

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“DETERMINACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO
SUPERFICIAL DE LA CUENCA DEL RÍO SANTA
PARA SATISFACCIÓN DE LA DEMANDA
EXISTENTE, 2020”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

Autor:

Edward Andy Marin Melo

Asesor:

Ing. Mg. Eduar José Rodríguez Beltrán

Trujillo - Perú

2020



DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico con mucho cariño:

A Dios todo poderoso por ser mi fortaleza, y guiarme siempre por el camino del bien.

Al gran hombre sinónimo de trabajo y superación, mi padre, Jacob

A mí querida madre Luz, que a pesar de las adversidades de la vida siempre estuvo
conmigo, brindándome su apoyo incondicionalmente.

A mis hermanos, Rocío y Luis, por confiar y creer en mí, por su apoyo y aliento constante
durante el transcurso de mi vida.

En especial lo dedico con profundo amor a mi esposa Tannia a mis hijos Luz Antonella y
Jhader Andy porque son el motivo y deseo de mi superación... los quiero mucho.

Gracias a todos por ayudarme a dar este gran paso.

Edward Marín

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer infinitamente en primer lugar a Dios quien ha sabido guiarme por el buen camino, dándome fuerzas para seguir adelante y no desmayar ante los problemas que se me presentaba, por haber puesto en mi camino aquellas personas que han sido soporte durante todo el periodo de estudio.

A la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, por permitirme estudiar en su prestigiosa Universidad la carrera de Ingeniería Civil y poder lograr nuestros objetivos.

A mis maestros, aquellos que marcaron cada etapa de nuestro camino universitario con conocimientos y amistad, impulsando el desarrollo de nuestra formación profesional, y un reconocimiento especial al Ing. Danny Stephan Zelada Mosquera, por el apoyo técnico y administrativo brindado durante el desarrollo de carrera de Ingeniería Civil que estudie.

A mis amigos, que me apoyaron mutuamente en nuestra formación profesional y que hasta ahora, seguimos siendo amigos. Son muchas las personas especiales a las que me gustaría agradecer su amistad, apoyo, ánimo y compañía en las diferentes etapas de nuestra vida. Algunas están aquí con nosotros y otras en nuestros recuerdos y en el corazón.

Mi admiración y eterno agradecimiento al Ing. Eduar Rodríguez Beltrán, Por su dedicación, experiencia y acertado asesoramiento en la realización del presente trabajo de investigación.

¡Gracias!

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE ECUACIONES	10
RESUMEN	11
ABSTRACT	12
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	13
1.1. Realidad problemática.....	13
1.2. Antecedentes y estudios previos	15
1.3. Bases teóricas	18
1.4. Formulación del problema	48
1.5. Objetivos	48
1.6. Hipótesis.....	48
1.7. Justificación	49
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	50
2.1 Tipo de investigación	50
2.2 Población y muestra	52
2.3 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	52
2.4 Procedimiento.....	53
2.5. Aspectos Éticos:	55
CAPÍTULO III. RESULTADOS	56
3.1 Parámetros geomorfológicos:.....	56
3.2 Precipitación:.....	60

3.3	Temperatura:	63
3.4	Humedad:	64
3.5	Velocidad de viento:.....	65
3.6	Evapotranspiración:.....	67
3.7	Demanda de agua:	70
3.8	Balace hídrico:.....	72
3.9	Oferta de agua:	76
3.10	Índice de escasez:	79
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES		81
4.1	Limitaciones	81
4.2	Discusiones.....	81
4.3	Conclusiones	83
REFERENCIAS		86
ANEXOS		95
ANEXO 1. MAPA GEOGRÁFICO DE LA CUENCA DEL RÍO SANTA.		95
ANEXO 2. MAPA GEOGRÁFICO DE PROVINCIAS Y DISTRITOS QUE CONFORMAN LA CUENCA DEL RÍO SANTA.		96
ANEXO 3. MAPA GEOGRÁFICO DE LAS SUBCUENCAS CONFORMANTES DE LA CUENCA DEL RIO SANTA.		97
ANEXO 4. MAPA GEOGRÁFICO DE LOS RIOS QUE COMPONENTEN LAS SUBCUENCAS.....		98
ANEXO 5. DISTRIBUCIÓN CLIMÁTICA EN LA CUENCA DEL RÍO SANTA.		99
ANEXO 6. PENDIENTES EN LA CUENCA DEL RÍO SANTA SEGÚN ZONAS.....		100
ANEXO 7. DELIMITACIÓN DE DEMANDA POBLACIONAL EN LA CUENCA DEL RÍO SANTA.		101
ANEXO 8. DELIMITACIÓN DE LA DEMANDA AGRÍCOLA EN LA CUENCA DEL RÍO SANTA.		102

