0.0125
57	20.81	1.0351	29.5000	0.1673	3.48	433.18	0.0280
58	20.00	1.0172	59.0000	0.2482	4.96	400.00	0.0616
SUMATORIA	4931.01			-34.8992	-5567.20	1037021	36.0300

3.- Calculo del Qm y Xm

$$Q_m = \sum_{i=1}^N \frac{Q_i}{N} \quad X_m = \sum_{i=1}^N \frac{X_i}{N}$$

Qm=	85.02	m3/s.
Xm=	-0.6980	

4.- Calculo de los Parametros a y b;

$$b = \frac{\sum_{i=1}^N X_i Q_i - N X_m Q_m}{\sum_{i=1}^N X_i^2 - N X_m^2} \quad a = Q_m - b X_m$$

b=	-222.79
a=	-70.49

5.- Calculo del Caudal Maximo.

$$Q_{max} = a + b \log \log \frac{T}{T+1}$$

T=	2	años	Qmax=	45.6741	m3/s.
T=	5	años	Qmax=	155.3405	m3/s.
T=	10	años	Qmax=	227.9491	m3/s.
T=	20	años	Qmax=	297.5971	m3/s.
T=	25	años	Qmax=	319.6904	m3/s.
T=	50	años	Qmax=	387.7492	m3/s.
T=	75	años	Qmax=	427.3077	m3/s.
T=	100	años	Qmax=	455.3056	m3/s.

6.- Calculo de las desviaciones estandar y covarianza

$$S_{xx} = N \sum x_i^2 - \left(\sum x_i \right)^2 \quad S_{qq} = N \sum Q_i^2 - \left(\sum Q_i \right)^2$$

$$S_{xq} = N \sum Q_i x_i - \left(\sum Q_i \right) \left(\sum x_i \right)$$

Sxx=	583.5475
Sqq=	27536239.52
Sxq=	-106272.1884

7.- Calculo del Intervalo de Confianza

$$\Delta Q = \pm 2 \sqrt{\frac{S_{qq}}{N^2(N-1)} + (X - X_m)^2 \frac{1}{N-2} * \frac{1}{S_{xx}} \left(S_{qq} - \frac{S_{xq}^2}{S_{xx}} \right)} \quad X = \log \log \frac{T}{T-1}$$

El valor de X se calcula para cada periodo de retorno

T=	2	años	X=	-0.5214
T=	5	años	X=	-1.0136
T=	10	años	X=	-1.3395
T=	20	años	X=	-1.6522
T=	25	años	X=	-1.7513
T=	50	años	X=	-2.0568
T=	75	años	X=	-2.2344
T=	100	años	X=	-2.3600

T=	2	años	ΔQ=	37.2570	m3/s.
T=	5	años	ΔQ=	38.5554	m3/s.
T=	10	años	ΔQ=	43.9906	m3/s.
T=	20	años	ΔQ=	51.5034	m3/s.
T=	25	años	ΔQ=	54.2117	m3/s.
T=	50	años	ΔQ=	63.2350	m3/s.
T=	75	años	ΔQ=	68.8330	m3/s.
T=	100	años	ΔQ=	72.9112	m3/s.

8.- Calculo del Caudal de Diseño

$$Q_d = Q_{max} + \Delta Q$$

T=	2	años	Qd=	82.93	m3/s.
T=	5	años	Qd=	193.90	m3/s.
T=	10	años	Qd=	271.94	m3/s.
T=	20	años	Qd=	349.10	m3/s.
T=	25	años	Qd=	373.90	m3/s.
T=	50	años	Qd=	450.98	m3/s.
T=	75	años	Qd=	496.14	m3/s.
T=	100	años	Qd=	528.22	m3/s.

Tabla XIII

Caudales máximos - Solución Método de Lebediev

1.- Obtención del Caudal Medio

Qm=	81.91	m3/seg
------------	--------------	---------------

$$Q_m = \sum_{i=1}^N \frac{Q_i}{N}$$

2.- Calculos Previous

AÑO	CAUDAL (m3/seg)	$\frac{Q}{Q_m} - 1$	$\left(\frac{Q}{Q_m} - 1\right)^2$	$\left(\frac{Q}{Q_m} - 1\right)^3$
1961	37.22	-0.5456	0.2976	-0.1624
1962	41.80	-0.4897	0.2398	-0.1174
1963	27.20	-0.6679	0.4461	-0.2979
1964	38.48	-0.5303	0.2812	-0.1491
1965	55.88	-0.3178	0.1010	-0.0321
1966	34.53	-0.5785	0.3346	-0.1936
1967	34.75	-0.5757	0.3315	-0.1908
1968	26.59	-0.6754	0.4561	-0.3081
1969	55.13	-0.3270	0.1069	-0.0350
1970	48.21	-0.4114	0.1692	-0.0696
1971	121.25	0.4803	0.2307	0.1108
1972	141.31	0.7253	0.5260	0.3815
1973	105.20	0.2844	0.0809	0.0230
1974	58.22	-0.2892	0.0837	-0.0242
1975	210.13	1.5655	2.4507	3.8366
1976	47.00	-0.4262	0.1816	-0.0774
1977	72.30	-0.1173	0.0138	-0.0016
1978	68.73	-0.1609	0.0259	-0.0042
1979	48.40	-0.4091	0.1673	-0.0685
1980	34.35	-0.5807	0.3372	-0.1958

1981	47.31	-0.4224	0.1784	-0.0753
1982	24.82	-0.6969	0.4857	-0.3385
1983	215.81	1.6349	2.6727	4.3696
1984	114.54	0.3984	0.1587	0.0632
1985	40.88	-0.5010	0.2510	-0.1257
1986	32.00	-0.6093	0.3713	-0.2263
1987	49.08	-0.4008	0.1607	-0.0644
1988	27.08	-0.6694	0.4482	-0.3000
1989	59.03	-0.2793	0.0780	-0.0218
1990	30.91	-0.6226	0.3876	-0.2413
1991	40.49	-0.5056	0.2556	-0.1293
1992	58.13	-0.2903	0.0843	-0.0245
1993	53.31	-0.3492	0.1219	-0.0426
1994	51.78	-0.3678	0.1353	-0.0498
1995	23.45	-0.7137	0.5094	-0.3635
1996	21.00	-0.7436	0.5530	-0.4112
1997	21.00	-0.7436	0.5530	-0.4112
1998	579.75	6.0782	36.9439	224.5507
1999	62.38	-0.2385	0.0569	-0.0136
2000	155.00	0.8924	0.7964	0.7107
2001	500.00	5.1045	26.0558	133.0013
2002	301.88	2.6856	7.2124	19.3694
2003	105.25	0.2850	0.0812	0.0231
2004	20.00	-0.7558	0.5713	-0.4318
2005	40.00	-0.5116	0.2618	-0.1339
2006	93.25	0.1385	0.0192	0.0027
2007	20.81	-0.7459	0.5564	-0.4150
2008	147.50	0.8008	0.6413	0.5136
2009	63.25	-0.2278	0.0519	-0.0118
2010	66.56	-0.1873	0.0351	-0.0066
2011	34.38	-0.5803	0.3368	-0.1954
2012	56.88	-0.3056	0.0934	-0.0285
2013	31.38	-0.6169	0.3806	-0.2348
2014	32.38	-0.6047	0.3657	-0.2212
2015	93.75	0.1446	0.0209	0.0030
2016	33.63	-0.5895	0.3475	-0.2048

2017	92.50	0.1293	0.0167	0.0022
2018	2.83	-0.9654	0.9320	-0.8998
SUMATORIA	4750.61		90.0436	379.4111
PROMEDIO	81.91			
N=	58			

3.- CaLculo del coeficiente de Variacion Cv

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N \left(\frac{Q_i}{Q_m} - 1\right)^2}{N}}$$

Cv=	1.2460
-----	--------

4.- Determinacion del Coeficiente de Asimetria Cs

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^N \left(\frac{Q_i}{Q_m} - 1\right)^3}{N C_v^3}$$

Cs=	3.3818
-----	--------

Por otra parte, Levediev recomienda tomar los siguientes valores:

- $C_s = 2C_v$ Para avenidas producidas por deshielo.
 - $C_s = 3C_v$ Para avenidas producidas por tormentas.
 - $C_s = 5C_v$ Para avenidas producidas por tormentas en cuencas ciclónicas.
- Entre estos valores y el que se obtiene de la ecuación (15), se escoge el mayor

Consideramos que las avenidas es producida por tormentas

Cs=	3.7380
-----	--------

De los dos coeficientes de asimetria se selecciona el mayor

Cs=	3.7380
-----	--------

5.- obetncion del coeficiente K

$$P = \frac{1}{T}$$

Nos vamos a la tabla con la probabilidad y coeficiente de asimetria y encontramos K

Periodo de Retorno		probabilidad	Cs	K
T=	2 años	50.00%	3.74	0
T=	5 años	20.00%	3.74	0.35
T=	10 años	10.00%	3.74	1.09
T=	20 años	5.00%	3.74	1.93
T=	25 años	4.00%	3.74	2.31
T=	50 años	2.00%	3.74	3.14
T=	75 años	1.33%	3.74	3.79
T=	100 años	1.00%	3.74	4.11

6.- Calculo de Er Coeficiente que depende del coeficiente de variacion (Cv)

Nos vamos al grafico y con la probabilidad y el Cv y encontramos el Er

Periodo de Retorno		probabilidad	Cv	Er
T=	2 años	50.00%	1.2460	0
T=	5 años	20.00%	1.2460	0
T=	10 años	10.00%	1.2460	1.15
T=	20 años	5.00%	1.2460	1.27
T=	25 años	4.00%	1.2460	1.35
T=	50 años	2.00%	1.2460	1.45
T=	75 años	1.33%	1.2460	1.49
T=	100 años	1.00%	1.2460	1.52

7.- Calculo del Caudal Maximo

$$Q_{max} = Q_m(KC_v + 1)$$

Periodo de Retorno			Qmax	unidad
T=	2	años	81.91	m3/seg
T=	5	años	117.63	m3/seg
T=	10	años	193.15	m3/seg
T=	20	años	278.87	m3/seg
T=	25	años	317.65	m3/seg
T=	50	años	402.36	m3/seg
T=	75	años	468.69	m3/seg
T=	100	años	501.35	m3/seg

8.- Calculo del Intervalo de Confianza

A=Coeficiente que varía de 0.7 a 1.5, dependiendo del número de años del registro. Cuantos más años de registro haya, menor será el valor del coeficiente. Si N es mayor de 40años, se toma el valor de 0.7.

A=	0.700
----	-------

$$\Delta Q = \pm \frac{AE_r Q_{max}}{\sqrt{N}}$$

Periodo de Retorno			ΔQ	unidad
T=	2	años	0.00	m3/seg
T=	5	años	0.00	m3/seg
T=	10	años	20.42	m3/seg
T=	20	años	32.55	m3/seg
T=	25	años	39.42	m3/seg
T=	50	años	53.62	m3/seg
T=	75	años	64.19	m3/seg
T=	100	años	70.04	m3/seg

9.- Calculo del Caudal de Diseño

$$Q_d = Q_{max} + \Delta Q$$

Periodo de Retorno			Qd	unidad
T=	2	años	81.91	m3/seg
T=	5	años	117.63	m3/seg
T=	10	años	213.56	m3/seg
T=	20	años	311.43	m3/seg
T=	25	años	357.07	m3/seg
T=	50	años	455.98	m3/seg
T=	75	años	532.88	m3/seg
T=	100	años	571.40	m3/seg

Tabla XIV
Caudal Máximo - Solución Método Log Pearson III

1.- Cálculos Previous

AÑO	CAUDAL (m3/seg)	log Q	(LogQ_i	(LogQ_i
1	579.75	2.7632	0.9973	0.9960
2	500.00	2.6990	0.8731	0.8158
3	301.88	2.4798	0.5116	0.3659
4	215.81	2.3341	0.3243	0.1847
5	215.81	2.3341	0.3243	0.1847
6	210.13	2.3225	0.3113	0.1737
7	155.00	2.1903	0.1813	0.0772
8	147.50	2.1688	0.1634	0.0660
9	141.31	2.1502	0.1487	0.0573
10	121.25	2.0837	0.1018	0.0325
11	114.54	2.0589	0.0867	0.0255
12	114.54	2.0589	0.0867	0.0255
13	105.25	2.0222	0.0664	0.0171
14	105.20	2.0220	0.0663	0.0171
15	93.25	1.9696	0.0421	0.0086
16	72.30	1.8591	0.0089	0.0008
17	68.73	1.8371	0.0053	0.0004
18	66.56	1.8232	0.0034	0.0002
19	63.25	1.8011	0.0013	0.0000
20	62.38	1.7950	0.0009	0.0000
21	59.03	1.7711	0.0000	0.0000
22	58.22	1.7650	0.0000	0.0000
23	58.13	1.7644	0.0000	0.0000
24	55.88	1.7472	0.0003	0.0000

25	55.13	1.7413	0.0005	0.0000
26	53.31	1.7268	0.0014	-0.0001
27	51.78	1.7142	0.0025	-0.0001
28	49.08	1.6909	0.0054	-0.0004
29	48.40	1.6849	0.0064	-0.0005
30	48.40	1.6849	0.0064	-0.0005
31	48.21	1.6832	0.0066	-0.0005
32	47.31	1.6750	0.0080	-0.0007
33	47.31	1.6750	0.0080	-0.0007
34	47.00	1.6721	0.0085	-0.0008
35	41.80	1.6212	0.0206	-0.0029
36	40.88	1.6115	0.0234	-0.0036
37	40.88	1.6115	0.0234	-0.0036
38	40.49	1.6074	0.0247	-0.0039
39	40.00	1.6021	0.0264	-0.0043
40	38.48	1.5852	0.0322	-0.0058
41	37.22	1.5708	0.0376	-0.0073
42	34.75	1.5410	0.0500	-0.0112
43	34.53	1.5381	0.0513	-0.0116
44	34.35	1.5359	0.0523	-0.0120
45	34.35	1.5359	0.0523	-0.0120
46	32.00	1.5051	0.0673	-0.0175
47	32.00	1.5051	0.0673	-0.0175
48	30.91	1.4901	0.0753	-0.0207
49	27.20	1.4346	0.1089	-0.0359
50	27.08	1.4326	0.1102	-0.0366
51	26.59	1.4247	0.1155	-0.0393
52	24.82	1.3949	0.1367	-0.0505
53	24.82	1.3949	0.1367	-0.0505
54	23.45	1.3701	0.1556	-0.0614

55	21.00	1.3222	0.1957	-0.0866
56	21.00	1.3222	0.1957	-0.0866
57	20.81	1.3183	0.1991	-0.0889
58	20.00	1.3010	0.2149	-0.0996
sumatoria	4931.01	102.3451	6.5324	2.2754

2.- Calculo del promedio de los logaritmos de la serie Qi, siendo:

$$\overline{\text{Log}Q} = \sum \text{Log} Q_i / N$$

N=	58	
$\overline{\text{Log}Q}$ =	1.7646	m3/seg

3.- Calculo de Desviación estándar de los logaritmos de la serie Qi, cuya fórmula es ($\sigma \text{Log} Q$)

$$\sigma \text{Log} Q = \left[\sum (\text{Log} Q_i - \overline{\text{Log}Q})^2 / (N - 1) \right]^{1/2}$$

$\sigma \text{Log} Q$ =	0.3385
-------------------------	--------

4.- Calculo del Coeficiente de sesgo (Sc)

$$Cs \text{Log} Q = \frac{N \sum (\text{Log} Q_i - \overline{\text{Log}Q})^3}{(N - 1)(N - 2)(\sigma \text{Log} Q)^3}$$

Cs logQ	1.0657
---------	--------

5.- Calculo de K (factor de frecuencia correspondiente a un T dado).

$$P = (1/T) * 100$$

Periodo de Retorno		Probabilidad	K
T=	2 años	50.00%	0.0000
T=	5 años	20.00%	0.8440
T=	10 años	10.00%	1.2850
T=	20 años	5.00%	1.5990
T=	25 años	4.00%	2.0864
T=	50 años	2.00%	2.6005
T=	75 años	1.33%	2.8441
T=	100 años	1.00%	3.0910

6.- Calculo del Caudal de Diseño

$$\text{Log}Q_T = \overline{\text{Log}Q} + K \sigma \text{Log}Q \quad Qd = \text{Log}Q_T$$

Periodo de Retorno			$\text{Log}Q_T$	Qd	unidad
T=	2	años	1.7646	58.15	m3/seg
T=	5	años	2.0503	112.28	m3/seg
T=	10	años	2.1996	158.34	m3/seg
T=	20	años	2.3059	202.25	m3/seg
T=	25	años	2.4709	295.71	m3/seg
T=	50	años	2.6449	441.49	m3/seg
T=	75	años	2.7274	533.80	m3/seg
T=	100	años	2.8110	647.08	m3/seg

DETERMINACION DEL CAUDAL PARA DISEÑO

m	T (años)	Q (m3/s)
1	59.00	579.75
2	29.50	500.00
3	19.67	301.88
4	14.75	215.81
5	11.80	215.81
6	9.83	210.13
7	8.43	155.00
8	7.38	147.50
9	6.56	141.31
10	5.90	121.25
11	5.36	114.54
12	4.92	114.54
13	4.54	105.25
14	4.21	105.20
15	3.93	93.25
16	3.69	72.30
17	3.47	68.73
18	3.28	66.56
19	3.11	63.25
20	2.95	62.38
21	2.81	59.03
22	2.68	58.22
23	2.57	58.13
24	2.46	55.88
25	2.36	55.13
26	2.27	53.31
27	2.19	51.78
28	2.11	49.08
29	2.03	48.40
30	1.97	48.40
31	1.90	48.21
32	1.84	47.31
33	1.79	47.31
34	1.74	47.00
35	1.69	41.80
36	1.64	40.88
37	1.59	40.88
38	1.55	40.49
39	1.51	40.00
40	1.48	38.48
41	1.44	37.22
42	1.40	34.75
43	1.37	34.53
44	1.34	34.35
45	1.31	34.35
46	1.28	32.00
47	1.26	32.00
48	1.23	30.91
49	1.20	27.20
50	1.18	27.08

RESULTADOS DE LOS CAUDALES DE DISEÑO DE TODOS LOS METODOS

METODO DE GUMBEL

T (años)	Qd (m3/s)
2	110.99
5	200.67
10	335.83
20	396.71
25	416.31
50	477.19
75	512.80
100	538.07

METODO DE NASH

T (años)	Qd (m3/s)
2	82.93
5	193.90
10	271.94
20	349.10
25	373.90
50	450.98
75	496.14
100	528.22

METODO DE LEVEDIEV

T (años)	Qd (m3/s)
2	81.91
5	117.63
10	213.56
20	311.43
25	357.07
50	455.98
75	532.88
100	571.40

METODO DE LOG -PEARSON III

T (años)	Qd (m3/s)
2	58.15
5	112.28
10	158.34
20	202.25
25	295.71
50	441.49
75	533.80
100	647.08

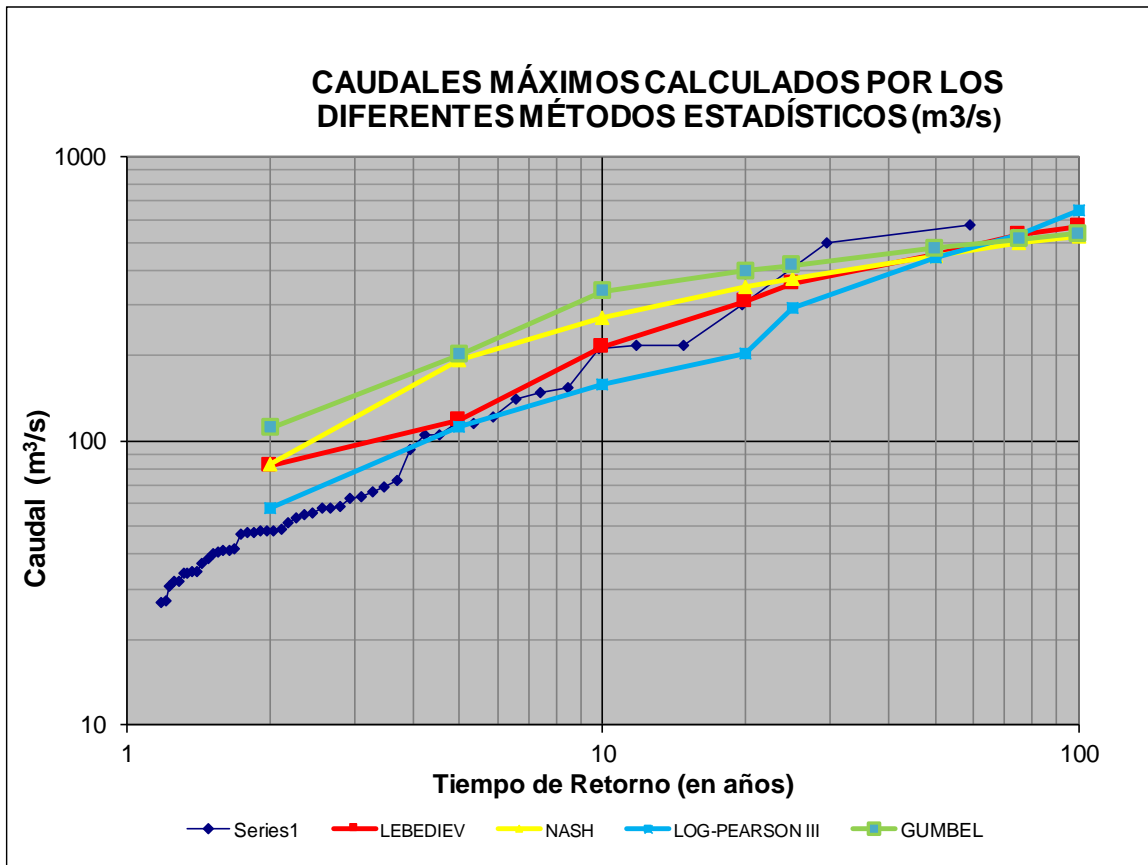


Fig. 35. Caudales máximos calculados por los diferentes métodos estadísticos.

Nota: De la Figura 36 se observa que el método estadístico que más se ajusta al registro histórico es el de Levediev el cual se utilizara el caudal de diseño por un $Tr= 50$ años equivalente a $455.98 \text{ m}^3/\text{s}$ y $571.40 \text{ m}^3/\text{s}$ para $Tr=100$ años y posteriormente habiendo realizado el modelo digital de terreno para la imagen satelital del año 2019 se obtuvo que las llanuras de inundación de la presente investigación 753.96 hectáreas (ver el mapa de inundación de la presente investigación)

3.2. Discusión

Determinar los parámetros geomorfológicos de la cuenca del río La Leche.

En base a los resultados obtenidos se puede establecer que la cuenca del Río La Leche posee características climáticas complejas; sobre todo ante sucesos como lluvias intensas, tal puede ser el caso como el Fenómeno de Niño, puesto que cuando ocurren este tipo de fenómenos las precipitaciones tienen registros extraordinarios y la población termina estando sujeta a inminentes peligros. Ahora bien, según Yousefi et al. [5] concuerda y menciona que efectivamente cuando ocurren sucesos como lluvias intensas, y en terrenos similares en base a nuestro proyecto de estudio, puede ocasionar picos altos de inundación por unidad de área de cuenca en el mundo. Asimismo, esto provocaría deslizamiento de tierra, flujos de escombros, erosión fluvial, pérdidas materiales y esencialmente la población puede verse gravemente afectada. Efectivamente las grandes cantidades de sedimentos que pueden producirse ocasionarían ajustes sistemáticos laterales y verticales del canal.

Verificar el cauce del río La Leche con diferentes imágenes satelitales durante 5 periodos históricos entre 1999, 2006, 2010, 2016 y 2019.

Como se pudo observar el proyecto se encuentra ubicado políticamente en los departamentos de la región Lambayeque y Cajamarca; en las provincias de Lambayeque Ferreñafe y Chota, y el área de interés cuenta con una superficie de 162 km². En este punto, se procedió a explicar cuáles fueron los métodos y pasos usados para la elaboración de cada uno de los vectores en formato shapefile para obtener una cartografía mediante el uso de las imágenes satelitales, y posteriormente realizar los análisis requeridos para el Río La Leche. Una vez analizado correctamente se pudo constatar que, todas las secciones transversales sufren desborde tanto en su margen izquierdo como en el derecho, así como también la altura de la superficie del agua y su línea de energía correspondiente, datos que nos sirvieron para el posterior diseño de nuestra defensa ribereña. Ahora bien, según Córdova [8] concuerda y

afirma que como el Perú es un país que siempre ha estado sometido bajo los efectos de los fenómenos naturales como son los sismos, terremotos, fuertes lluvias, inundaciones, etc. siempre terminan azotando a todo el país, puesto que provoca el aumento de caudales de los distintos ríos y hasta en algunos casos, ríos que estaban completamente secos se han vuelto a reactivar, trayendo consigo desgracias. Por ejemplo, en los años desde 1956 hasta el 2017 el Perú ha sufrido inundaciones realmente alarmantes; por lo que es necesario mejorar las condiciones del río y así evitar posibles desbordes y daños en un futuro evento climatológico.

Definir la geometría del Río La Leche en los tramos meándricos y migrantes.

Al realizar el estudio se pudo evidenciar lo siguiente: En el meandro 1 se verificó que el río posee una reducida sinuosidad, considerándose este comportamiento normal debido a la geomorfología de la zona. Seguidamente en el meandro 2 si existe una pequeña sinuosidad que se fue originando a partir del año 2006; no obstante, este cambio surgió de manera natural y no fue causado por el hombre. En el meandro 3 no se observó mucha variabilidad; sin embargo, es necesario resaltar que se corrobora que cada 6 años se producen desbordes en el Río La Leche, provocando de esta manera cambios en su proceder. Finalmente, en el meandro 4 existe una similitud con el meandro 3; de igual forma, es indispensable destacar que debido a los desbordes que se han producido es por tal motivo que se construyeron bocatomas para que se pueda detener y controlar el flujo.

Luego, al momento de elaborar los mapas temáticos se pudo determinar que el río es de poca sinuosidad; es decir, como el río se encuentra muy cerca a la desembocadura tiende a formar pequeños meandros. Aunado a lo expuesto, se puede explicar que como la sinuosidad del río es cambiante a media que transcurren los años, es necesario tomar las medidas concernientes, ya que de no efectuarlo puede terminar originando erosiones y los cambios de patrones serán aún mayores. Asimismo, teniendo en cuenta lo antes citado, Wright [7] argumenta que, efectivamente es importante tener en cuenta la geometría de la cuenca o río, puesto que esto brinda un mecanismo para determinar con mayor claridad los patrones de cambio del canal; a su vez que describe las relaciones de descarga, profundidad,

velocidad, entre otros factores.

Estimar el caudal dominante, modelando hidráulicamente en HEC-RAS V.5.0.6. un tramo crítico a fin de obtener llanuras de inundación.

El $Q_{\text{máx}}$ registrado en el Río La Leche fue de 579.75 m³/s registrado en el año 1998 y aproximadamente el área inundada fue de 65 hectáreas frente al caudal máximo anual. Asimismo, HEC-RAS V.5.0.6. permitió determinar cuando el nivel del agua sobrepasó el nivel del puente y se presentó flujo sobre él. No obstante, la falta de alternativas generadas a partir de modelos hidráulicos, principalmente que tengan como base la vulnerabilidad de la zona por posibles inundaciones ya sean generadas por lluvias intensas o eventos como el Niños han terminado provocando crecidas máximas de caudal en el Río, considerándose finalmente que la zona sea notablemente afectada ante desastres naturales. Aunado a lo expuesto, Zaborowski et al. [16] concuerdan y detallan que los métodos hidráulicos son softwares potenciales que han permitido alcanzar datos precisos, y su eficacia es tan significativa que logra reducir los riesgos de inundación hasta desastres naturales; corroborando una vez más que la mejor solución es implementando modelos hidro-meandricos para mitigar resultados adversos que pueden dañar obras de ingeniería hidráulica.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

Determinar los patrones geomorfológicos de la cuenca del río La Leche.

El área total de la cuenca “La Leche” es de 1524.283 km².

El perímetro de la cuenca es de 229.5 km.

La cuenca presenta un índice de compacidad de 1.658, lo que significa que tiene forma irregular y en épocas normales no sufriría inundaciones por tener un Kc que se aleja de la unidad.

Verificar el cauce del Río La Leche con diferentes imágenes satelitales durante 5 periodos históricos comprendidos entre 1999, 2006, 2010, 2016 y 2019.

Según los análisis obtenidos mediante el procesamiento de las imágenes satelitales, se pudo observar que el Río La Leche es un río de potencia moderada, donde en diferentes periodos (1999 resolución 30m-2006 resolución 30 m – 2010 resolución 30 m -2016 resolución 15m -2019 resolución 15 m) mostro evidencia de cambio en su composición del cauce, esto también se ve influenciado debido al que el río se sitúa en una zona relativamente plana, facilitando lo que es la confirmación de meandros.

Se evaluó los parámetros de sinuosidad obteniéndose como resultado para la imagen 1999 (1.142 sinuosidad baja) 2006 (1.206 sinuosidad baja) 2010 (1.210 sinuosidad baja) 2016 (1.23 sinuosidad baja) 2019 (1.207 sinuosidad baja), esta variación se da producto a los fenómenos de erosión, sedimentación, fenómenos naturales, inducción del cauce por mano del hombre.

Los fenómenos de recurrencias son procesos naturales que se dan cada cierto tiempo en un mismo lugar, es decir que, si realmente existió este proceso, para el año que vuelva a ocurrir un proceso de inundación el cual pudiera cambiar el trayecto de río de forma natural y este proceso de cambio pudiera ser temporal o permanente.

Definir la geometría del Río La Leche en los tramos meándricos y migrantes, elaborando mapas temáticos.

Al momento de elaborar los mapas temáticos se pudo determinar que el río es de poca

sinuosidad; es decir, como el río se encuentra muy cerca a la desembocadura tiende a formar pequeños meandros, puesto que se observó que en el meandro 1 el río posee una reducida sinuosidad, considerándose este comportamiento normal debido a la geomorfología de la zona. Seguidamente en el meandro 2 si existe una pequeña sinuosidad que se fue originando a partir del año 2006; no obstante, este cambio surgió de manera natural y no fue causado por el hombre. Al mismo tiempo, en el meandro 3 no se observó mucha variabilidad; sin embargo, se corrobora que cada 6 años se producen desbordes en el Río La Leche, provocando de esta manera cambios en su proceder; y finalmente, en el meandro 4 existe una similitud con el meandro 3.

El río La Leche mostro evidencia de cambio en su composición del cauce, el cual desarrollo una migración en su cauce desde los 50m hasta 185m para el periodo de 20 años. Sin embargo, para el periodo de 36 años para las 04 zonas críticas identificadas denominadas meandro 01, meandro 02, meandro 03, meandro 04 se contrasto que presenta una variación en el eje principal de su cauce de 310 ml, 350 ml, 780 ml y 360 ml respectivamente, considerando un aumento del 50% de variación respecto al primer análisis.

Estimar el caudal dominante de Río, modelando hidráulicamente en HEC-RAS

V.5.0.6. un tramo crítico a fin de obtener las llanuras de inundación

Se logro constatar que la sinuosidad del río es cambiante a medida que los años van cambiando puede que a cierta cantidad de años aumente y entro periodo disminuya por el simple hecho de que un río por su condición natural es susceptible a erosionarse por lo tanto este va a sufrir cambios en su alineamiento para una cierta cantidad de años. Asimismo, a través del análisis de máximas descargas por los métodos estadísticos (Gumbel, Nash, Levediev, Log. Pearson tipo III) para el registro histórico hidrométrico de 58 años (1961 - 2018) de la estación Hidrométrica Puchaca se logró obtener el caudal de diseño para una estructura hidráulica para periodo de retorno de 50 años de 455.98 m³/s ajustándose el método estadístico de Levediev.

Se logro realizar el modelo digital del terreno en Arc Map 10.8 de la imagen satelital del año 2019 ya que esta tiene una resolución de 15m, facilitando tener definido el cauce del rio y a través del análisis estadístico por los métodos (Gumbel, Nash, Levediev, Log. Peaarson tipo III) para los diferentes periodos de retorno se realizó la simulación en el HEC RAS y se obtuvo las llanuras de inundación de 753.96 hectáreas.

Las imágenes satelitales si permiten determinar el comportamiento morfológico en la planta de los ríos, sin embargo, para obtener llanuras de inundación tiene ciertas complicaciones debido a la resolución de la imagen o la nubosidad que presente.

4.2. Recomendaciones.

Se recomienda tomar mayor importancia a los patrones geomorfológicos del rio, puesto que ello nos ayudará a conocer, el relieve de la cuenca, la altitud característica de la cuenca, la obtención de la pendiente del cauce. Asimismo, este último juega un papel muy importante en el comportamiento del recurso hídrico para la determinación de las características óptimas de un aprovechamiento hidráulico y la solución de estabilización de cauces.

Se recomienda realizar estudios de este tipo a las entidades públicas que tienen terrenos aledaños al valle de un rio con la finalidad de conocer las llanuras de inundación de tal manera que se eviten la construcción de viviendas, y planificar mejor la construcción de obras hidráulicas como bocatomas, presas, obras de defensa ribereña, con la finalidad de conocer el comportamiento morfológico del rio en un determinado tiempo, a fin de reducir el riesgo de inversión y pérdidas de vidas humanas.

Se recomienda que para diseñar las defensas ribereñas para el rio la leche se debe tener en consideración las longitudes de migración del rio, con la presente investigación se obtuvo que la variación de su cauce principal varia desde 310 ml hasta 780 ml para el periodo de 36 años según el Mapa 07 de la presente investigación.

Se recomienda a la población tener respetar las llanuras de inundación obtenidas en la presente investigación de 753.96 hectáreas a fin de evitar perder grandes cantidades

económicas en sembríos o futuras construcciones según el mapa de inundaciones de la presente investigación a la vez se recomienda a fin de mejorar la precisión de los resultados en la obtención de las llanuras de inundación, se debería implementar como herramienta para obtener mayor precisión de la forma del terreno, la fotogrametría con una resolución máxima de 5m.

REFERENCIAS

- [1] Y. Xiao, J. Liu, C. Gualtieri, J. Fu, R. Gu and Z. Wang, "The effect of natural and engineered hydraulic conditions on river-floodplain connectivity using hydrodynamic modeling and particle tracking analysis," *Journal of Hydrology*, vol. 615, no. A, p. 128578, 2022.
- [2] Z. Tan, Y. Li, Q. Zhang, X. Liu, Y. Song, C. Xue and J. Lu, "Assessing effective hydrological connectivity for floodplains with a framework integrating habitat suitability and sediment suspension behavior," *Water Research*, vol. 201, p. 117253, 2021.
- [3] J. Sholtes, S. Yochum, J. Scott and B. Bledsoe, "Longitudinal variability of geomorphic response to floods," *Earth Surf. Process. Landf.*, vol. 43, no. 15, pp. 3099-3113, 2018.
- [4] J. Yao, Q. Zhang, X. Ye, D. Zhang and P. Bai, "Quantifying the impact of bathymetric changes on the hydrological regimes in a large floodplain lake: Poyang Lake," *Journal of Hydrology*, vol. 561, pp. 711-723, 2018.
- [5] S. Yousefi, S. Mirzaee, S. Keesstra, N. Surian, H. Reza and S. Tabibian, "Effects of an extreme flood on river morphology (case study: Karoon River, Iran)," *Geomorphology*, vol. 304, pp. 30-39, 2018.
- [6] Y. Li, D. Wright and P. Byrne, "The influence of tropical cyclones on the evolution of river conveyance capacity in Puerto Rico," *Water Resour. Res.*, vol. 56, no. 9, 2020.
- [7] D. Wright, Y. Li and B. Bledsoe, "Watershed controls and tropical cyclone-induced changes in river hydraulic geometry in Puerto Rico," *Journal of Hydrology: Regional Studies*, vol. 44, p. 101268, 2022.
- [8] C. Cordova, "Modelación hidráulica del río "La Leche" con el programa

HEC-RAS en un tramo de 4km. En el distrito de Íllimo, y departamento de Lambayeque," Chiclayo, 2017.

- [9] E. Olivares, "Patrones de cambio morfológico y meándrico de 13 ríos pertenecientes a la Cuenca Hidrográfica del Amazonas," Lima, 2017.
- [10] R. León, D. Portuguez and E. Chavarri, "Modelación de la disponibilidad hídrica del río Piura - Perú, considerando la incidencia del cambio climático," *Revista de Investigaciones Altoandinas*, vol. 21, no. 3, pp. 182-193, 2019.
- [11] J. Delgado and D. Gonzales, "Diseño del sistema de drenaje pluvial y pavimentación para el área urbana del centro poblado de Pampa Grande, distrito de Chongoyape, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque, 2017," Chiclayo, 2019.
- [12] K. Chohan, S. Rashid, A. Ashraf, M. Kamran and R. Rasheed , "Remote sensing based innovative solution of river morphology for better flood management," *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, vol. 111, p. 102845, 2022.
- [13] D. Sin, S. Shu, S. Marko, S. Yuan, Y. Lin, C. Tung and K. Wang, "A framework for the sustainable risk assessment of in-river hydraulic structures: A case study of Taiwan's Daan River," *Journal of Hydrology*, vol. 617, no. C, p. 129028, 2023.
- [14] X. Feng, H. Feng, T. Huan, Z. Xing and X. Kang, "Geomorphologic changes around a mid-river bar system at a meandering reach in the lower Yangtze River, China: Impacts of the three Gorges dam (TGD) and human activities," *CATENA*, vol. 212, p. 106038, 2022.
- [15] A. Islam, N. Sardar, S. Mohinuddin, M. Hoque, S. Sengupta, B. Chandra, S. Ghosh, W. Zhang and U. Deep, "Quasi-equilibrium channel metamorphosis in planform of a subtropical river in India in post-dam period," *CATENA*, vol. 221,

no. B, p. 106793, 2023.

- [16] S. Zaborowski, T. Kałuża, M. Rybacki and A. Radecki, "Influence of river channel deflector hydraulic structures on lowland river roughness coefficient values: the Flinta river, Wielkopolska Province, Poland," *Ecohydrology & Hydrobiology*, vol. 23, no. 1, pp. 79-97, 2023.
- [17] J. Li, M. Grenfell, H. Wei, S. Tooth and S. Ngiem, "Chute cutoff-driven abandonment and sedimentation of meander bends along a fine-grained, non-vegetated, ephemeral river on the Bolivian Altiplano," *Geomorphology*, vol. 350, p. 106917, 2020.
- [18] J. Li, S. Tooth, K. Zhang and Y. Zhao, "Visualisation of flooding along an unvegetated, ephemeral river using Google Earth Engine: Implications for assessment of channel-floodplain dynamics in a time of rapid environmental change," *Journal of Environmental Management*, vol. 278, no. 2, p. 111559, 2021.
- [19] S. Ghosh, P. Mandal and B. Bera, "Chronological evolution of Holocene floodplain of river Raidak within the Himalayan foreland basin, India," *Quaternary Science Advances*, vol. 10, p. 100076, 2023.
- [20] Z. Yang, W. Liu, D. Garcia, H. Ruan, J. Luo, Y. Zhou and Y. Sang , "Geomorphic response of outburst floods: Insight from numerical simulations and observations—The 2018 Baige outburst flood in the upper Yangtze River," *Science of The Total Environment*, vol. 851, no. 2, p. 158378, 2022.
- [21] M. Naghavi, M. Mohammadi, G. Mahtabi and J. Abraham , "Experimental assessment of velocity and bed shear stress in the main channel of a meandering compound channel with one-sided blocks in floodplain," *Journal of Hydrology*, vol. 617, no. C, p. 129073, 2023.
- [22] A. Beyene, M. Abate, B. Sinshaw, A. Belete and B. Chekole,

- "Anthropogenic amplification of geomorphic processes on fluvial channel morphology, case study in Gilgel Abay river mouth; lake Tana Sub Basin, Ethiopia," *Heliyon*, vol. 9, no. 4, p. e14390, 2023.
- [23] A. Dasgupta, S. Grimaldi, R. Ramsankaran, V. Pauwels and J. Walker, "A simple framework for calibrating hydraulic flood inundation models using Crowd-sourced water levels," *Journal of Hydrology*, vol. 614, no. A, p. 128467, 2022.
- [24] D. Wang, Y. Ma, X. Liu, H. Qing, L. Huang and C. Deng, "Meandering-anabranching river channel change in response to flow-sediment regulation: Data analysis and model validation," *Journal of Hydrology*, vol. 579, p. 124209, 2019.
- [25] E. Parizi, S. Khojeh, S. Mossa and Y. Jouybari, "Application of Unmanned Aerial Vehicle DEM in flood modeling and comparison with global DEMs: Case study of Atrak River Basin, Iran," *Journal of Environmental Management*, vol. 317, p. 115492, 2022.
- [26] J. Nyame, C. Gyamfi and E. Arthur, "Impacts of retention basins on downstream flood peak attenuation in the Odaw river basin, Ghana," *Journal of Hydrology: Regional Studies*, vol. 47, p. 101364, 2023.
- [27] J. Salmela, E. Kasvi, M. Vaaja, H. Kaartinen, A. Kukko, A. Jaakkola and P. Alho, "Morphological changes and riffle-pool dynamics related to flow in a meandering river channel based on a 5-year monitoring period using close-range remote sensing," *Geomorphology*, vol. 352, p. 106982, 2020.
- [28] J. Thomas, S. Kumar and K. Sudheer, "Channel stability assessment in the lower reaches of the Krishna River (India) using multi-temporal satellite data during 1973–2015," *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, vol. 17, p. 100274, 2020.
- [29] A. Suresh, A. Chanda, Z. Rahaman, A. Al Kafy, N. Rahaman, I. Hossain, M. Tauhidur and G. Yadav, "A geospatial approach in modelling the

- morphometric characteristics and course of Brahmaputra river using sinuosity index," *Environmental and Sustainability Indicators*, vol. 15, p. 100196, 2022.
- [30] P. Billi, B. Demissie, J. Nyssen, G. Moges and M. Fazzini, "Meander hydromorphology of ephemeral streams: Similarities and differences with perennial rivers," *Geomorphology*, vol. 319, pp. 35-46, 2019.
- [31] K. Choi, D. Kim and J. Jo, "Morphodynamic evolution of the macrotidal Sittaung River estuary, Myanmar: Tidal versus seasonal controls," *Marine Geology*, vol. 430, p. 106367, 2020.
- [32] J. Bernardo and I. Castro, "Herramientas geomáticas en el control de inundaciones y zonas de evacuación del Río Puyango – Tumbes," Tumbes, 2021.
- [33] G. Alvarez and C. Moreno, "Modelamiento hidráulico para el control y prevención de inundaciones mediante el uso de Hec-Ras 2d en la zona urbana del río Piura," Piura, 2021.
- [34] M. Najarro and M. Sanabria, "Estudio de vulnerabilidad de la carretera central Santa Cruz de Cocachacra ante precipitaciones extremas," Lima, 2020.
- [35] K. Chanca and Y. Inga, "Influencia de la inundación en el riesgo de desastre del distrito de moya de la provincia y departamento de Huancavelica 2017," Huancavelica, 2018.
- [36] N. Liu, "Emergence, concept, and understanding of Pan-River-Basin (PRB)," *International Soil and Water Conservation Research*, vol. 3, no. 4, pp. 253-260, 2015.
- [37] V. Ratna, G. Syme and C. Tallapragada, "Module I: Key features of sustainable watersheds," *Integrated Approaches to Sustainable Watershed Management in Xeric Environments*, pp. 7-18, 2019.
- [38] M. Motta, R. Paixão, A. Salgado , L. Eirado, P. Cunha and A. Gomes ,

- "The endorheic – Exorheic transition and later stage of fluvial incision in a wet tropical margin setting: The Atlantic draining Paraíba do Sul River basin (Brazil)," *Journal of South American Earth Sciences*, vol. 115, p. 103742, 2022.
- [39] L. Rodríguez, L. Antón, Á. Rodés, R. Pallàs, D. García, I. Jiménez, L. Struth and L. Leanni, "Dates and rates of endo-exorheic drainage development: Insights from fluvial terraces (Duero River, Iberian Peninsula)," *Global and Planetary Change*, vol. 193, p. 103271, 2020.
- [40] C. Fox, "River Basin Development," *International Encyclopedia of Human Geography (Second Edition)*, vol. 20, pp. 1-8, 2020.
- [41] K. Daranond, T. Jim, Y. Hao, J. Chau and W. Wang, "Identification of groundwater basin shape and boundary using hydraulic tomography," *Journal of Hydrology*, vol. 588, p. 125099, 2020.
- [42] R. Clin, C. Kilbride, J. Chynoweth, S. Creanor, I. Frampton and J. Marsden, "What Is the Longitudinal Profile of Impairments and Can We Predict Difficulty Caring for the Profoundly Affected Arm in the First Year Poststroke?," *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, vol. 99, no. 3, pp. 433-442, 2018.
- [43] A. Rocha Felices, *Introducción a la Hidráulica Fluvia*, Primera Edición ed., Lima, 1998.
- [44] G. Zou, L. Niu, Y. Li, W. Zhang, L. Wang, Y. Li, H. Zhang, L. Wang and Y. Gao, "Depth induced assembly discrepancy of multitrophic microbial communities affect microbial nitrogen transformation processes in river cross-sections," *Environmental Research*, vol. 214, no. 2, p. 113913, 2022.
- [45] M. Cosma, M. Ghinassi, A. D'Alpaos, M. Roner, A. Finotello, L. Tommasini and R. Gatto, "Point-bar brink and channel thalweg trajectories depicting interaction between vertical and lateral shifts of microtidal channels in

- the Venice Lagoon (Italy)," *Geomorphology*, vol. 342, pp. 37-50, 2019.
- [46] M. Kandekar, W. Gaikwad, K. Gaikwad, A. Kandekar and N. Shelar, "Mapping of wastelands and significance of morphometric analysis in wasteland management—a remote sensing and GIS approach," *Modern Cartography Series*, vol. 10, pp. 115-153, 2021.
- [47] Wahiduzzaman and Yeasmin, "An Observation of the Changing Trends of a River Channel Pattern in Bangladesh Using Satellite Images," *Applied Sciences*, vol. 12, no. 22, p. 11604, 2022.
- [48] X. Zhao, F. Jin, L. Zhou, Q. Wang and X. Pu, "Reconstruction of Sag-Wide Depositional System," *Re-exploration Programs for Petroleum-Rich Sags in Rift Basins*, pp. 113-183, 2018.
- [49] B. García and M. Rinaldi, "Changes in meander geometry over the last 250 years along the lower Guadalquivir River (southern Spain) in response to hydrological and human factors," *Geomorphology*, vol. 410, p. 108284, 2022.
- [50] M. Mabuku, A. Senzanje, M. Mudhara, G. Jewitt and W. Mulwafu, "Strategies for coping and adapting to flooding and their determinants: A comparative study of cases from Namibia and Zambia," *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, vol. 111, pp. 20-34, 2019.
- [51] S. Haque, T. Murayama and S. Nishikizawa, "Examining the determinants of flood risk mitigation measures at the household level in Bangladesh," *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 64, p. 2492, 2021.
- [52] T. Murayama, S. Haque and S. Nishikizawa, "Assessing the flood risk of riverine households: A case study from the right bank of the Teesta River, Bangladesh," *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 51, p. 101758, 2020.
- [53] R. Kumar, S. Kundu, B. Kundu, N. Binu and M. Shaji, "Emerging typology

and framing of climate-resilient agriculture in South Asia," *The Impacts of Climate Change*, pp. 255-287, 2021.

- [54] J. Scheffran, "Climate Change: Human Security Between Conflict and Cooperation," *Encyclopedia of Violence, Peace, & Conflict (Third Edition)*, vol. 2, pp. 807-819, 2022.
- [55] Y. Zhang, Z. Li, J. Wang, W. Ge and X. Chen, "Environmental impact assessment of dam-break floods considering multiple influencing factors," *Science of The Total Environment*, vol. 837, p. 155853, 2022.
- [56] K. Hamilton, D. Demant, A. Peden and M. Hagger, "A systematic review of human behaviour in and around floodwater," *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 47, p. 101561, 2020.
- [57] D. Coppola, "Hazards," *Introduction to International Disaster Management (Fourth Edition)*, pp. 47-176, 2020.
- [58] L. Mediero, E. Soriano, P. Oria, S. Bagli, A. Castellarin and L. Garrote, "Pluvial flooding: High-resolution stochastic hazard mapping in urban areas by using fast-processing DEM-based algorithms," *Journal of Hydrology*, vol. 608, p. 127649, 2022.
- [59] A. Mohammad, C. Moller and M. Rezaur, "Storm surge and sea level rise: Threat to the coastal areas of Bangladesh," *Extreme Hydroclimatic Events and Multivariate Hazards in a Changing Environment*, pp. 317-342, 2019.
- [60] H. Andrieu, R. Moussa and P. Kirstetter, "The Event-specific Geomorphological Instantaneous Unit Hydrograph (E-GIUH): The basin hydrological response characteristic of a flood event," *Journal of Hydrology*, vol. 603, no. D, p. 127158, 2021.
- [61] Y. Wang, O. Wai and Q. Chen, "Laboratory study on fish behavioral response to meandering flow and riffle-pool sequence driven by deflectors in

- straight concrete flood channels," *Journal of Hydrology*, vol. 598, p. 125736, 2021.
- [62] G. Nagel, E. Leão, V. Souza, J. Campos, C. Faria and M. Paule, "Impacts of meander migration on the Amazon riverine communities using Landsat time series and cloud computing," *Science of The Total Environment*, vol. 806, no. 2, p. 150449, 2022.
- [63] J. Kildow, "OP/ED: The importance of the new blue economy to a sustainable blue economy: an opinion," *Preparing a Workforce for the New Blue Economy*, pp. 135-146, 2021.
- [64] P. Kumari and H. Ramesh, "Remote sensing image based nearshore bathymetry extraction of Mangaluru coast for planning coastal reservoir," *Sustainable Water Resource Development Using Coastal Reservoirs*, pp. 247-265, 2020.
- [65] M. Casini, "Advanced digital design tools and methods," *Construction 4.0*, pp. 263-334, 2022.
- [66] K. Albris, K. Cedervall and E. Raju, "Strengthening Governance for Disaster Prevention: The Enhancing Risk Management Capabilities Guidelines," *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 47, p. 101647, 2020.
- [67] M. Abreu, K. Esquerre, A. Massa and R. Pessoa, "Reliability analysis associated with maintenance of online analyzers," *Computer Aided Chemical Engineering*, vol. 44, pp. 1351-1356, 2018.
- [68] O. Sweil, J. Gregory and R. Kirchain, "Construction cost estimation: A parametric approach for better estimates of expected cost and variation," *Transportation Research Part B: Methodological*, vol. 101, pp. 295-305, 2019.
- [69] D. Paz, K. Lafayette and M. Sobral, "Management of construction and demolition waste using GIS tools," *Advances in Construction and Demolition*

Waste Recycling, pp. 121-156, 2020.

- [70] K. Khosravi, M. Rostaminejad, J. Cooper, L. Mao and A. Melesse, "Dam Break Analysis and Flood Inundation Mapping: The Case Study of Sefid-Roud Dam, Iran," *Extreme Hydrology and Climate Variability*, pp. 395-405, 2019.
- [71] A. Bharath, M. Manjunatha, R. Tangadagi and P. Shailaja, "Environmental assessment for rainwater harvesting at GITAM Campus," *J. Green Eng. JGE*, vol. 10, no. 4, pp. 1776-1785, 2020.
- [72] M. Ashraf, A. Hussein, E. El-Ghorab and A. El Zawahry, "Assessment of embankment dams breaching using large scale physical modeling and statistical methods," *Water Science*, vol. 32, no. 2, pp. 362-379, 2018.
- [73] Kyaw, "Modeling approach for earthen dam breach analysis in North Yamar Dam, Myanmar," *American Academic Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences*, vol. 69, no. 1, p. 59–72, 2020.
- [74] M. Shahrim and F. Ros, "Dam break analysis of Temenggor Dam using HEC-RAS," *Proceedings of the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 479, p. 012041, 2020.
- [75] A. Bharath, A. Shivapur, C. Hiremath and R. Maddamsetty, "Dam break analysis using HEC-RAS and HEC-GeoRAS: A case study of Hidkal dam, Karnataka state, India," *Environmental Challenges*, vol. 5, p. 100401, 2021.
- [76] P. Costabile, C. Costanzo, D. Ferraro and P. Barca, "Is HEC-RAS 2D accurate enough for storm-event hazard assessment? Lessons learnt from a benchmarking study based on rain-on-grid modelling," *Journal of Hydrology*, vol. 603, no. B, p. 126962, 2021.

ANEXOS

MODELO DE CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA EL RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Ciudad, de...de 20...

Quien suscribe:

Sr.

Representante Legal – Empresa Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

**AUTORIZA: Permiso para recojo de información pertinente en función del
proyecto de investigación, denominado** Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

Por el presente, el que suscribe, Haga clic o pulse aquí para escribir texto. representante legal de la empresa Haga clic o pulse aquí para escribir texto. AUTORIZO al estudiante(s) Haga clic o pulse aquí para escribir texto. identificado con DNI N° Haga clic o pulse aquí para escribir texto., estudiante del Programa de Estudios de Haga clic o pulse aquí para escribir texto. y autor del trabajo de investigación denominado Haga clic o pulse aquí para escribir texto. al uso de dicha información que conforma el expediente técnico así como hojas de memorias, cálculos entre otros como planos para efectos exclusivamente académicos de la elaboración de tesis, enunciada líneas arriba de quien solicita se garantice la absoluta confidencialidad de la información solicitada.

Atentamente.

Sello de
empresa

Nombre y Apellidos:

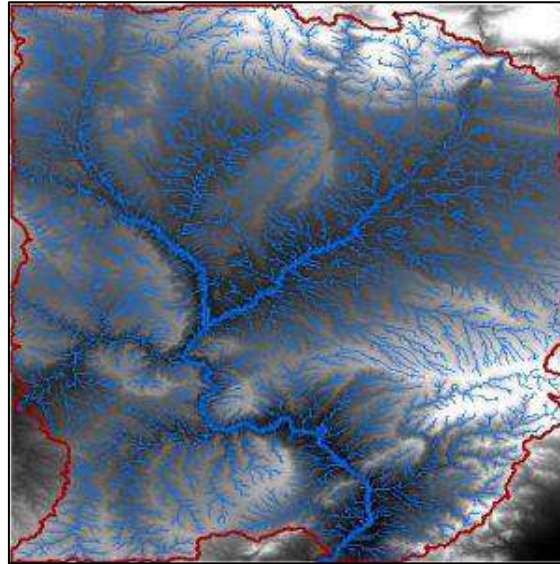
DNI N°:

Cargo de la empresa:

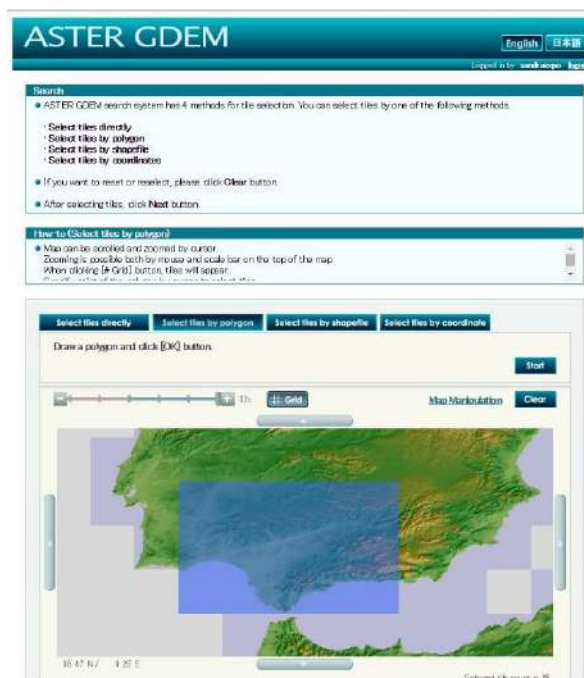
EVIDENCIA DEL PROYECTO

1. PROCEDIMIENTO PARA DELIMITAR UNA CUENCA.

Este procedimiento es de vital importancia; por tal se procedió a delimitar la cuenca a partir de un Modelo Digital de Elevaciones, con la herramienta obtenida del ArcGis.



Existen diferentes medios donde poder adquirir el programa MDE de manera gratuita, una de ellas es **ASTER GDEM**, siendo esta una plataforma de gran relevancia, impulsada por la **NASA**. La finalidad de esta es crear MDE de toda la superficie terrestre; por lo que puede obtener en cualquier parte del mundo; a partir del registro en el app.



ASTER GDEM English 日本語
Logged in by: sandraexp Logout

Download
Click [Download] button, and you are asked a folder to save files in.

Caution
If you download more than 100 tiles, The tile information is automatically recorded in backlog. When recorded in backlog, it may require a fair amount of time for to complete actual download. It is recommended to return to the previous page by [Return] button, and change the tile number for a single download to less than 100 tiles. This will enable you to download tiles immediately.

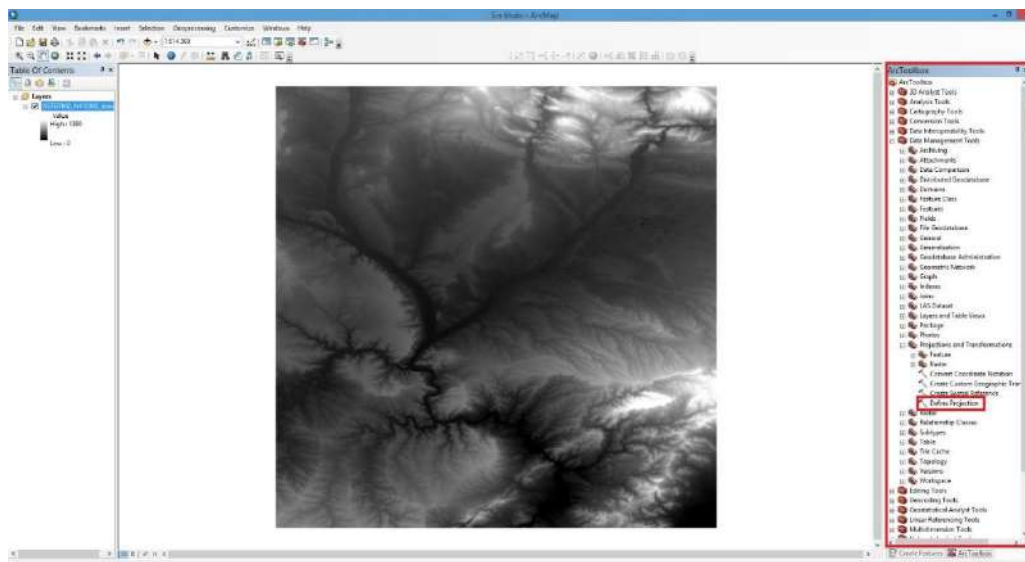
Tile count is 15 (Lump download count is 14)

download file name	location	
✓ readme		Download
✓ ASTGTM2.N38W008.zip	N38 - N39, W008 - W007	Download
✓ ASTGTM2.N37W008.zip	N37 - N38, W008 - W007	Download
✓ ASTGTM2.N38W008.zip	N38 - N37, W008 - W007	Download
✓ ASTGTM2.N38W007.zip	N38 - N39, W007 - W006	Download
☐ ASTGTM2.N37W007.zip	N37 - N38, W007 - W006	downloaded
✓ ASTGTM2.N38W007.zip	N38 - N37, W007 - W006	Download
✓ ASTGTM2.N38W006.zip	N38 - N39, W006 - W005	Download
✓ ASTGTM2.N37W006.zip	N37 - N38, W006 - W005	Download
✓ ASTGTM2.N38W006.zip	N38 - N37, W006 - W005	Download
✓ ASTGTM2.N38W005.zip	N38 - N39, W005 - W004	Download
✓ ASTGTM2.N37W005.zip	N37 - N38, W005 - W004	Download

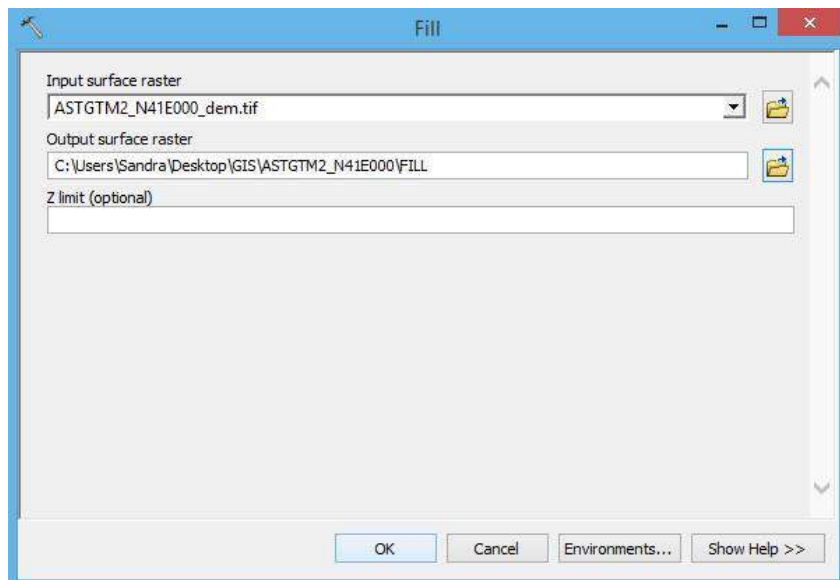
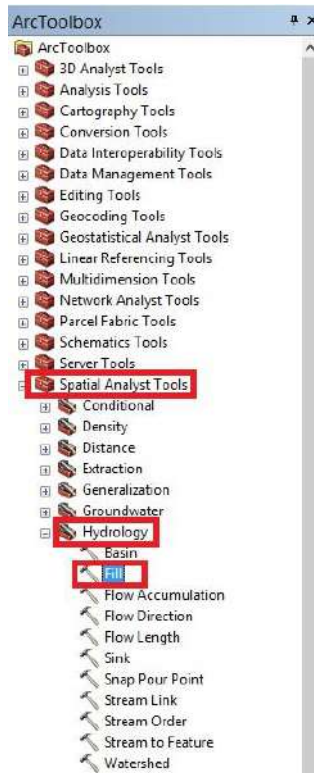
Click [Back] button to correct tile list. Back Download

ASTER GDEM
Copyright © 2008 - 2014, Japan Space System, Inc. All Rights Reserved.

Seguidamente después de descargar MDE se procede abrir ArcMap y se eligió el MDE. A este se le definió una proyección en caso no se cuente con ello. Para ello, ArcToolBox > Data Management Tools > Projections and Transformations > Raster > Define Projection.

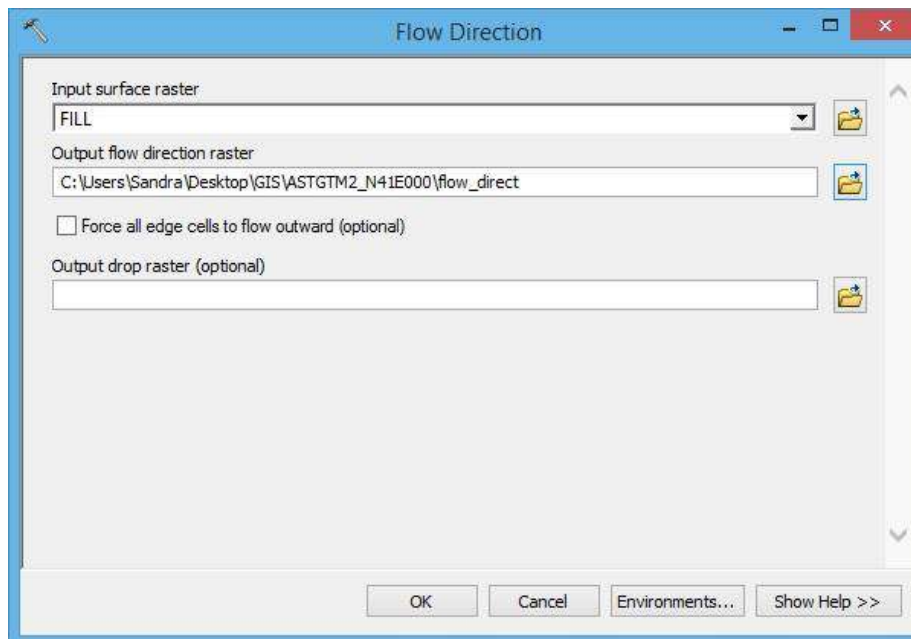


Una vez efectuado, es indispensable eliminar imperfecciones del MDE, puesto que en algunos casos existen celdas vacías en área del ráster. A partir de lo expuesto realizamos lo siguiente: ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Hydrology > Fill. Se trabaja posteriormente con la capa que se genera.

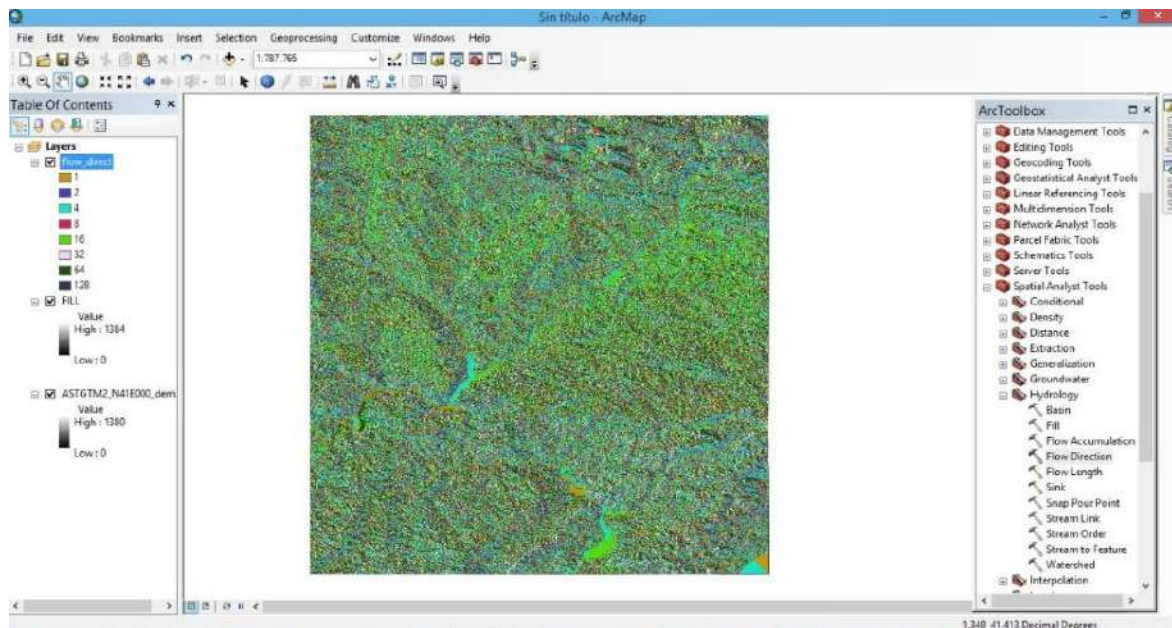


Como se menciona anteriormente se trabajará con la capa que se generó; sin embargo, inicialmente se define la dirección de la red hídrica. Por tal motivo se emplea Flow Direction. Esta herramienta genera una cuadrícula con la dirección del flujo en cada celda. Como se mencionó anteriormente, haremos esto en las capas generadas usando Fill.

ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Hydrology > Flow Direction

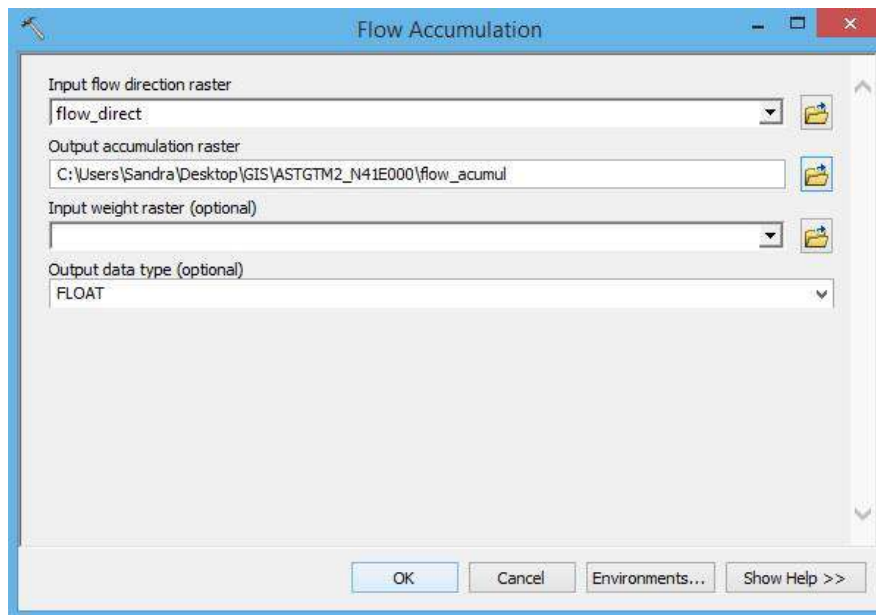


Lo que se obtuvo fue lo siguiente:

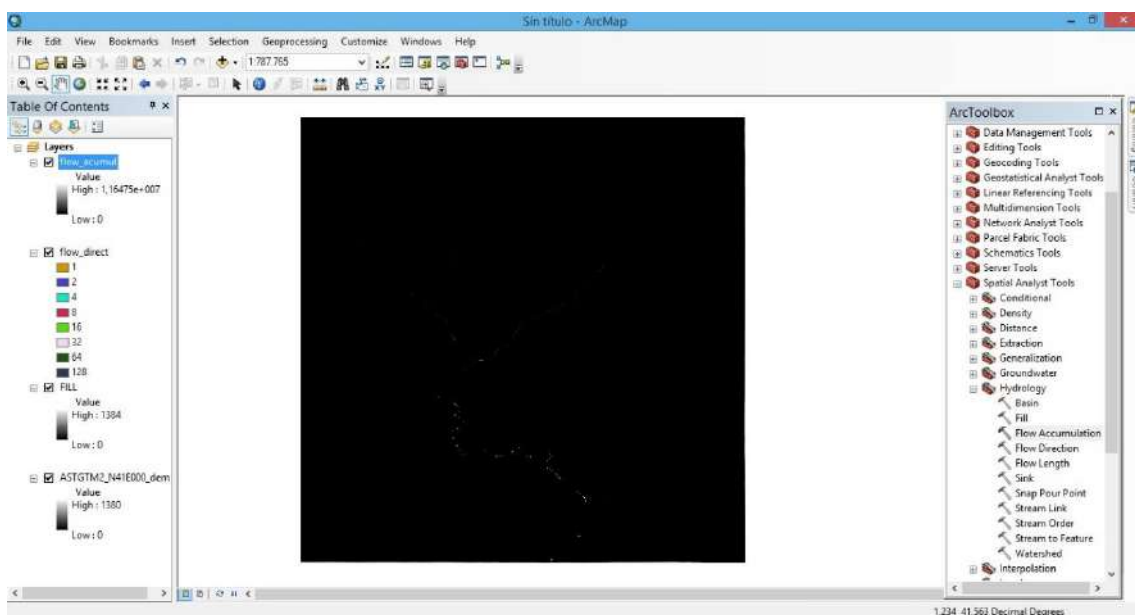


Estableciendo la dirección del flujo, se procede a determinar **la acumulación de la red hídrica**. Se empleó **Flow Accumulation**. Nuevamente generará una cuadrícula con el flujo almacenado en cada una de sus celdas. La capa de ingreso que se empleó es la que se generó con *Flow Direction*.

ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Hydrology > Flow Accumulation

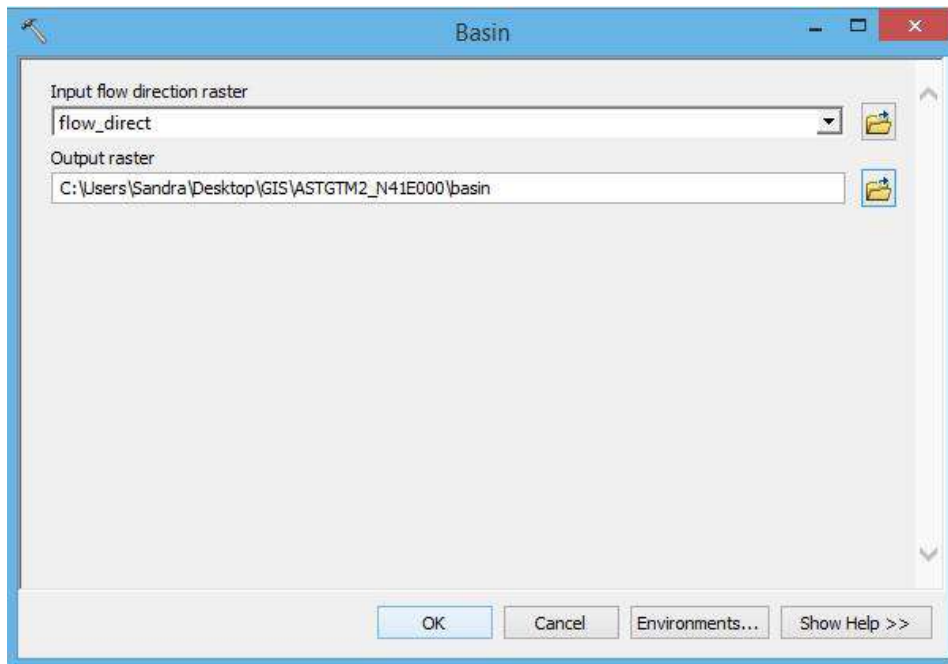


El resultado es:

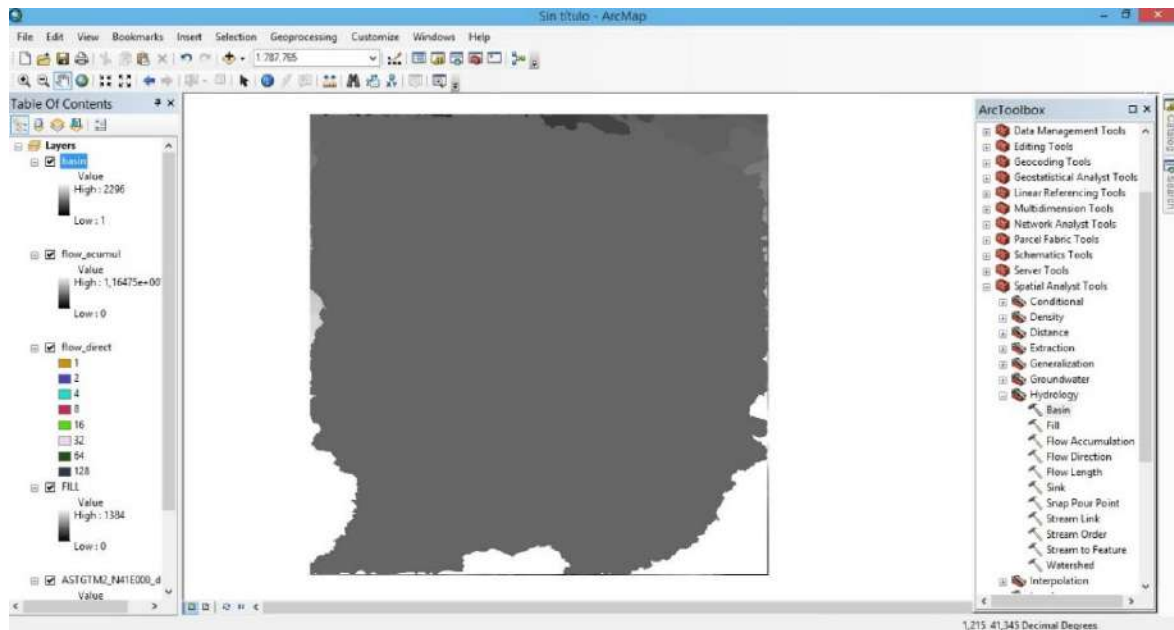


Ahora bien, después de haber realizado los cálculos correspondientes, el siguiente paso es delimitar la Cuenca Hidrográfica. Este procedimiento se efectuó con la herramienta Basin. Lo obtenido será una cuadrícula que delinea todas las cuencas hidrográficas en base a la red de drenaje. Nuevamente como capa de ingreso se empleó la que se generó con Flow Direction.

ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Hydrology > Basin

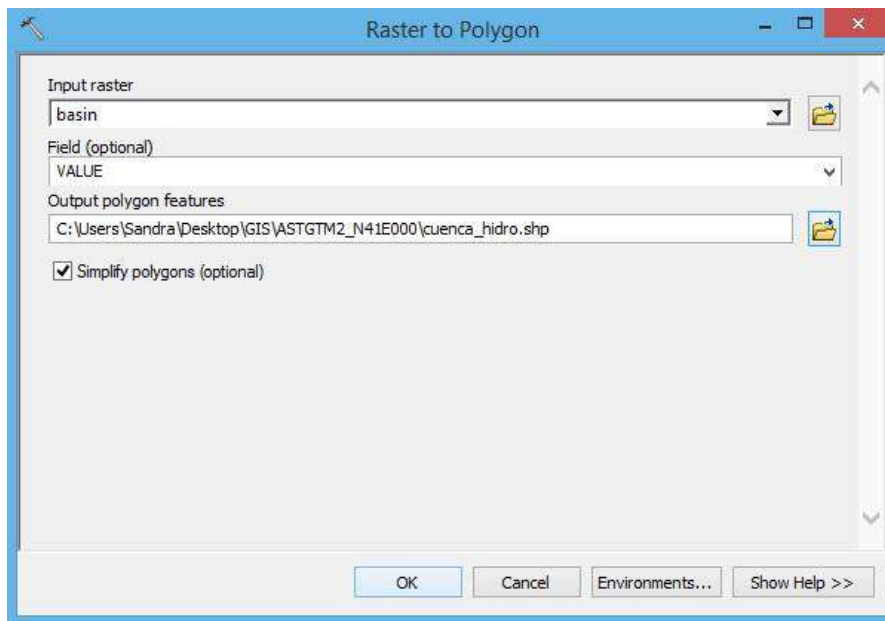


El resultado fue:

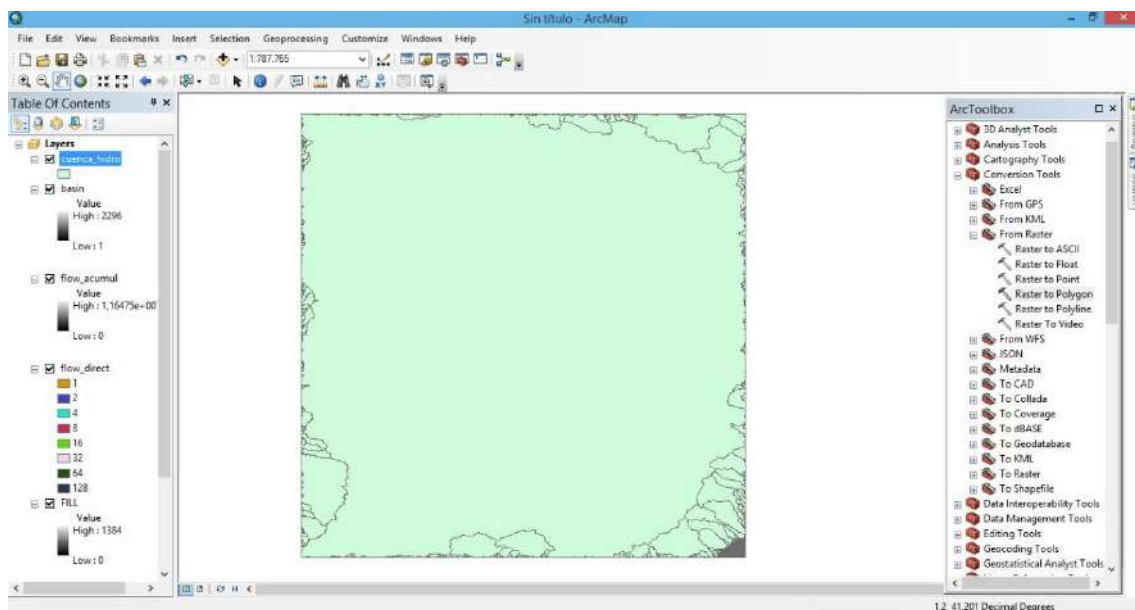


Aunado a lo antes expuesto, se procedió a transformar el ráster de delimitación de cuencas a formato vectorial (shape). Se empleó el Raster to Polygon.

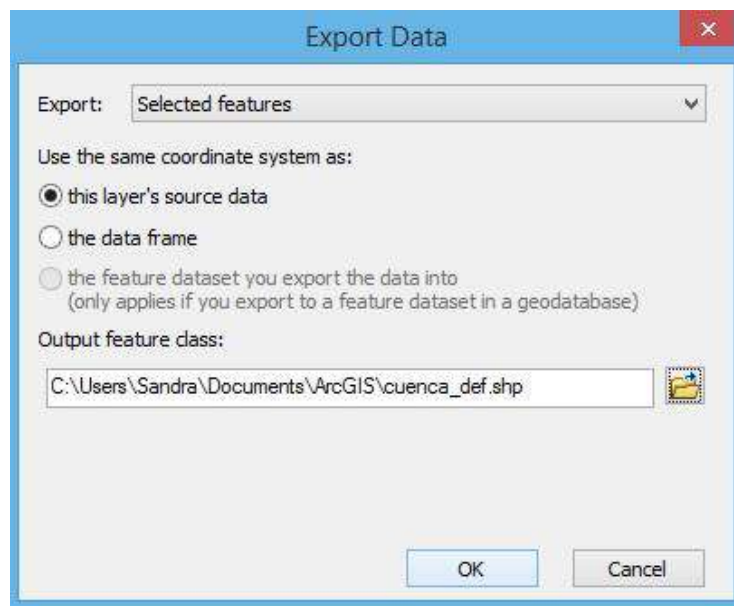
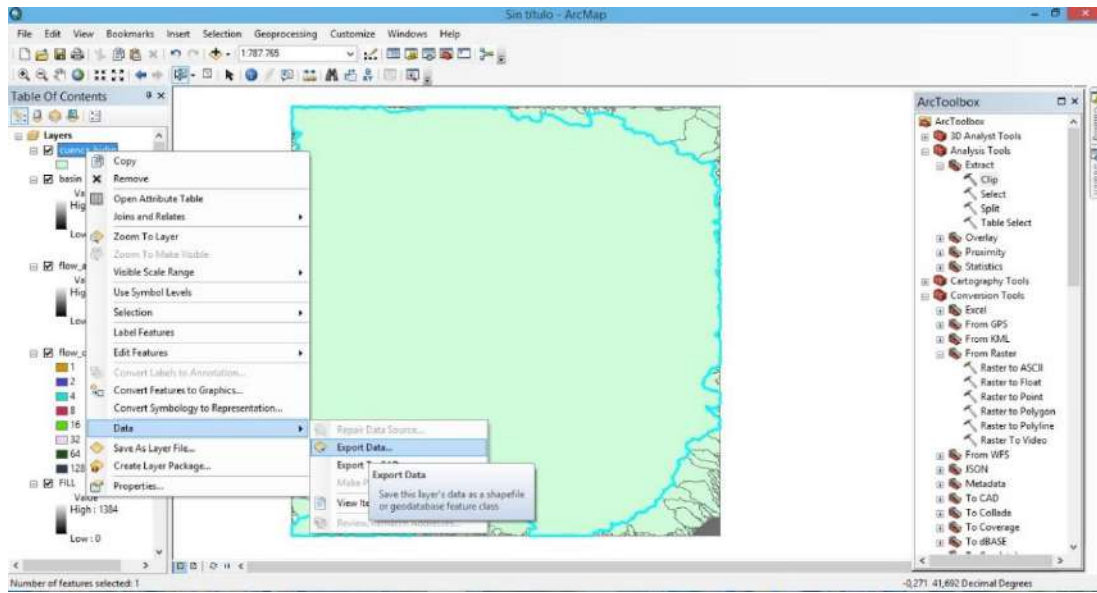
ArcToolbox > Conversion Tools > From Raster > Raster to Polygon



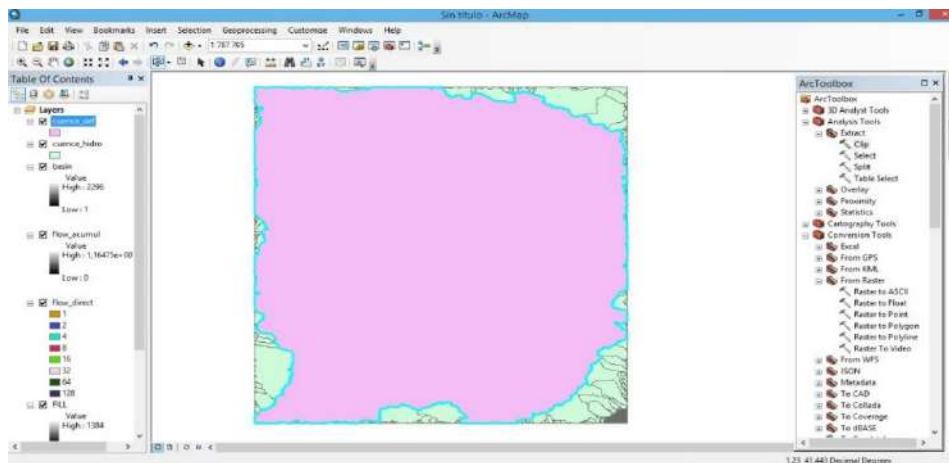
El resultado fue:



Luego, se recortó la cuenca hidrográfica objeto de investigación. Dicho proceso se podía efectuar de distintas maneras; no obstante, se realizó seleccionando la cuenca que se consideró prioritario y se exportó desde las propiedades de la capa. Se hizo clic con el botón derecho sobre **Export Data**.



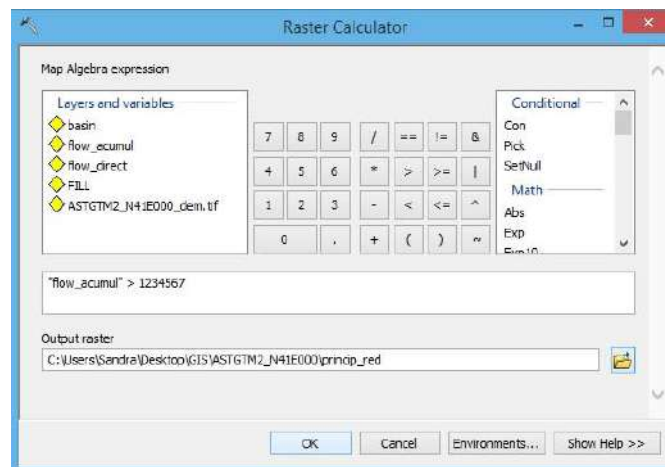
El resultado fue:



Ya delimitado el área de trabajo, se **construyó automáticamente la red hídrica con *Raster Calculator***. Es indispensable tener en cuenta el tamaño del pixel del MDE. Se considera valores mayores que 1234567 para construir la *red primaria* y para la *red secundaria* mayores de 1234. Acorde a lo que se buscaba destacar o de como se deseó el enfoque del análisis, se pudo jugar con los valores, ya que la finalidad es que resalten los elementos debidamente y teniendo en cuenta su función. La capa que se empleó se generó en *Flow Accumulation*.

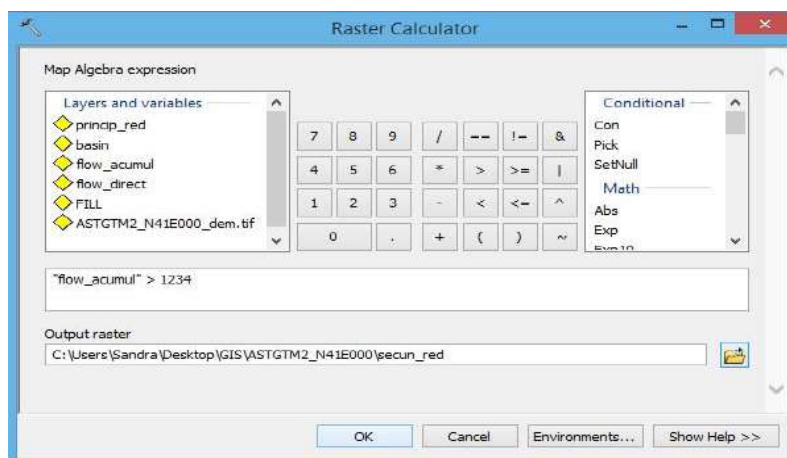
ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Map Algebra > Raster Calculator

Las operaciones fueron:



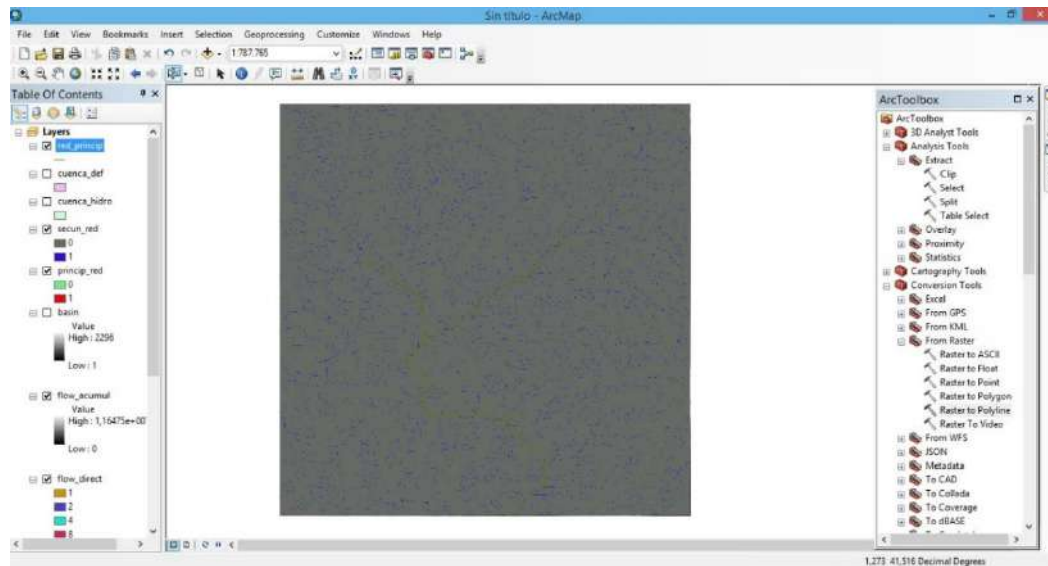
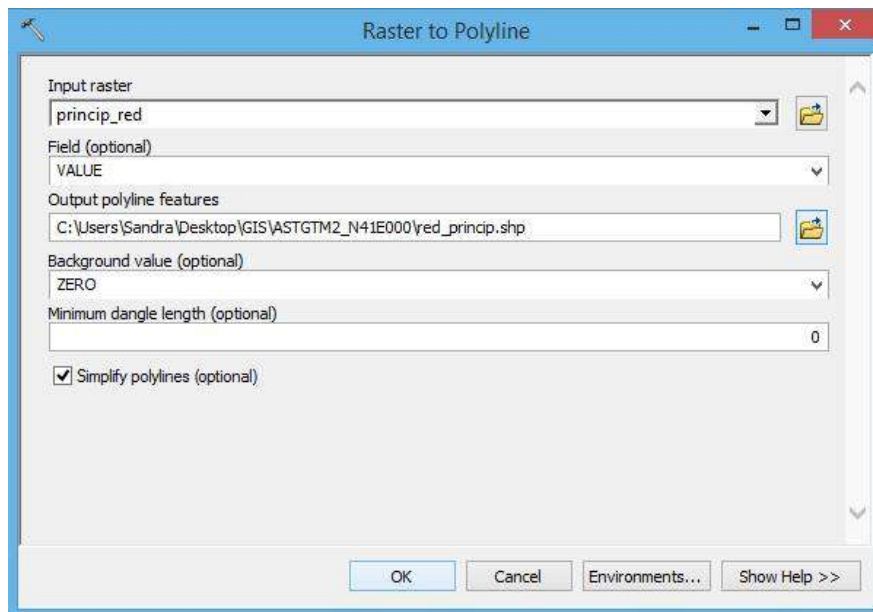
Red primaria: Flow Accumulation > 1234567

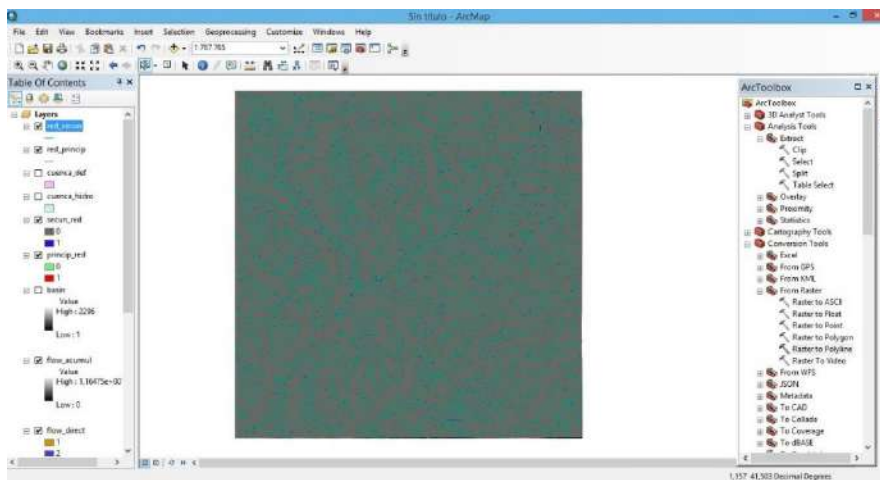
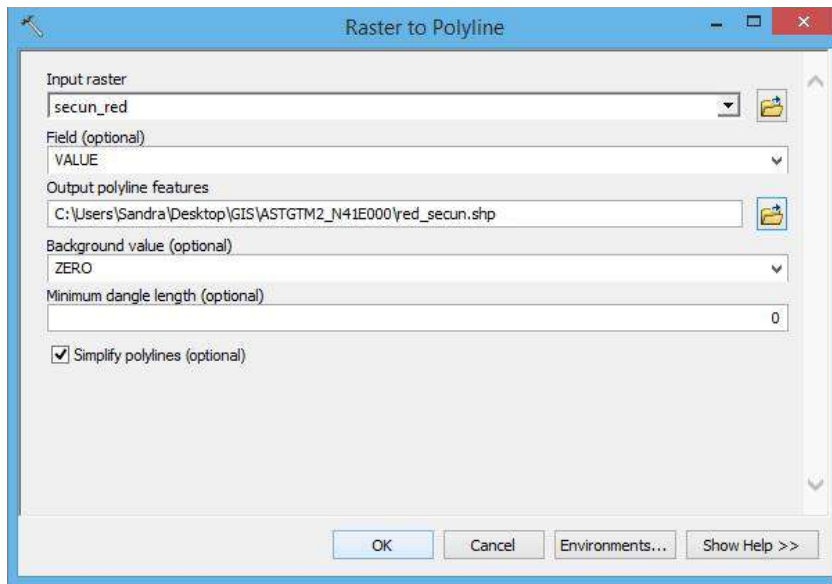
Red secundaria: Flow Accumulation > 1234



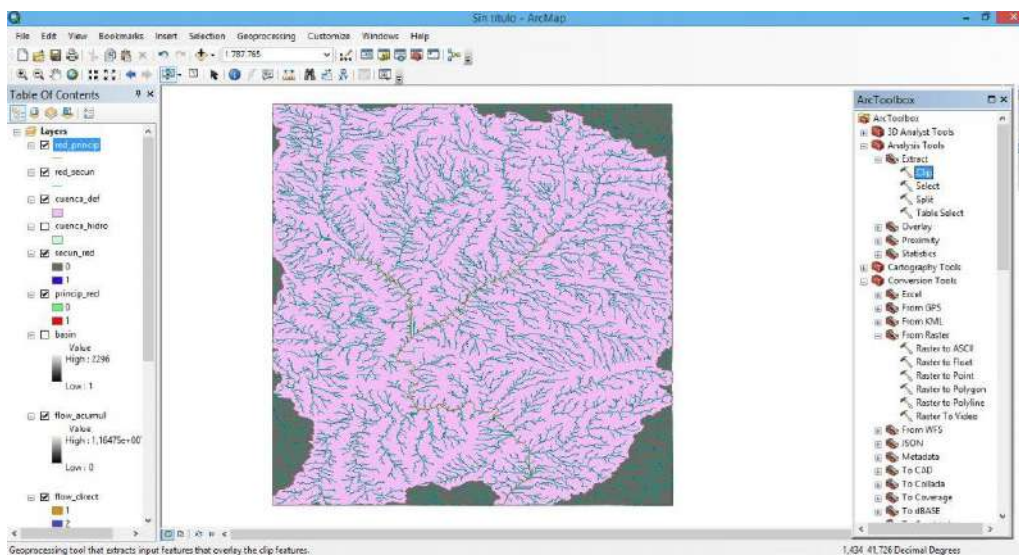
Similar a lo que se realizó con la cuenca hidrográfica, se debe transformar los **raster** a **vector** con la herramienta **Raster to Polyline**.

ArcToolbox > Conversion Tools > From Raster > Raster to Polyline



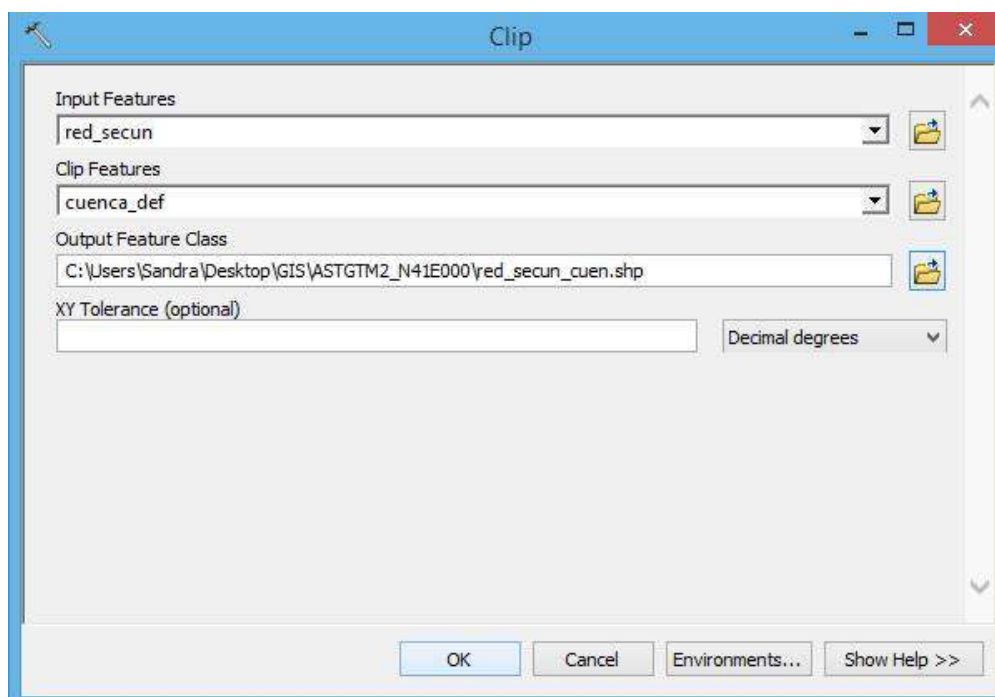
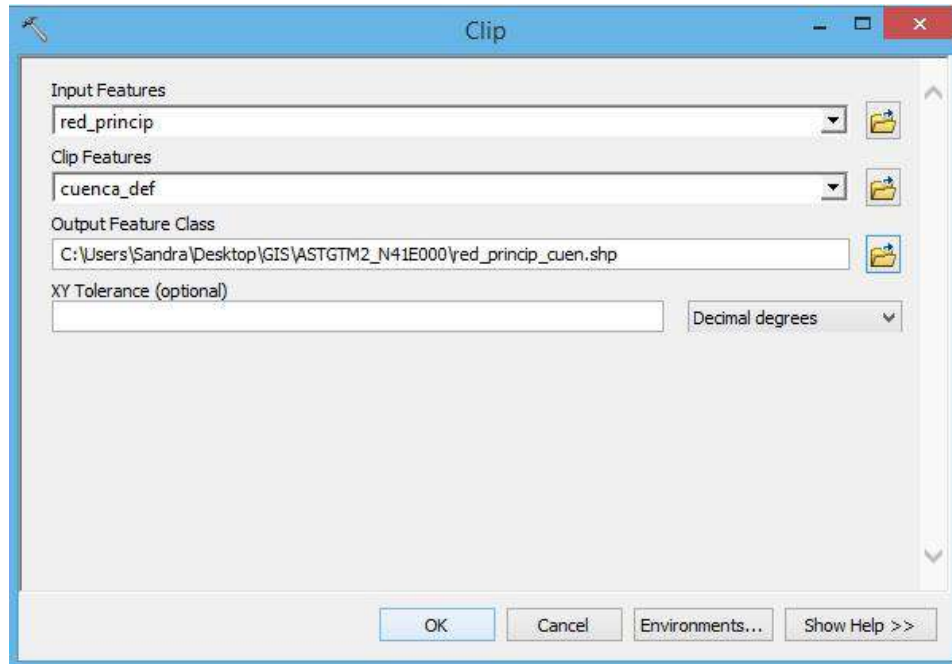


El resultado fue:

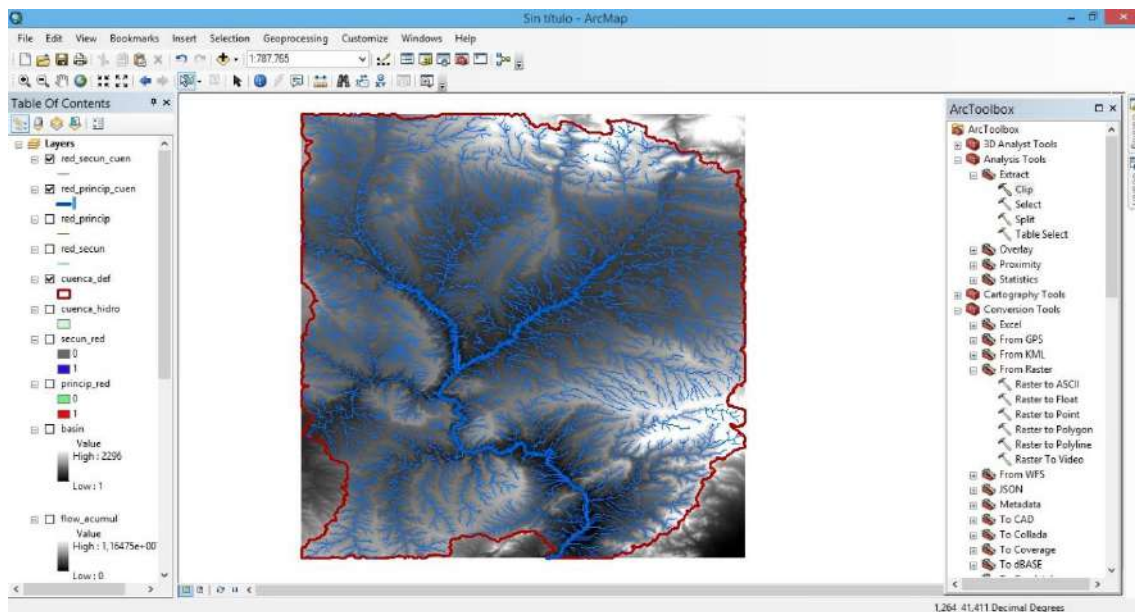


Por último, se debió **recortar los shapes de la red principal y secundaria con respecto a la cuenca**. Por tal, se empleó **Clip**. Las capas de entrada serán la red (polilíneas) y la capa de recorte la cuenca hidrográfica.

ArcToolbox > Analyst Tools > Extract > Clip



El resultado fue:



2. DATOS TOPOGRÁFICOS OBTENIDOS EN CAMPO.

Nº Punto	Este (m)	Norte (m)	Cota (msnm)	Descripción
5	9,284,232.447	632,832.202	58.764	FD
6	9,284,232.034	632,828.472	58.577	FD
7	9,284,229.734	632,836.267	58.632	FD
8	9,284,211.85	632,828.554	64.023	BD
9	9,284,198.376	632,831.567	66.159	BD
10	9,284,207.242	632,845.598	65.205	BD
11	9,284,200.161	632,844.266	66.339	BD
12	9,284,202.488	632,850.852	64.738	BD
13	9,284,201.218	632,855.162	64.704	BD
14	9,284,212.636	632,859.834	62.000	BD
15	9,284,212.906	632,862.344	61.921	BD
16	9,284,220.504	632,860.466	59.014	FD
17	9,284,205.217	632,786.459	58.459	BC
18	9,284,221.071	632,778.527	58.431	BC
19	9,284,355.178	632,799.444	58.401	BC
20	9,284,399.235	632,808.061	58.381	BC
21	9,284,419.779	632,812.096	58.404	BC
22	9,284,422.904	632,796.769	56.607	MC

23	9,284,419.177	632,815.559	58.428	MC
24	9,284,222.319	632,808.953	58.800	FD
25	9,284,223.877	632,849.226	59.042	FD
26	9,284,223.711	632,854.813	58.434	FD
27	9,284,207.066	632,868.822	62.244	BD
28	9,284,194.474	632,870.333	62.720	CAM
29	9,284,378.445	632,842.246	59.155	FI
30	9,284,382.450	632,845.458	62.621	BI
31	9,284,389.392	632,846.448	63.859	BI
32	9,284,395.676	632,852.273	64.279	BI
33	9,284,186.760	632,870.694	62.841	CAM
34	9,284,368.549	632,861.645	59.653	FI
35	9,284,373.667	632,864.282	62.874	BICAM
36	9,284,378.635	632,866.630	63.139	BICAM
37	9,284,383.309	632,869.413	62.766	BI
38	9,284,193.302	632,879.584	62.480	CAM
39	9,284,186.578	632,880.677	62.429	CAM
40	9,284,210.772	632,873.131	57.074	FD
41	9,284,210.773	632,873.128	58.652	FD
42	9,284,196.440	632,892.989	58.436	FD
43	9,284,193.875	632,903.800	58.433	FD
44	9,284,192.474	632,908.870	58.433	FD
45	9,284,190.522	632,917.085	58.433	FD
46	9,284,188.912	632,924.429	58.433	FD
47	9,284,187.075	632,931.711	58.473	FD
48	9,284,183.176	632,946.313	58.435	FD

49	9,284,192.292	632,887.025	62.268	CAM
50	9,284,360.560	632,875.860	59.506	FI
51	9,284,365.758	632,878.934	63.016	BI
52	9,284,374.514	632,883.839	62.955	BI
53	9,284,186.118	632,886.681	62.295	CAM
54	9,284,180.611	632,867.358	64.774	CASA
55	9,284,183.553	632,879.336	64.752	CASA
56	9,284,179.020	632,884.947	64.611	CASA
57	9,284,171.731	632,890.568	64.848	CASA
58	9,284,191.304	632,892.832	62.102	CAM
59	9,284,185.360	632,893.126	61.942	CAM
60	9,284,346.185	632,897.440	59.985	FI
61	9,284,351.744	632,901.261	63.811	BI
62	9,284,355.904	632,904.376	64.416	BI
63	9,284,190.396	632,898.198	62.008	CAM
64	9,284,184.884	632,896.786	62.085	CAM
65	9,284,323.450	632,924.574	60.856	FI
66	9,284,327.228	632,928.877	64.456	BI
67	9,284,330.189	632,933.844	64.361	BI
68	9,284,189.503	632,901.721	61.965	CAM
69	9,284,184.102	632,900.281	61.992	CAM
70	9,284,168.016	632,991.578	61.767	EST
71	9,284,388.000	632,841.000	64.000	BD
72	9,284,178.479	632,945.922	61.211	BD
73	9,284,172.793	632,945.151	61.263	CAM
74	9,284,298.784	632,957.073	63.984	BI

75	9,284,302.882	632,960.907	63.844	BI
76	9,284,270.426	632,971.083	58.109	FI
77	9,284,282.347	632,978.979	63.269	BI
78	9,284,285.229	632,983.175	63.182	BI
79	9,284,177.296	632,951.545	61.203	BDCAM
80	9,284,171.676	632,949.908	61.299	BDCAM
81	9,284,176.710	632,954.774	61.150	BDCAM
82	9,284,171.069	632,953.555	61.314	BDCAM
83	9,284,183.612	632,958.053	58.037	FD
84	9,284,175.736	632,959.114	61.126	CAM
85	9,284,169.944	632,959.606	61.272	CAM
86	9,284,182.659	632,961.898	58.092	FD
87	9,284,174.051	632,967.002	61.165	CAM
88	9,284,168.514	632,966.773	61.305	CAM
89	9,284,181.437	632,968.042	58.288	FD
90	9,284,172.614	632,973.911	61.143	CAM
91	9,284,167.202	632,972.856	61.367	CAM
92	9,284,179.965	632,975.670	58.007	FD
93	9,284,249.107	633,001.430	58.382	FI
94	9,284,261.743	633,005.323	62.505	BI
95	9,284,265.051	633,008.201	62.475	BI
96	9,284,170.246	632,984.159	61.275	CAM
97	9,284,164.785	632,983.493	61.520	CAM
98	9,284,178.277	632,985.168	58.191	FD
99	9,284,235.503	633,025.610	58.190	FI
100	9,284,244.598	633,029.099	61.796	BI

101	9,284,248.512	633,032.136	61.701	BI
102	9,284,167.321	632,996.551	61.406	CAM
103	9,284,161.361	632,994.448	61.618	CAM
104	9,284,174.427	632,998.753	58.063	FD
105	9,284,224.017	633,050.419	58.326	FI
106	9,284,230.119	633,052.798	61.182	BI
107	9,284,234.039	633,055.127	61.382	BI
108	9,284,161.388	633,008.865	61.483	CAM
109	9,284,155.940	633,006.029	61.745	CAM
110	9,284,169.053	633,012.380	58.419	FD
111	9,284,153.659	633,020.404	61.877	CAM
112	9,284,149.181	633,017.271	62.013	CAM
113	9,284,148.643	633,026.813	62.235	CAM
114	9,284,144.161	633,022.939	62.250	CAM
115	9,284,145.939	633,029.800	62.185	CAM
116	9,284,138.849	633,027.138	62.393	CAM
117	9,284,138.180	633,034.737	62.529	CAM
118	9,284,131.327	633,040.302	62.865	CAM
119	9,284,164.955	633,024.473	58.185	FD
120	9,284,217.226	633,090.576	58.477	FI
121	9,284,222.090	633,092.157	60.940	BI
122	9,284,226.097	633,093.072	61.058	BI
123	9,284,149.413	633,048.269	60.475	BD
124	9,284,152.389	633,049.826	58.293	FD
125	9,284,145.424	633,046.713	60.269	BD
126	9,284,216.675	633,129.779	61.291	BI

127	9,284,212.379	633,128.715	58.332	FI
128	9,284,222.604	633,130.348	61.213	BI
129	9,284,147.101	633,062.062	60.035	BD
130	9,284,150.407	633,062.628	58.146	FD
131	9,284,139.509	633,060.905	60.166	BD
132	9,284,148.460	633,079.779	60.151	BD
133	9,284,142.373	633,079.530	60.453	BD
134	9,284,151.408	633,079.470	58.333	FD
135	9,284,152.802	633,094.053	58.498	FD
136	9,284,155.956	633,125.280	58.670	FD
137	9,284,157.660	633,141.559	58.539	FD
138	9,284,160.308	633,160.226	58.521	FD
139	9,284,160.938	633,191.720	58.623	FD
140	9,284,161.159	633,221.630	58.598	FD
141	9,284,158.618	633,222.916	60.332	EST3
142	9,284,158.613	633,222.919	60.328	EST3
143	9,284,168.016	632,991.578	61.767	EST3
144	9,284,224.226	633,084.762	60.885	BI
145	9,284,218.834	633,085.620	58.272	FI
146	9,284,227.398	633,087.672	60.745	BI
147	9,284,149.301	633,085.505	59.889	BD
148	9,284,143.758	633,089.080	59.774	BD
149	9,284,151.680	633,099.798	59.556	BD
150	9,284,146.696	633,100.803	59.600	BD
151	9,284,153.298	633,114.639	59.667	BD
152	9,284,148.769	633,115.596	59.479	BD

153	9,284,155.422	633,135.771	59.450	BD
154	9,284,150.208	633,136.389	59.526	BD
155	9,284,214.705	633,111.356	58.096	FI
156	9,284,220.154	633,111.822	61.010	BI
157	9,284,223.960	633,114.432	60.550	BI
158	9,284,158.326	633,165.095	60.030	BD
159	9,284,151.614	633,165.535	60.056	BD
160	9,284,151.616	633,165.533	60.053	BD
161	9,284,213.556	633,161.395	60.239	BI
162	9,284,210.876	633,160.875	58.020	FI
163	9,284,219.173	633,162.416	59.919	BI
164	9,284,158.578	633,183.068	60.100	BD
165	9,284,152.508	633,183.862	60.353	BD
166	9,284,212.586	633,180.585	60.177	BI
167	9,284,210.420	633,180.466	58.197	FI
168	9,284,217.502	633,181.543	59.995	BI
169	9,284,158.406	633,200.417	60.102	BD
170	9,284,151.996	633,200.556	60.217	BD
171	9,284,211.156	633,193.386	59.797	BI
172	9,284,208.927	633,193.619	57.941	FI
173	9,284,216.229	633,193.984	59.664	BI
174	9,284,157.600	633,214.373	60.127	BD
175	9,284,160.261	633,214.544	58.243	FD
176	9,284,151.361	633,215.985	60.269	BD
177	9,284,210.105	633,206.094	59.978	BI
178	9,284,208.042	633,206.093	58.093	FI

179	9,284,215.125	633,206.522	59.745	BI
180	9,284,162.626	633,225.542	58.310	FD
181	9,284,160.263	633,226.085	60.046	BD
182	9,284,209.114	633,219.659	60.050	BI
183	9,284,206.834	633,219.590	57.842	FI
184	9,284,214.911	633,220.330	59.961	BI
185	9,284,155.861	633,227.297	59.873	BD
186	9,284,163.056	633,237.030	59.870	BD
187	9,284,165.387	633,236.442	58.339	FD
188	9,284,159.222	633,238.781	59.896	BD
189	9,284,208.044	633,236.116	59.978	BI
190	9,284,205.088	633,235.991	57.634	FI
191	9,284,212.717	633,236.825	59.850	BI
192	9,284,168.615	633,248.247	58.235	FD
193	9,284,166.019	633,249.145	59.859	BD
194	9,284,208.510	633,245.185	60.188	BI
195	9,284,205.574	633,245.746	57.695	FI
196	9,284,163.411	633,249.271	59.928	BD
197	9,284,213.145	633,245.130	60.087	BI
198	9,284,169.497	633,262.750	59.963	BD
199	9,284,172.513	633,262.059	58.215	FD
200	9,284,167.521	633,262.845	60.092	BD
201	9,284,206.053	633,255.389	57.641	FI
202	9,284,209.573	633,254.924	59.988	BI
203	9,284,213.997	633,254.860	59.960	BI
204	9,284,174.905	633,280.581	59.778	BD

205	9,284,177.341	633,280.080	58.162	FD
206	9,284,173.354	633,280.796	59.587	BD
207	9,284,213.323	633,271.540	60.040	BI
208	9,284,210.295	633,272.252	57.844	FI
209	9,284,217.822	633,270.630	60.029	BI
210	9,284,178.703	633,292.657	59.581	BD
211	9,284,181.432	633,292.510	57.785	FD
212	9,284,177.376	633,293.031	59.903	BD
213	9,284,218.026	633,286.322	60.040	BI
214	9,284,215.075	633,286.895	57.822	FI
215	9,284,223.530	633,285.223	60.007	BI
216	9,284,182.884	633,306.028	59.566	EST4
217	9,284,158.613	633,222.919	60.328	EST4
218	9,284,221.477	633,300.692	59.509	BI
219	9,284,218.510	633,301.059	57.508	FI
220	9,284,226.519	633,299.926	59.494	BI
221	9,284,183.705	633,306.786	59.183	BD
222	9,284,181.381	633,307.707	59.494	BD
223	9,284,185.522	633,307.176	57.190	FD
224	9,284,218.510	633,301.058	57.520	FI
225	9,284,226.520	633,299.923	59.526	BI
226	9,284,184.990	633,315.576	59.228	BD
227	9,284,182.437	633,316.083	59.525	BD
228	9,284,187.132	633,315.478	57.468	FD
229	9,284,221.468	633,311.361	57.616	FI
230	9,284,223.975	633,311.086	59.636	BI

231	9,284,228.684	633,309.886	59.533	BI
232	9,284,186.844	633,329.596	59.059	BD
233	9,284,189.140	633,329.291	57.505	FD
234	9,284,184.188	633,329.923	58.996	BD
235	9,284,224.913	633,324.391	57.356	FI
236	9,284,227.599	633,324.295	59.897	BI
237	9,284,232.014	633,323.425	59.844	BI
238	9,284,189.630	633,340.666	59.142	BD
239	9,284,186.461	633,341.909	59.143	BD
240	9,284,191.438	633,340.251	57.765	FD
241	9,284,227.500	633,335.245	57.278	FI
242	9,284,230.370	633,334.927	59.982	BI
243	9,284,235.310	633,333.492	60.081	BI
244	9,284,192.109	633,355.862	59.375	BD
245	9,284,194.620	633,355.591	57.495	FD
246	9,284,188.566	633,356.744	59.386	BD
247	9,284,235.147	633,348.341	59.872	BI
248	9,284,232.303	633,348.796	57.257	FI
249	9,284,235.149	633,348.344	59.883	BI
250	9,284,239.809	633,346.791	59.814	BI
251	9,284,194.915	633,372.172	59.533	BD
252	9,284,197.157	633,371.737	57.686	FD
253	9,284,189.926	633,373.115	59.679	BD
254	9,284,241.417	633,363.864	59.756	BI
255	9,284,238.777	633,364.141	57.552	FI
256	9,284,245.671	633,362.730	59.667	BI

257	9,284,195.640	633,379.811	59.870	BD
258	9,284,198.778	633,379.187	57.807	FD
259	9,284,191.112	633,381.096	59.761	BD
260	9,284,248.929	633,386.018	59.741	BI
261	9,284,245.961	633,386.779	57.489	FI
262	9,284,253.602	633,384.883	59.656	BI
263	9,284,198.937	633,394.565	59.762	BD
264	9,284,201.929	633,394.227	57.767	FD
265	9,284,192.734	633,395.982	59.811	BD
266	9,284,253.369	633,401.418	59.825	BI
267	9,284,250.213	633,402.004	57.514	FI
268	9,284,257.344	633,398.731	59.838	BI
269	9,284,204.044	633,413.306	59.731	BD
270	9,284,254.888	633,414.021	57.542	FI
271	9,284,194.897	633,414.798	59.756	BD
272	9,284,261.389	633,422.520	59.810	BI
273	9,284,267.585	633,419.498	59.818	BI
274	9,284,205.192	633,423.375	57.574	FD
275	9,284,203.568	633,423.682	59.624	BD
276	9,284,196.497	633,424.432	59.944	BD
277	9,284,268.389	633,437.469	59.949	BI
278	9,284,264.638	633,439.038	57.861	FI
279	9,284,274.993	633,434.594	60.061	BI
280	9,284,208.945	633,439.359	59.853	BD
281	9,284,211.036	633,438.925	57.494	FD
282	9,284,201.273	633,441.607	59.539	BD

283	9,284,272.656	633,451.065	57.888	FI
284	9,284,276.475	633,450.071	60.197	BI
285	9,284,281.221	633,448.075	60.070	BI
286	9,284,212.865	633,453.616	59.862	BD
287	9,284,216.271	633,453.026	57.396	FD
288	9,284,205.484	633,455.304	59.782	BD
289	9,284,277.373	633,462.796	57.933	FI
290	9,284,281.121	633,461.884	60.118	BI
291	9,284,285.403	633,461.063	60.099	BI
292	9,284,216.793	633,467.315	60.221	BD
293	9,284,220.420	633,466.085	57.702	FD
294	9,284,209.690	633,468.968	60.085	BD
295	9,284,278.105	633,466.215	57.824	FI
296	9,284,282.154	633,466.029	60.193	BI
297	9,284,286.702	633,464.788	60.062	BI
298	9,284,182.884	633,306.028	59.566	BI
299	9,284,158.613	633,222.919	60.328	BI
300	9,284,217.010	633,255.483	57.893	BI
301	9,284,227.758	633,253.682	57.948	BI
302	9,284,251.078	633,242.884	63.519	DIQ
303	9,284,253.730	633,263.682	63.815	DIQ
304	9,284,229.289	633,268.712	57.846	BI
305	9,284,221.284	633,270.366	58.036	BI
306	9,284,232.867	633,286.828	57.947	BI
307	9,284,227.031	633,287.938	58.157	BI
308	9,284,252.372	633,283.862	63.268	DIQ

309	9,284,252.182	633,307.413	63.031	DIQ
310	9,284,238.405	633,310.346	57.853	BI
311	9,284,232.759	633,311.711	57.983	BI
312	9,284,243.474	633,328.227	57.992	BI
313	9,284,238.543	633,330.297	58.130	BI
314	9,284,255.821	633,321.045	62.350	DIQ
315	9,284,260.582	633,332.487	62.534	DIQ
316	9,284,250.026	633,341.563	58.047	BI
317	9,284,243.017	633,344.322	58.156	BI
318	9,284,254.609	633,356.766	57.874	BI
319	9,284,247.113	633,358.031	58.289	BI
320	9,284,261.227	633,373.549	57.603	BI
321	9,284,267.073	633,372.765	58.430	BI
322	9,284,253.671	633,375.003	58.290	BI
323	9,284,293.986	633,510.930	59.578	EST4
324	9,284,182.884	633,306.028	59.566	EST4
325	9,284,284.352	633,475.358	59.466	BI
326	9,284,290.004	633,474.253	59.340	BI
327	9,284,251.697	633,475.086	56.361	EJE
328	9,284,220.119	633,476.338	59.195	BD
329	9,284,224.877	633,477.744	56.803	FD
330	9,284,213.135	633,477.665	59.200	BD
331	9,284,312.800	633,491.329	61.431	BM1
332	9,284,280.495	633,476.103	56.876	FI
333	9,284,286.358	633,489.117	59.225	BI
334	9,284,292.914	633,488.724	59.139	BI

335	9,284,297.906	633,488.139	61.388	BI
336	9,284,282.322	633,488.476	56.835	FI
337	9,284,256.348	633,491.318	56.404	EJE
338	9,284,229.908	633,494.501	56.688	FD
339	9,284,225.141	633,494.154	59.369	BD
340	9,284,218.343	633,496.787	59.348	BD
341	9,284,289.414	633,503.153	58.953	BI
342	9,284,296.581	633,501.211	59.342	BI
343	9,284,301.295	633,500.999	61.584	BI
344	9,284,285.632	633,504.007	56.932	FI
345	9,284,260.538	633,505.030	56.181	EJE
346	9,284,234.119	633,506.944	56.671	FD
347	9,284,229.607	633,507.823	59.326	BD
348	9,284,223.166	633,510.142	59.293	BD
349	9,284,293.569	633,519.076	59.414	BI
350	9,284,301.952	633,518.028	59.624	BI
351	9,284,303.392	633,519.561	61.705	DIQ
352	9,284,289.570	633,519.291	57.011	FI
353	9,284,242.489	633,526.190	56.787	FD
354	9,284,265.030	633,522.598	56.298	EJE
355	9,284,238.886	633,527.244	58.991	BD
356	9,284,233.700	633,531.301	59.002	BD
357	9,284,295.980	633,538.905	59.510	BI
358	9,284,292.062	633,539.747	57.033	FI
359	9,284,300.761	633,537.973	59.899	BI
360	9,284,305.123	633,537.301	61.818	DIQ

361	9,284,269.335	633,541.099	56.377	EJE
362	9,284,247.287	633,542.305	56.862	FD
363	9,284,243.859	633,542.528	58.901	BD
364	9,284,237.249	633,544.044	58.966	BD
365	9,284,298.896	633,561.250	58.908	BI
366	9,284,294.226	633,562.022	56.742	FI
367	9,284,249.120	633,561.868	56.717	FD
368	9,284,306.996	633,560.448	60.706	DIQ
369	9,284,271.973	633,561.752	56.656	EJE
370	9,284,245.721	633,561.695	58.986	BD
371	9,284,240.710	633,562.436	59.001	BD
372	9,284,300.525	633,579.978	59.041	BI
373	9,284,305.180	633,579.508	59.241	BI
374	9,284,296.822	633,580.105	56.436	FI
375	9,284,248.858	633,577.105	56.654	FD
376	9,284,274.178	633,578.492	56.700	EJE
377	9,284,245.520	633,577.317	59.149	BD
378	9,284,302.457	633,588.811	59.083	BI
379	9,284,305.414	633,587.800	59.310	BI
380	9,284,298.586	633,589.786	56.841	FI
381	9,284,248.116	633,588.190	56.639	FD
382	9,284,273.279	633,589.469	56.753	EJE
383	9,284,301.912	633,606.191	59.162	BI
384	9,284,299.443	633,606.062	56.759	FI
385	9,284,246.646	633,598.205	56.680	FD
386	9,284,241.263	633,578.233	59.216	BD

387	9,284,271.869	633,601.995	56.617	EJE
388	9,284,243.662	633,597.988	59.014	BD
389	9,284,238.780	633,598.067	58.959	BD
390	9,284,302.634	633,624.180	59.514	BI
391	9,284,299.974	633,624.212	56.627	FI
392	9,284,244.681	633,618.140	56.748	FD
393	9,284,271.286	633,620.415	56.812	EJE
394	9,284,241.715	633,617.751	59.141	BD
395	9,284,235.260	633,617.387	59.085	BD
396	9,284,301.414	633,642.350	58.748	BI
397	9,284,299.052	633,642.064	56.775	FI
398	9,284,243.363	633,637.264	56.500	FD
399	9,284,270.110	633,641.515	56.710	EJE
400	9,284,239.799	633,636.946	59.178	BD
401	9,284,233.553	633,636.355	59.043	BD
402	9,284,303.051	633,664.216	59.395	BI
403	9,284,298.970	633,664.257	57.190	FI
404	9,284,241.359	633,656.138	56.737	FD
405	9,284,268.625	633,659.779	56.695	EJE
406	9,284,238.888	633,655.942	58.764	BD
407	9,284,233.069	633,656.058	58.640	BD
408	9,284,302.588	633,689.109	58.922	BI
409	9,284,299.522	633,688.877	57.160	FI
410	9,284,240.323	633,677.268	56.529	FD
411	9,284,265.582	633,682.146	56.555	EJE
412	9,284,236.854	633,677.276	58.919	BD

413	9,284,230.724	633,676.525	58.730	BD
414	9,284,298.263	633,715.628	59.002	BI
415	9,284,295.013	633,714.344	57.177	FI
416	9,284,237.573	633,701.878	56.683	FD
417	9,284,263.319	633,704.731	56.375	EJE
418	9,284,234.823	633,701.406	58.450	BD
419	9,284,228.046	633,701.164	58.371	BD
420	9,284,292.003	633,737.113	59.141	BI
421	9,284,288.643	633,736.086	57.231	FI
422	9,284,233.288	633,720.158	56.954	FD
423	9,284,259.916	633,727.207	57.064	EJE
424	9,284,230.792	633,719.795	58.533	BD
425	9,284,225.786	633,719.116	58.340	BD
426	9,284,285.778	633,760.363	59.632	BI
427	9,284,281.726	633,758.764	57.397	FI
428	9,284,254.628	633,746.613	56.711	EJE
429	9,284,223.914	633,742.428	58.456	BD
430	9,284,225.990	633,743.207	56.689	FD
431	9,284,220.418	633,741.624	58.421	BD
432	9,284,274.343	633,784.632	59.875	BI
433	9,284,270.183	633,783.187	57.315	FI
434	9,284,219.440	633,770.306	56.728	FD
435	9,284,245.807	633,775.437	56.876	EJE
436	9,284,216.376	633,769.487	58.480	BD
437	9,284,212.308	633,768.451	58.513	BD
438	9,284,256.490	633,827.049	59.887	BI

439	9,284,252.845	633,825.119	57.308	FI
440	9,284,206.642	633,806.853	57.057	FD
441	9,284,229.942	633,815.607	56.808	EJE
442	9,284,203.893	633,806.532	58.765	BD
443	9,284,199.042	633,805.954	58.654	BD
444	9,284,243.578	633,853.859	60.032	BI
445	9,284,239.980	633,851.694	57.001	FI
446	9,284,199.459	633,838.719	57.254	FD
447	9,284,221.142	633,842.372	56.743	EJE
448	9,284,197.150	633,838.199	58.922	BD
449	9,284,192.244	633,837.023	58.851	BD
450	9,284,234.287	633,883.216	59.480	BI
451	9,284,228.796	633,880.650	56.987	FI
452	9,284,208.988	633,872.486	56.975	EJE
453	9,284,187.472	633,864.626	59.004	BD
454	9,284,183.267	633,862.930	59.052	EST5
455	9,284,293.986	633,510.930	59.578	EST5
456	9,284,189.631	633,865.995	56.729	FD
457	9,284,178.131	633,861.624	57.465	BD
458	9,284,181.725	633,856.664	57.400	BD
459	9,284,186.311	633,846.371	57.662	BD
460	9,284,195.603	633,804.792	57.363	BD
461	9,284,158.165	633,822.167	58.922	BD
462	9,284,150.868	633,858.286	58.928	BD
463	9,284,173.822	633,872.609	57.484	BD
464	9,284,166.857	633,883.076	57.419	BD

465	9,284,152.795	633,904.905	58.344	BD
466	9,284,132.188	633,898.721	60.582	BD
467	9,284,141.168	633,866.836	59.847	BD
468	9,284,217.125	633,919.509	59.756	BI
469	9,284,213.980	633,919.406	57.087	FI
470	9,284,164.544	633,902.240	57.248	FD
471	9,284,162.027	633,900.753	58.346	BD
472	9,284,191.494	633,910.963	56.800	EJE
473	9,284,158.706	633,899.182	58.229	BD
474	9,284,205.825	633,946.977	59.578	BI
475	9,284,210.747	633,949.362	59.577	BI
476	9,284,202.757	633,945.785	57.124	FI
477	9,284,151.541	633,927.372	57.355	FD
478	9,284,179.792	633,940.612	56.684	EJE
479	9,284,148.475	633,926.936	58.611	BD
480	9,284,144.387	633,924.925	58.514	BD
481	9,284,195.686	633,973.045	59.651	BI
482	9,284,192.498	633,970.663	56.986	FI
483	9,284,143.380	633,938.189	57.276	FD
484	9,284,170.421	633,955.987	56.995	EJE
485	9,284,139.816	633,936.797	58.804	BD
486	9,284,136.107	633,934.934	58.824	BD
487	9,284,185.487	633,992.884	60.039	BI
488	9,284,181.770	633,990.537	57.310	FI
489	9,284,131.800	633,957.907	57.414	FD
490	9,284,156.953	633,975.606	56.795	EJE

491	9,284,127.868	633,958.701	59.126	BD
492	9,284,123.825	633,957.788	59.121	BD
493	9,284,175.741	634,015.744	59.856	BI
494	9,284,171.894	634,013.676	57.111	FI
495	9,284,123.338	633,977.381	56.805	FD
496	9,284,145.402	633,994.508	56.841	EJE
497	9,284,120.319	633,975.288	59.412	BD
498	9,284,116.507	633,972.918	59.537	BD
499	9,284,164.583	634,036.170	59.611	BI
500	9,284,162.441	634,034.782	57.262	FI
501	9,284,114.047	633,994.035	56.896	FD
502	9,284,136.373	634,014.387	56.739	EJE
503	9,284,107.923	633,993.771	59.198	BD
504	9,284,103.352	633,992.381	59.153	BD
505	9,284,152.830	634,053.220	59.428	BI
506	9,284,150.279	634,051.439	57.228	FI
507	9,284,103.168	634,022.971	57.140	FD
508	9,284,126.415	634,036.542	56.889	EJE
509	9,284,098.380	634,020.130	59.782	BD
510	9,284,094.746	634,018.503	59.577	BD
511	9,284,139.419	634,078.418	60.048	BI
512	9,284,137.076	634,076.950	57.234	FI
513	9,284,090.532	634,047.884	57.288	FD
514	9,284,111.034	634,063.092	56.874	EJE
515	9,284,086.748	634,046.993	58.997	BD
516	9,284,082.700	634,046.161	59.019	BD

517	9,284,126.905	634,110.044	60.133	BI
518	9,284,123.203	634,107.991	57.461	FI
519	9,284,075.484	634,078.342	57.374	FD
520	9,284,096.215	634,092.357	57.011	EJE
521	9,284,071.937	634,078.518	59.590	BD
522	9,284,068.232	634,077.307	59.823	BD
523	9,284,116.730	634,144.267	60.185	BI
524	9,284,113.416	634,142.627	57.785	FI
525	9,284,059.923	634,109.130	57.142	FD
526	9,284,083.891	634,122.393	57.170	EJE
527	9,284,057.477	634,107.794	59.787	BD
528	9,284,054.434	634,105.795	59.834	BD
529	9,284,096.271	634,165.282	59.105	BI
530	9,284,094.976	634,162.683	57.531	FI
531	9,284,050.927	634,128.735	56.973	FD
532	9,284,071.596	634,144.663	56.990	EJE
533	9,284,050.269	634,124.191	59.849	BD
534	9,284,082.304	634,171.360	60.394	MC
535	9,284,081.369	634,170.658	57.607	FI
536	9,284,045.634	634,141.224	56.806	FD
537	9,284,063.106	634,158.021	57.131	EJE
538	9,284,042.164	634,142.301	59.230	MC
539	9,284,074.202	634,173.438	57.563	EST6
540	9,284,183.267	633,862.930	59.052	EST6
541	9,284,044.403	634,192.043	57.179	EJE
542	9,284,020.950	634,178.219	56.995	FD

543	9,284,018.058	634,176.378	59.133	BD
544	9,284,069.748	634,200.939	57.410	FI
545	9,284,072.543	634,209.049	59.113	BI
546	9,284,035.463	634,156.925	57.200	MC
547	9,284,041.638	634,148.446	57.206	MC
548	9,284,045.168	634,141.085	57.298	MC
549	9,284,078.637	634,176.873	57.884	MC
550	9,284,082.277	634,170.398	57.633	MC
551	9,284,067.827	634,217.407	58.581	BI
552	9,284,064.701	634,215.842	57.351	FI
553	9,284,071.445	634,219.350	58.620	BI
554	9,284,041.876	634,208.253	56.884	EJE
555	9,284,012.947	634,193.253	57.117	FD
556	9,284,010.692	634,192.179	58.883	BD
557	9,284,061.983	634,231.002	58.716	BI
558	9,284,059.412	634,230.117	57.584	FI
559	9,284,066.391	634,232.466	58.717	BI
560	9,284,035.454	634,220.334	56.873	EJE
561	9,284,007.033	634,208.780	57.018	FD
562	9,284,004.122	634,207.947	59.022	BD
563	9,284,055.409	634,245.120	58.955	BI
564	9,284,052.553	634,243.244	57.570	FI
565	9,284,059.628	634,247.418	58.512	BI
566	9,284,030.915	634,230.982	56.863	EJE
567	9,284,004.375	634,215.954	56.929	FD
568	9,284,002.686	634,213.812	59.067	BD

569	9,284,043.554	634,262.352	59.173	BI
570	9,284,047.768	634,264.556	58.429	BI
571	9,284,040.790	634,259.516	57.611	FI
572	9,284,020.657	634,246.938	56.947	EJE
573	9,283,996.823	634,232.226	57.036	FD
574	9,283,993.366	634,232.699	59.308	BD
575	9,284,028.685	634,283.918	59.517	BI
576	9,284,033.503	634,286.383	59.405	BI
577	9,284,025.652	634,282.009	57.628	FI
578	9,284,005.831	634,269.733	56.914	EJE
579	9,283,987.777	634,258.289	56.771	FD
580	9,283,984.400	634,257.763	59.125	BD
581	9,284,017.298	634,309.697	59.489	BI
582	9,284,021.171	634,312.238	59.281	BI
583	9,284,014.229	634,307.755	57.633	FH
584	9,283,992.968	634,293.817	56.739	EJE
585	9,283,977.531	634,283.745	57.218	FD
586	9,283,975.040	634,282.341	59.170	BD
587	9,284,001.886	634,342.962	58.843	BI
588	9,283,999.117	634,340.796	57.484	FI
589	9,283,977.812	634,323.581	56.906	EJE
590	9,283,959.861	634,311.087	57.265	FD
591	9,283,957.362	634,310.470	59.161	BD
592	9,283,953.257	634,326.193	59.208	EST8
593	9,284,074.202	634,173.438	57.563	EST8
594	9,283,999.919	634,346.449	58.566	BI

595	9,283,950.384	634,336.708	58.615	BI
596	9,283,952.652	634,337.350	56.522	FI
597	9,283,996.238	634,347.373	57.249	FD
598	9,283,993.545	634,374.131	59.665	BI
599	9,283,990.593	634,371.417	57.298	FI
600	9,283,941.912	634,361.394	57.190	FD
601	9,283,939.874	634,360.771	58.643	BD
602	9,283,991.770	634,393.331	58.497	BI
603	9,283,989.313	634,393.149	57.289	FI
604	9,283,939.480	634,387.183	57.113	FD
605	9,283,935.946	634,387.256	58.846	BD
606	9,283,991.986	634,404.637	59.140	BI
607	9,283,989.077	634,404.692	56.955	FI
608	9,283,938.438	634,401.793	57.329	FD
609	9,283,934.665	634,401.229	59.354	BD
610	9,283,997.698	634,423.019	59.271	BI
611	9,283,994.315	634,423.707	57.114	FI
612	9,283,947.388	634,426.084	57.382	FD
613	9,283,943.820	634,426.518	58.873	BD
614	9,284,000.528	634,446.149	58.950	BI
615	9,283,997.915	634,446.373	57.325	FI
616	9,283,955.262	634,449.783	57.293	FD
617	9,283,948.685	634,450.586	59.477	BD
618	9,284,006.777	634,466.217	58.819	BI
619	9,284,004.386	634,466.266	57.296	FI
620	9,283,959.645	634,470.787	57.482	FD

621	9,283,952.185	634,472.405	58.781	BD
622	9,284,011.450	634,488.520	59.366	BI
623	9,284,009.096	634,488.576	57.310	FI
624	9,283,960.388	634,487.606	57.413	FD
625	9,283,953.575	634,488.700	59.867	BD
626	9,284,015.346	634,521.942	59.074	BI
627	9,284,012.498	634,520.717	57.474	FI
628	9,283,963.586	634,516.695	57.375	FD
629	9,283,957.747	634,516.249	59.587	BD
630	9,284,008.913	634,553.020	58.552	BI
631	9,284,006.376	634,551.580	57.217	FI
632	9,283,962.883	634,539.227	57.232	FD
633	9,283,953.976	634,537.416	59.757	BD
634	9,283,984.345	634,600.347	57.484	EST9
635	9,283,953.257	634,326.193	59.208	EST9
636	9,283,987.546	634,608.658	58.421	BI
637	9,283,985.834	634,607.585	57.269	FI
638	9,283,944.474	634,581.108	57.125	FD
639	9,283,941.643	634,579.242	59.580	BD
640	9,283,978.490	634,621.105	58.764	BI
641	9,283,976.595	634,619.020	57.253	FI
642	9,283,937.801	634,587.301	57.148	FD
643	9,283,934.120	634,583.929	60.197	BD
644	9,283,961.146	634,642.927	58.874	BI
645	9,283,958.082	634,639.240	57.760	FI
646	9,283,922.847	634,598.256	57.227	FD

647	9,283,919.738	634,592.029	59.578	BD
648	9,283,935.143	634,661.536	59.487	BI
649	9,283,933.359	634,657.981	57.822	FI
650	9,283,907.800	634,608.107	57.150	FD
651	9,283,906.574	634,604.932	59.086	BD
652	9,283,910.854	634,671.183	59.338	BI
653	9,283,909.740	634,667.952	57.982	FI
654	9,283,886.097	634,612.383	57.175	FD
655	9,283,884.755	634,609.134	59.139	BD
656	9,283,884.806	634,680.569	59.316	BI
657	9,283,883.708	634,677.062	57.775	FI
658	9,283,865.507	634,615.218	57.515	FD
659	9,283,865.430	634,612.762	59.031	BD
660	9,283,862.840	634,689.430	58.863	BI
661	9,283,862.336	634,685.639	57.599	FI
662	9,283,845.264	634,616.919	57.640	FD
663	9,283,845.342	634,614.048	59.060	BD
664	9,283,851.383	634,691.903	59.566	BI
665	9,283,850.682	634,688.555	57.908	FI
666	9,283,826.816	634,620.964	57.711	FD
667	9,283,825.901	634,618.038	59.477	BD
668	9,284,040.107	634,381.856	64.687	BM



 UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN Facultad de Ingeniería Arquitectura y Urbanismo Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Tesis: ANÁLISIS DE LOS PATRONES DE CAMBIO HIDRÁULICOS Y MECANICOS DEL RÍO LA LECHE PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES BASADO EN IMÁGENES SATELITALES. PERIODO 1997 - 2017			
Autor: VILLALOBOS MONDRAGON REINER			
MAPA: ANALISIS DE PATRONES HIDRICOS DEL RIO LA LECHE AÑO 1999	Asesor: <u>Mg. Ing. Mahli Helem Rojas Herrera</u>	Escala: 1: 70.000	Mapa N° 1
	FECHA: JULIO 2019		
	Dirección: CHICLAYO- LAMBAYEQUE-PERÚ		

LEYENDA

 AREA DE ESTUDIO

 RIO LA LECHE AÑO 1999

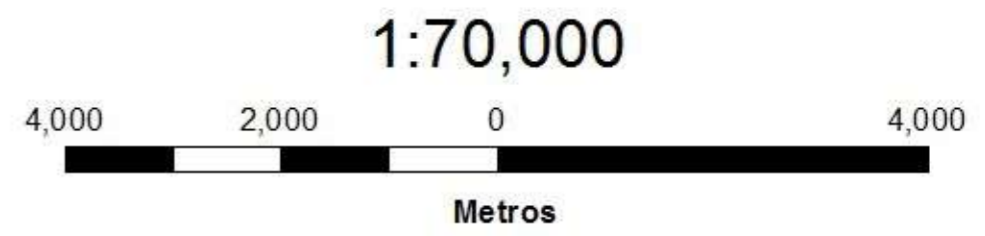
IMAGEN LANDSAT 5_19991224

RGB

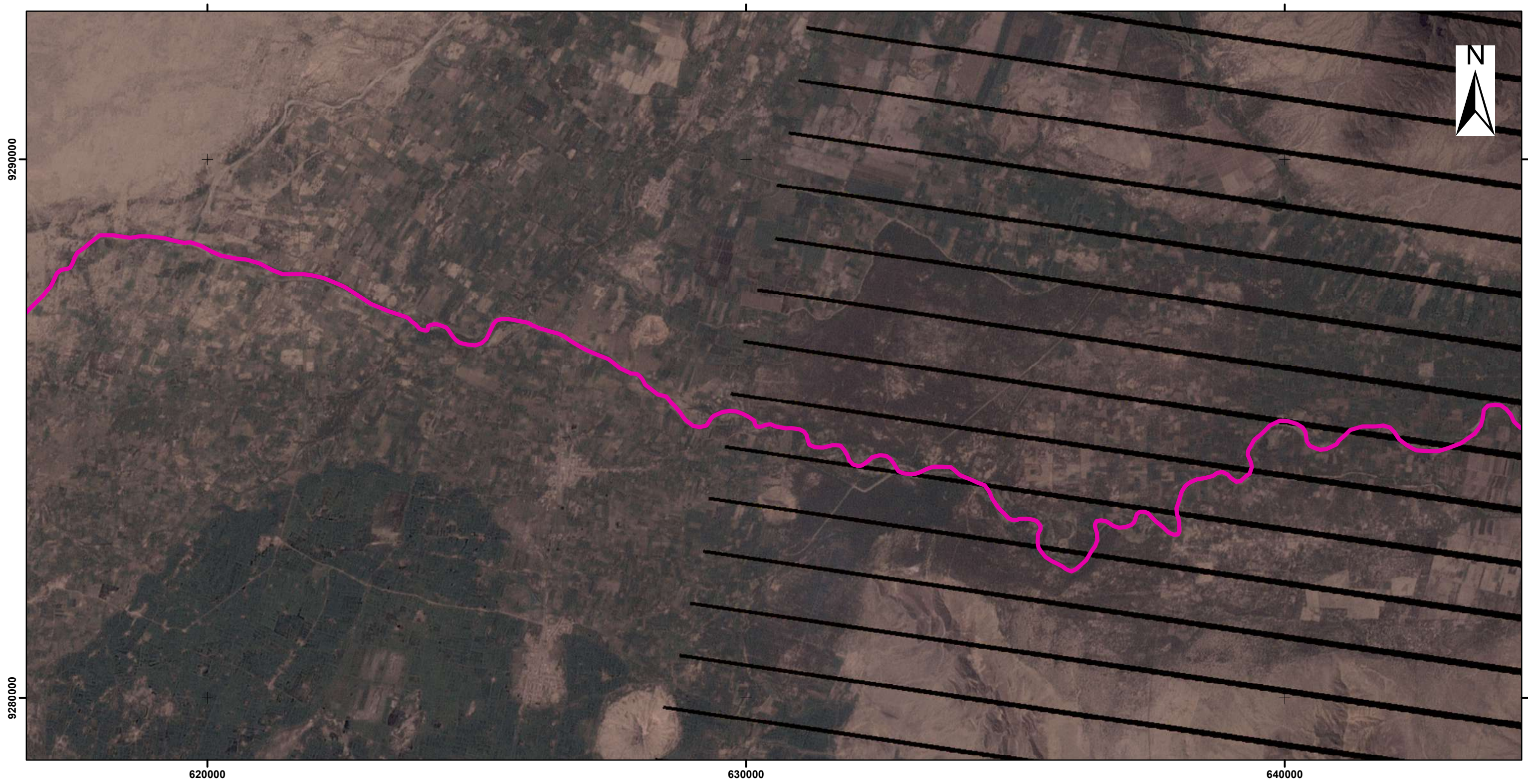
 Red: Red

 Green: Green

 Blue: Blue




SISTEMA DE PROYECCIÓN UTM- ZONA 17S
SISTEMA DE REFERENCIA: WGS 1984



 UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN Facultad de Ingeniería Arquitectura y Urbanismo Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Tesis: Análisis de los patrones de cambio hidráulicos y meándricos del río La Leche basado en imágenes satelitales para el control de inundaciones período 1999-2019			
Autor: VILLALOBOS MONDRAGON REINER			
MAPA: ANALISIS DE PATRONES HIDRICOS DEL RIO LA LECHE AÑO 2006	Asesor: Mg. Ing. Mahli Helem Rojas Herrera FECHA: JULIO 2019 Dirección: CHICLAYO- LAMBAYEQUE-PERÚ	Escala: 1: 70.000	Mapa N° 2

LEYENDA

 AREA DE ESTUDIO





 RIO LA LECHE AÑO 2006

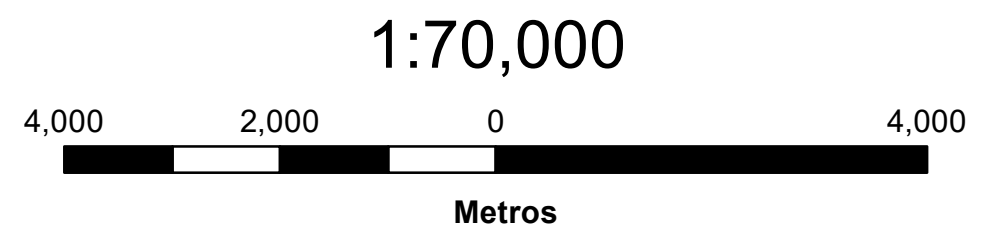
IMAGEN LANDSAT 7_20060630

RGB

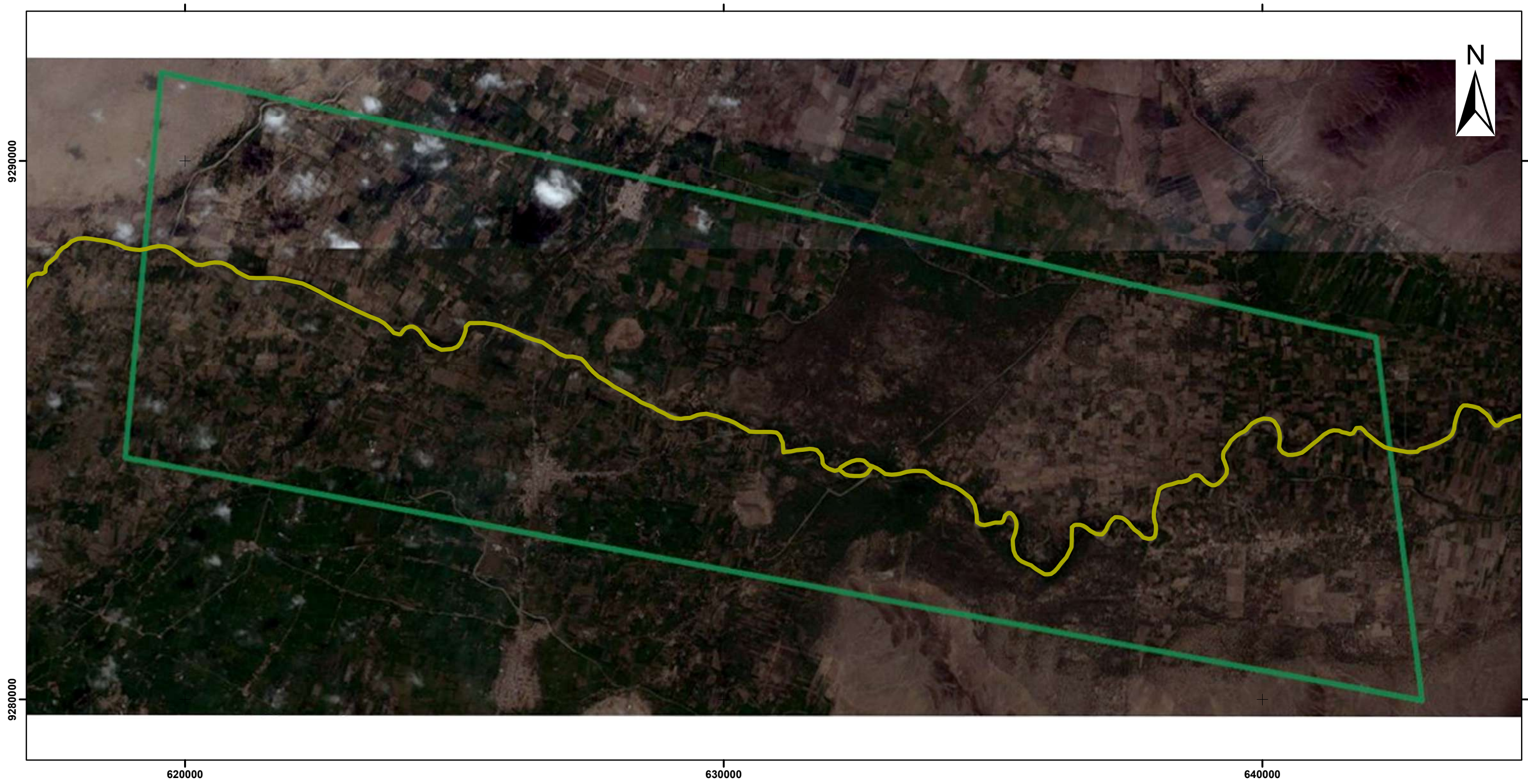
 Red: Red

 Green: Green

 Blue: Blue




SISTEMA DE PROYECCIÓN UTM- ZONA 17S
SISTEMA DE REFERENCIA: WGS 1984



 UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN Facultad de Ingeniería Arquitectura y Urbanismo Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Tesis: Análisis de los patrones de cambio hidráulicos y meándricos del río La Leche basado en imágenes satelitales para el control de inundaciones período 1999-2019			
Autor: VILLALOBOS MONDRAGON REINER			
MAPA: ANALISIS DE PATRONES HIDRICOS DEL RIO LA LECHE AÑO 2010	Asesor: Mg. Ing. Mahli Helem Rojas Herrera	Escala: 1: 70.000	Mapa N° 3
	FECHA: JULIO 2019		
	Dirección: CHICLAYO- LAMBAYEQUE-PERÚ		

LEYENDA


 AREA DE ESTUDIO

 RIO LA LECHE AÑO 2010

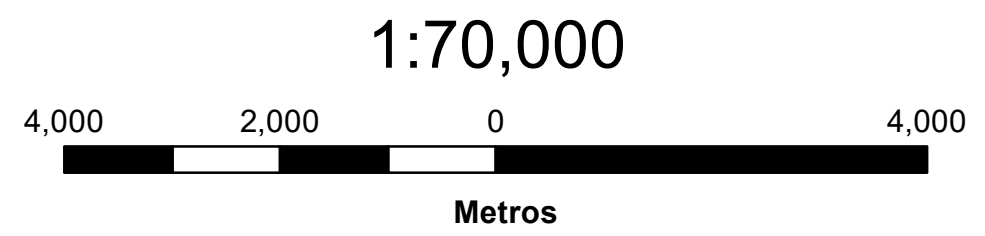
201005.tif

RGB

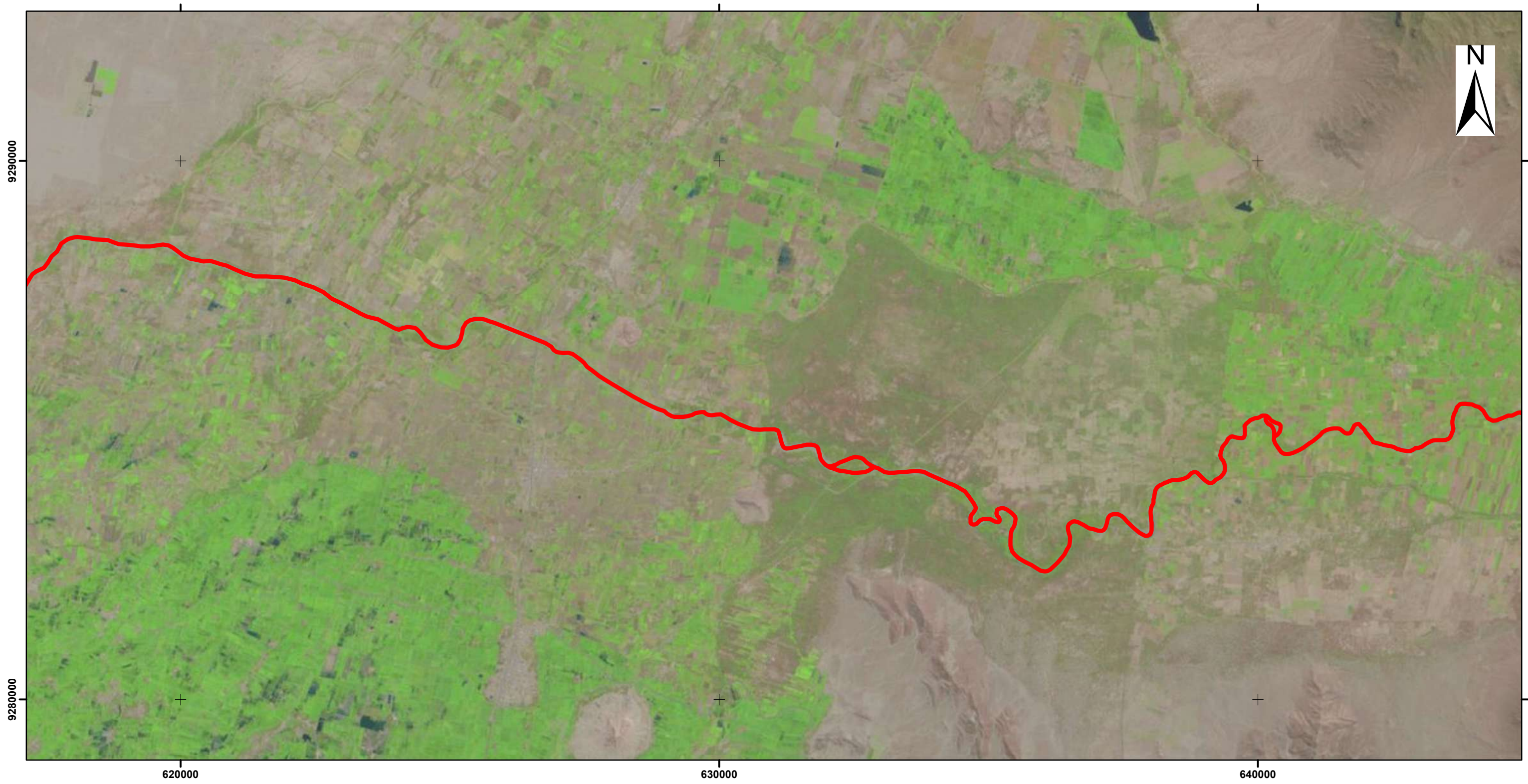
 Red: NONE

 Green: NONE

 Blue: NONE



SISTEMA DE PROYECCIÓN UTM- ZONA 17S
SISTEMA DE REFERENCIA: WGS 1984



 UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN Facultad de Ingeniería Arquitectura y Urbanismo Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Tesis: Análisis de los patrones de cambio hidráulicos y meándricos del río La Leche basado en imágenes satelitales para el control de inundaciones periodo 1999-2019			
Autor: VILLALOBOS MONDRAGON REINER			
MAPA: ANALISIS DE PATRONES HIDRICOS DEL RIO LA LECHE AÑO 2016	Asesor: Mg. Ing. Mahli Helem Rojas Herrera	Fecha: JULIO 2019	Escala: 1: 70.000
		Dirección: CHICLAYO- LAMBAYEQUE-PERÚ	Mapa N° 4

LEYENDA

 AREA DE ESTUDIO

 RIO LA LECHE AÑO 2016

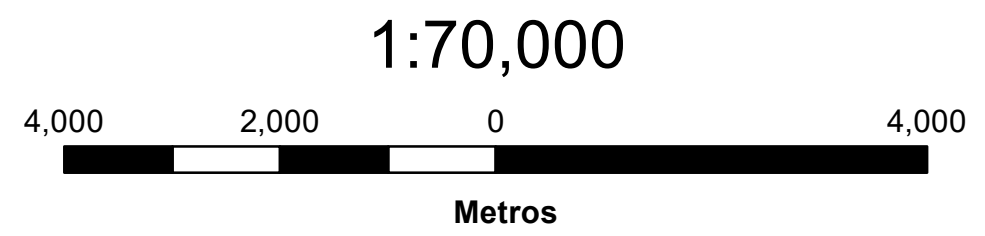
SENTINEL_20160502

RGB

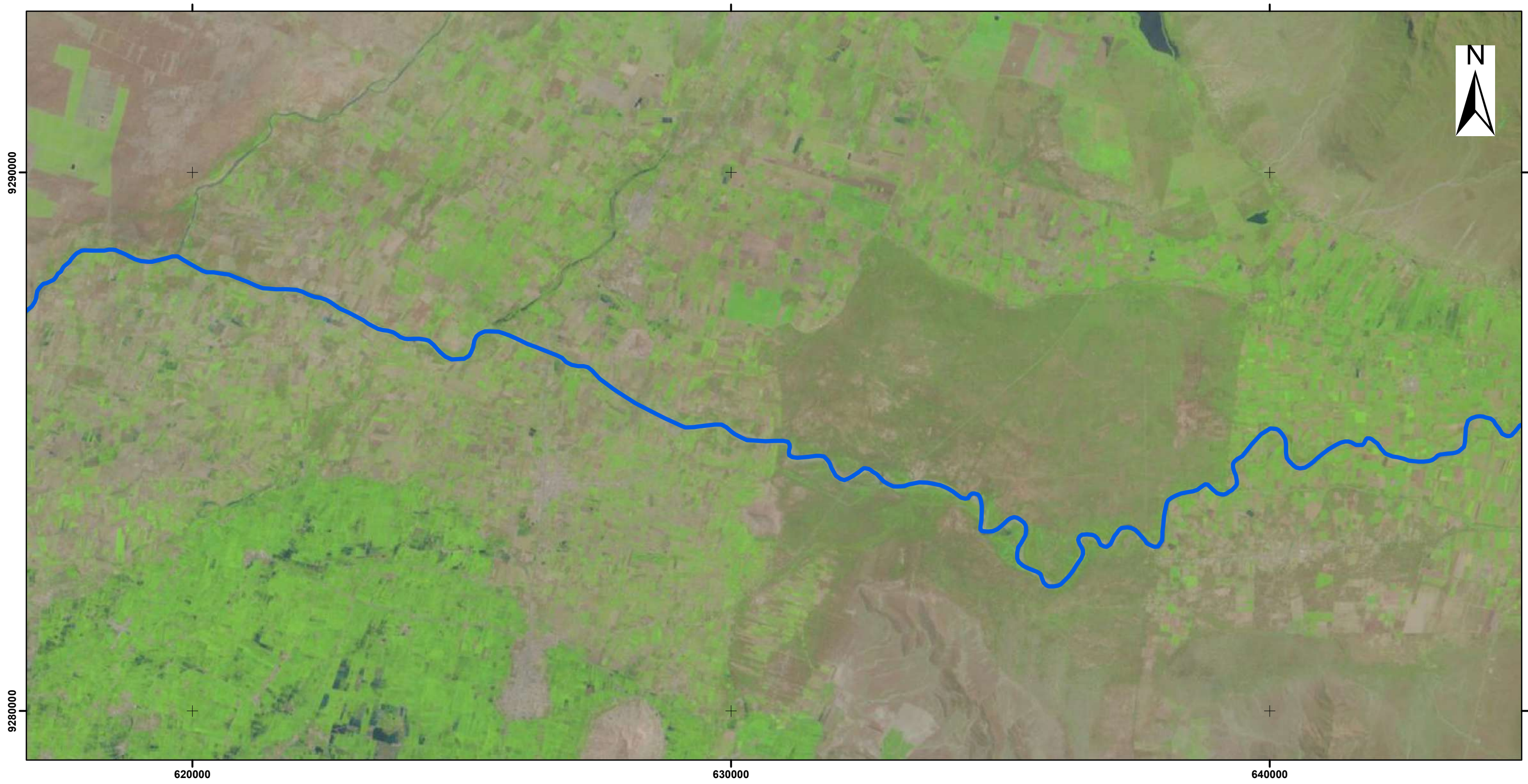
 Red: NONE

 Green: NONE

 Blue: NONE



SISTEMA DE PROYECCIÓN UTM- ZONA 17S
SISTEMA DE REFERENCIA: WGS 1984



 UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN Facultad de Ingeniería Arquitectura y Urbanismo Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Tesis: Análisis de los patrones de cambio hidráulicos y meándricos del río La Leche basado en imágenes satelitales para el control de inundaciones período 1999-2019			
Autor: VILLALOBOS MONDRAGON REINER			
MAPA: ANALISIS DE PATRONES HIDRICOS DEL RIO LA LECHE AÑO 2019	Asesor: Mg. Ing. Mahli Helem Rojas Herrera FECHA: JULIO 2019 Dirección: CHICLAYO- LAMBAYEQUE-PERÚ	Escala: 1: 70.000	Mapa N° 5

LEYENDA

 AREA DE ESTUDIO

 RIO LA LECHE AÑO 2019

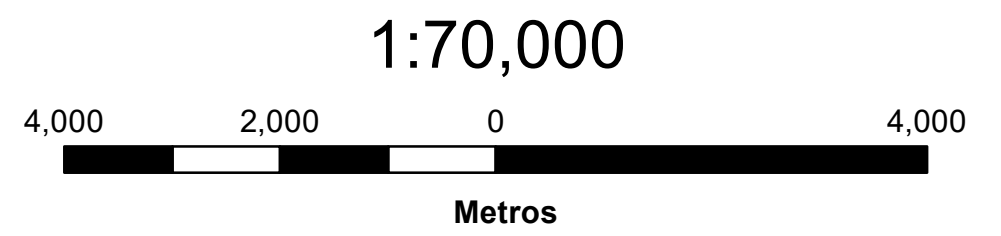
SENTINEL_20190412

RGB

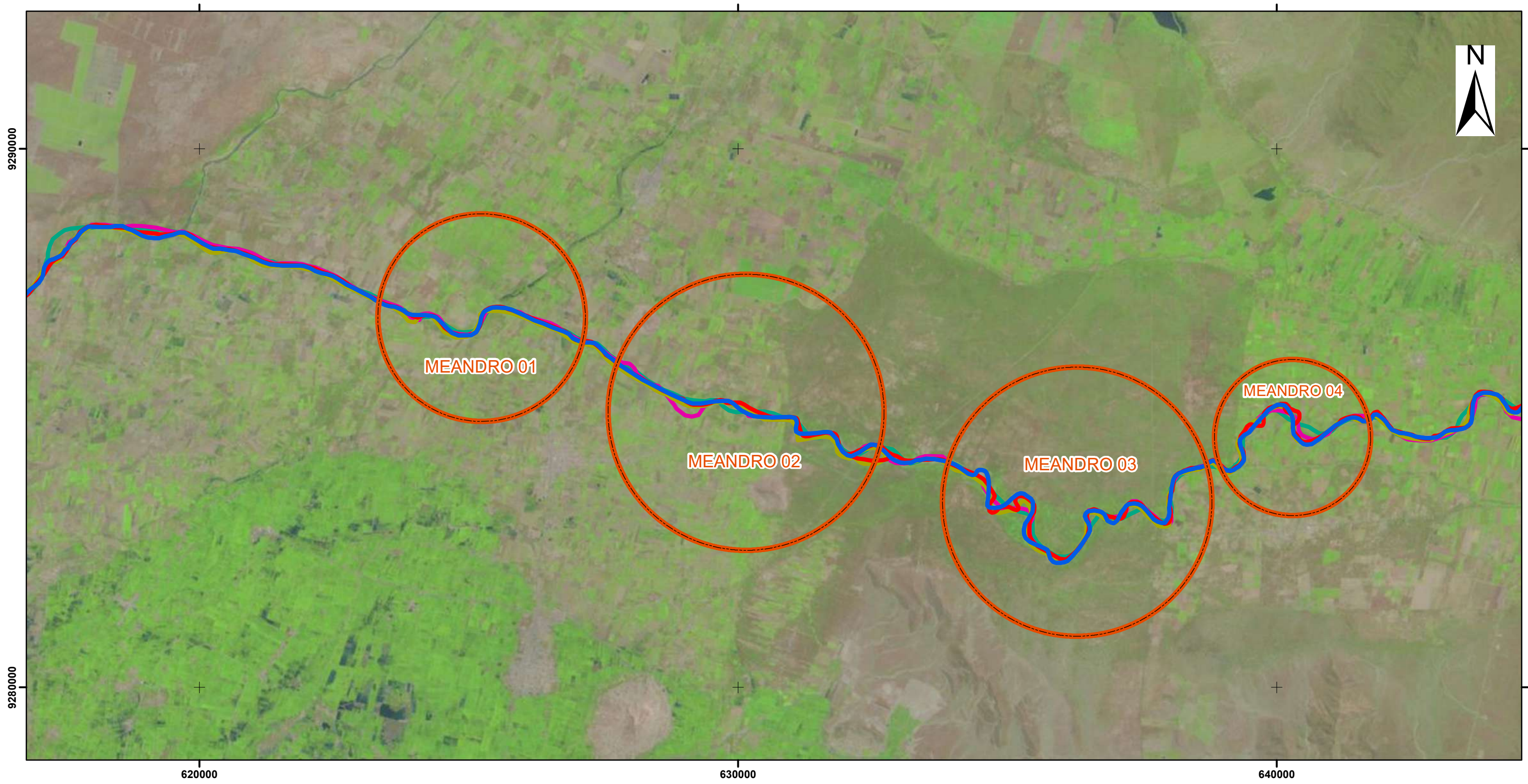
 Red: NONE

 Green: NONE

 Blue: NONE










SISTEMA DE PROYECCIÓN UTM- ZONA 17S
SISTEMA DE REFERENCIA: WGS 1984






 <p>UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN Facultad de Ingeniería Arquitectura y Urbanismo Escuela Profesional de Ingeniería Civil</p>		
<p>Tesis: Análisis de los patrones de cambio hidráulicos y meándricos del río La Leche basado en imágenes satelitales para el control de inundaciones período 1999-2019</p>		
<p>Autor: VILLALOBOS MONDRAGON REINER</p>		
<p>MAPA: ANALISIS DE PATRONES HIDRICOS DEL RIO LA LECHE PERIODO 1999 - 2019</p>	<p>Asesor: Mg. Ing. Mahli Helem Rojas Herrera</p> <p>FECHA: JULIO 2019</p> <p>Dirección: CHICLAYO- LAMBAYEQUE-PERÚ</p>	<p>Escala: 1: 70.000</p> <p>Mapa N° 6</p>

LEYENDA

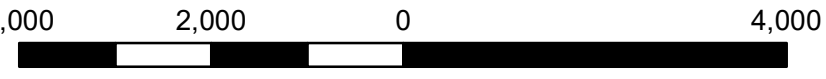
-  AREA DE ESTUDIO
-  MEANDROS
-  RIO LA LECHE AÑO 2019
-  RIO LA LECHE AÑO 2016
-  RIO LA LECHE AÑO 2010
-  RIO LA LECHE AÑO 2006
-  RIO LA LECHE AÑO 1999

SENTINEL_20190412

RGB

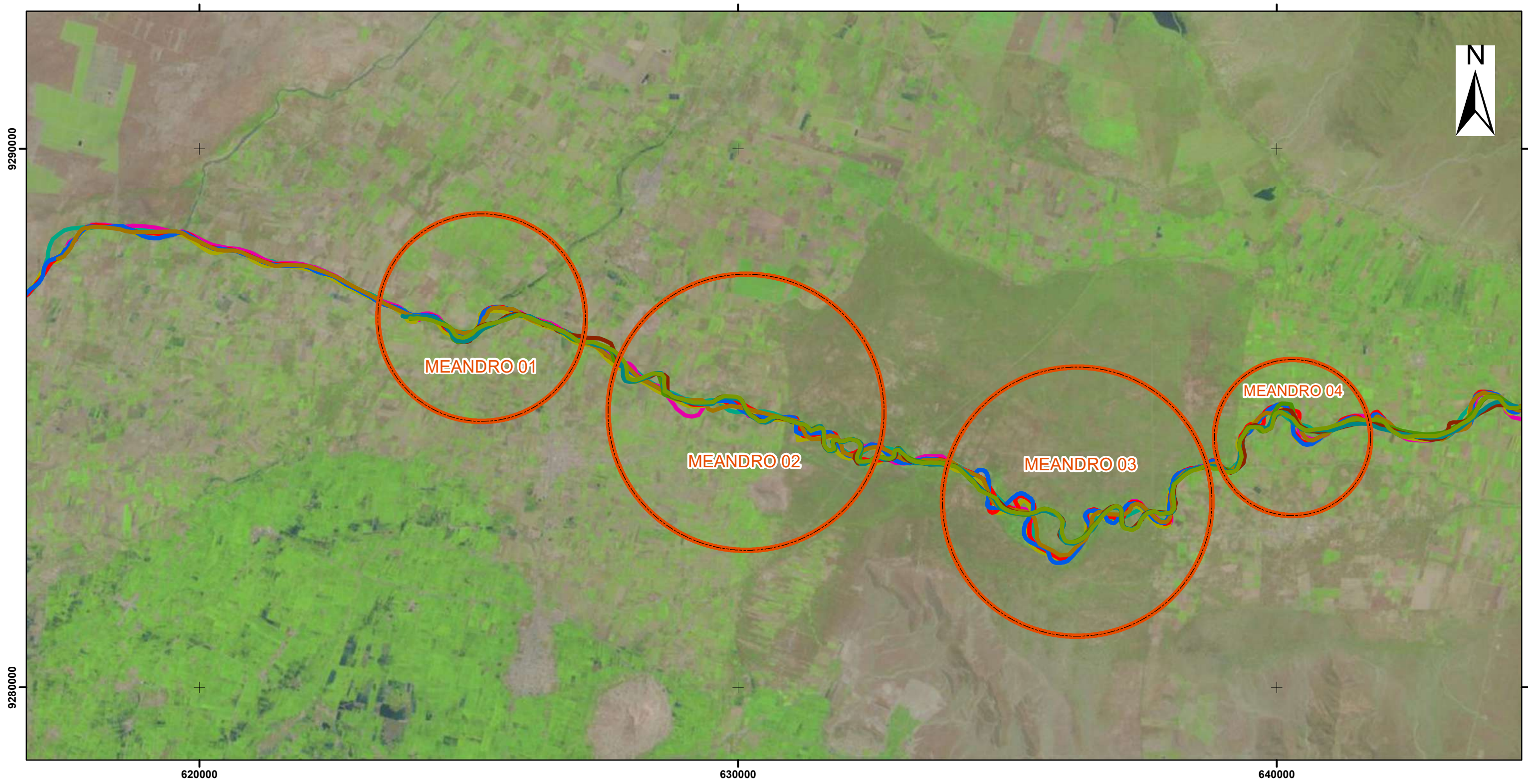
-  Red: Band_1
-  Green: Band_2
-  Blue: Band_3

1:70,000







Metros

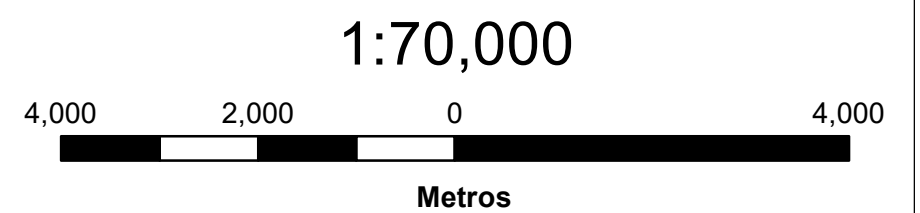
SISTEMA DE PROYECCIÓN UTM- ZONA 17S
SISTEMA DE REFERENCIA: WGS 1984



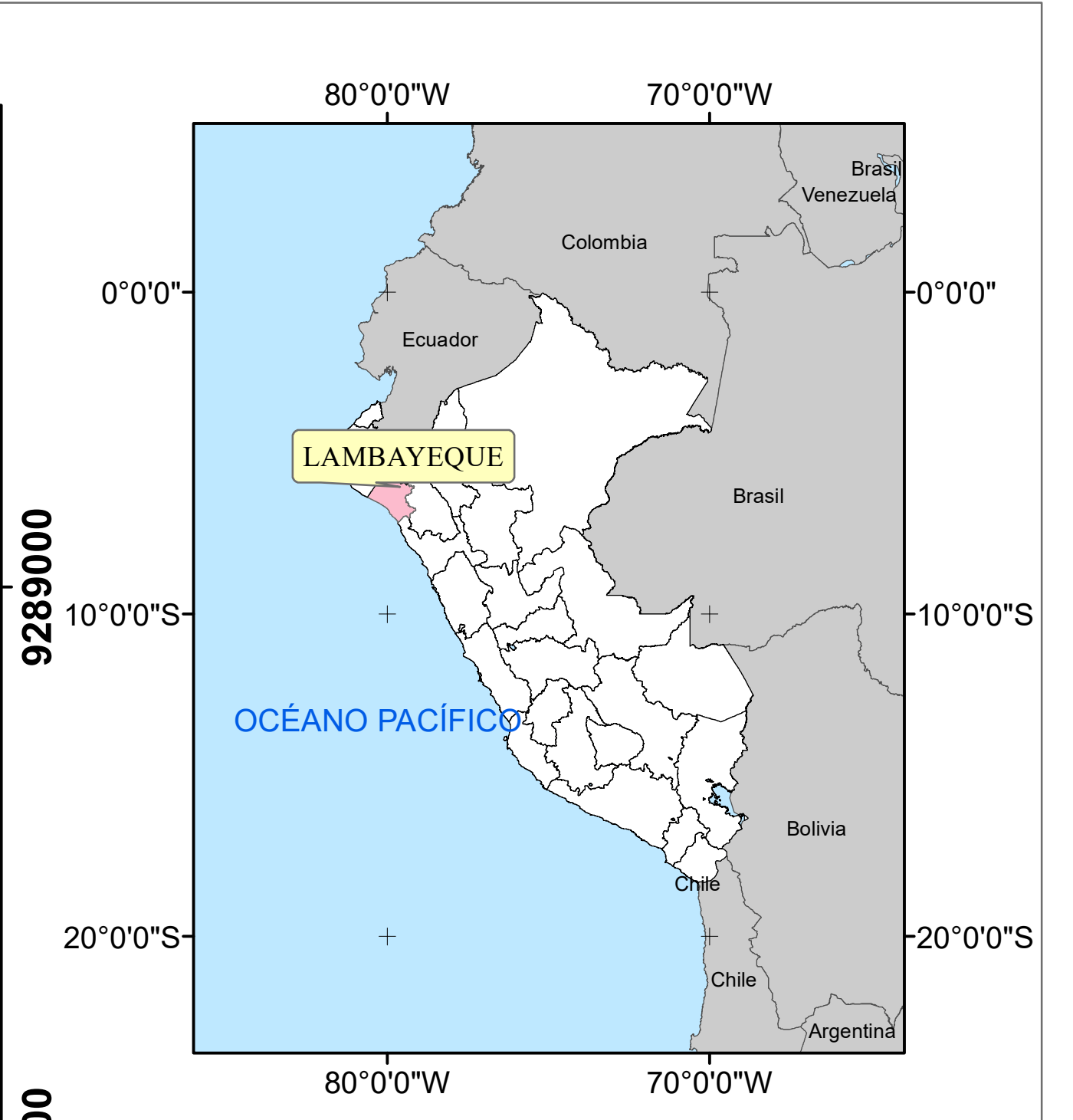
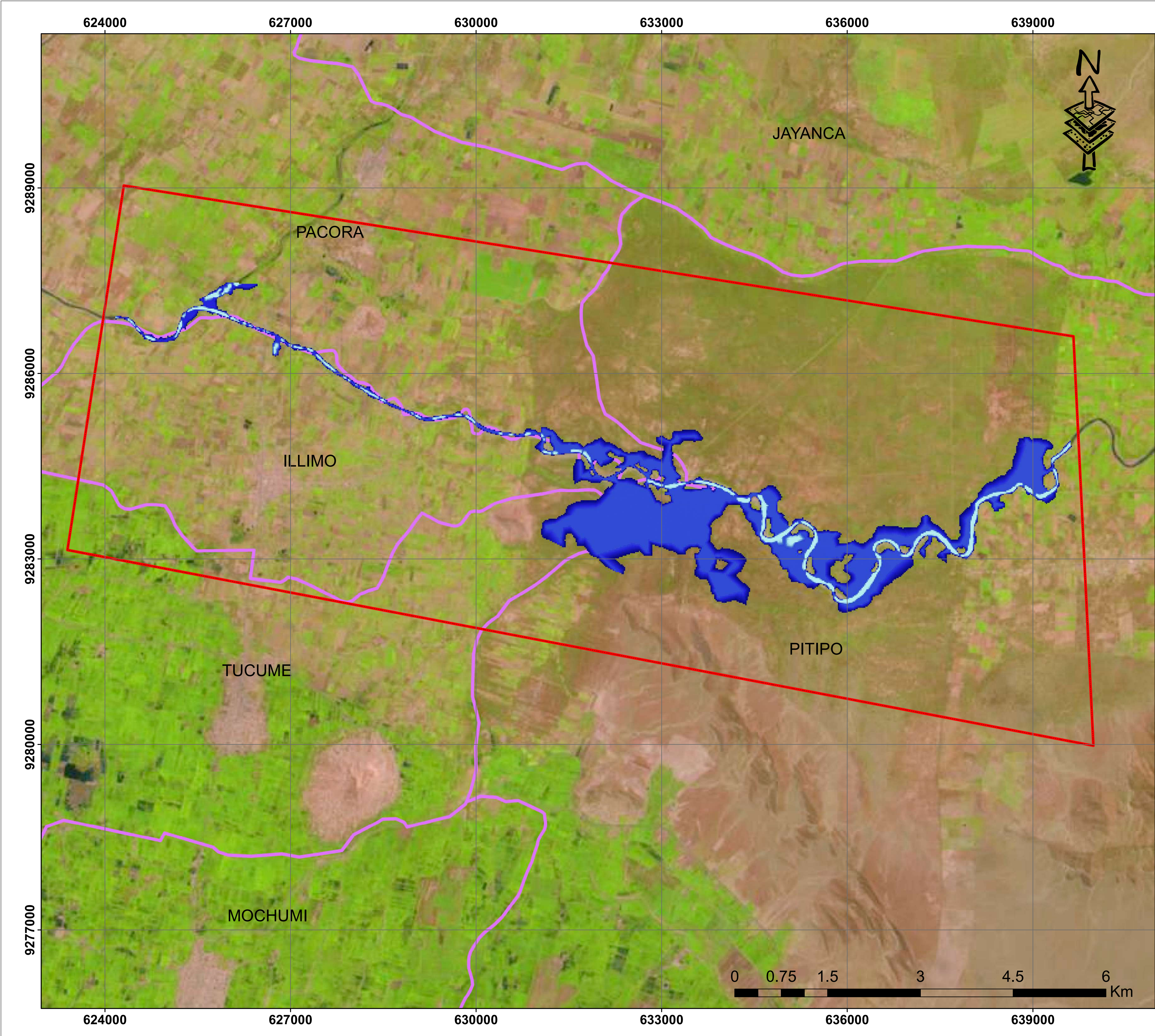
 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN Facultad de Ingeniería Arquitectura y Urbanismo Escuela Profesional de Ingeniería Civil</p>			
<p style="text-align: center;">Tesis: Análisis de los patrones de cambio hidráulicos y meándricos del río La Leche basado en imágenes satelitales para el control de inundaciones período 1999-2019</p>			
<p style="text-align: center;">Autor: VILLALOBOS MONDRAGON REINER</p>			
<p>Asesor: Mg. Ing. Mahli Helem Rojas Herrera</p>		<p>Fecha: JULIO 2019</p>	
<p>Dirección: CHICLAYO- LAMBAYEQUE-PERÚ</p>		<p>Escala: 1: 70.000</p>	<p>Mapa N° 7</p>
<p>MAPA: ANALISIS DE PATRONES HIDRICOS DEL RIO LA LECHE PERIODO 1983 - 2019</p>			

LEYENDA

	AREA DE ESTUDIO		RIO LA LECHE AÑO 1998
	MEANDROS		RIO LA LECHE AÑO 1992
	RIO LA LECHE AÑO 2019		RIO LA LECHE AÑO 1995
	RIO LA LECHE AÑO 2016		RIO LA LECHE AÑO 1987
	RIO LA LECHE AÑO 2010		RIO LA LECHE AÑO 1984
	RIO LA LECHE AÑO 2006	SENTINEL_20190412	
	RIO LA LECHE AÑO 1999	RGB	
			Red: Band_1
			Green: Band_2
			Blue: Band_3



SISTEMA DE PROYECCIÓN UTM- ZONA 17S
SISTEMA DE REFERENCIA: WGS 1984



MAPA DE INUNDACIONES DEL RÍO LA LECHE		
TESIS: "Análisis de los patrones de cambio hidráulicos y meándricos del río La Leche basado en imágenes satelitales para el control de inundaciones período 1999-2019"		
TESISTA: BACH. REINER VILLALOBOS MONDRAGÓN		
ASESOR: Mg. Ing. Mahli Helem Rojas Herrera		
FUENTE DE INFORMACION SATELITAL:		
ESCALA: 1:30 000	PROYECCION: WGS 84, ZONA 17S	FORMATO A1