ANEXO 9. DELIMITACIÓN DE LA DEMANDA INDUSTRIAL EN LA CUENCA DEL RÍO SANTA.	103
ANEXO 10. DELIMITACIÓN DE LA DEMANDA MINERA EN LA CUENCA DEL RÍO SANTA.	104
ANEXO 11. DELIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA EN LA CUENCA DEL RÍO SANTA.	105
ANEXO 12. ESQUEMA INTEGRAL DEL PROYECTO CHAVIMOCHIC.	106
ANEXO 13. ESQUEMA DEL PROYECTO CHINECAS.	107
ANEXO 14. SIST. DE IRRIGACIÓN PROYECTO ESPECIAL CHAVIMOCHIC Y PROYECTO ESPECIAL CHINECAS.	108
ANEXO 15. CÁLCULO PROMEDIO DE PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS DE LA CUENCA DEL RÍO SANTA.	109
ANEXO 16. CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN PROMEDIO EN LA CUENCA DEL RÍO SANTA.	110
ANEXO 17. CÁLCULO DE LA TEMPERATURA PROMEDIO EN LA CUENCA DEL RÍO SANTA	111
ANEXO 18. NÚMERO MÁXIMO DE HORAS DE SOL. DOORENBOS Y PRUIT, 1977...	112
ANEXO 19. NÚMERO MÁXIMO DE HORAS DE SOL. ALLEN ET AL, 1998.	112
ANEXO 20. CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN PROMEDIO EN LA CUENCA DEL RÍO SANTA.	113
ANEXO 21. DATOS DE DEMANDA PROMEDIO EN EL 2015 EN LA CUENCA DEL RÍO SANTA.	114
ANEXO 22. DATOS DE DEMANDA PROMEDIO EN EL 2018 EN LA CUENCA DEL RÍO SANTA.	115
ANEXO 23. BALANCE HÍDRICO SUPERFICIAL PROMEDIO DE LA CUENCA DEL RÍO SANTA.	116
ANEXO 24. CÁLCULO DE OFERTA HÍDRICA PROMEDIO TOTAL.	117
ANEXO 25. CÁLCULO DE LA OFERTA HÍDRICA NETA PROMEDIO.	118
ANEXO 26. BALANCE MEDIO ANUAL DE LA CUENCA Y DE LOS SUBSISTEMAS IMPORTANTES SIN AFECTACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO.	119

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2. DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA DE LA CUENCA DEL RÍO SANTA.....	18
TABLA 1. UNIDADES HIDROLÓGICAS DE LA CUENCA DEL RÍO SANTA.	20
TABLA 3. USOS DEL AGUA DE LA CUENCA DEL RÍO SANTA EN PORCENTAJE.....	30
TABLA 4. USOS DEL AGUA DE LA CUENCA DEL RÍO SANTA EN HM ³	33
TABLA 5. INTERPRETACIÓN DE LOS ÍNDICES DE ESCASEZ.....	47
TABLA 6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE DEPENDIENTE E INDEPENDIENTE.....	51
TABLA 7. DATOS PROMEDIOS DE LOS PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS DE LA CUENCA DEL RÍO SANTA.....	56
TABLA 8. CÁLCULO DEMOSTRATIVO DE PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DE ÁREA ACUMULADA.	57
TABLA 9. CÁLCULO TOTAL DE % DE ÁREA SOBRE LATITUD CON CURVAS DE NIVEL (ENFOQUE GENERAL) DE LA CUENCA DEL RÍO SANTA.....	59
TABLA 10. TEMPERATURAS PROMEDIOS MENSUALES EN LA CUENCA DEL RÍO SANTA.	63
TABLA 11. HUMEDAD PROMEDIO MENSUAL EN LA CUENCA DEL RÍO SANTA.....	64
TABLA 12. HUMEDAD PROMEDIO MENSUAL EN LA CUENCA DEL RÍO SANTA.....	66
TABLA 13. CÁLCULO DEL NÚMERO MÁXIMO DE HORAS DE SOL EN LA CUENCA DEL RÍO SANTA SEGÚN TABLA DE ALLEN, 1998.	69
TABLA 14. DATOS PROMEDIO DE EVAPOTRANSPIRACIÓN EN UN AÑO EN LA CUENCA DEL RÍO SANTA.....	69
TABLA 15. DATOS DE DEMANDA PROMEDIO EN UN AÑO EN LA CUENCA DEL RÍO SANTA....	70
TABLA 17. OFERTA HÍDRICA TOTAL PROMEDIO.	77
TABLA 18. OFERTA HÍDRICA NETA.....	78
TABLA 19. OFERTA Y DEMANDA HÍDRICA.....	79

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. CUENCA DEL RÍO SANTA.	23
FIGURA 2. CURVA HIPSOMÉTRICA DE LA CUENCA DEL RIO SANTA AL 2017. ESTUDIO HIDROLÓGICO REALIZADO POR LA MANCOMUNIDAD MUNICIPAL DEL VALLE FORTALEZA Y DEL SANTA, 2017	26
FIGURA 3. REPRESENTACIÓN DE UN CAUDAL EN UNA SECCIÓN DE ÁREA. MUSY (2001)	31
FIGURA 4. REPRESENTACIÓN DE LA OFERTA ANUAL DE AGUA DE LA CUENCA DEL RÍO SANTA. RESUMEN EJECUTIVO DEL ANA, 2015.	32
FIGURA 5. DEMANDA PROMEDIO MENSUAL POR USOS. RESUMEN EJECUTIVO DEL ANA, 2015.	33
FIGURA 6. REPRESENTACIÓN DEL CICLO HIDROLÓGICO. MUSY, ANDRÉ, 2001.	36
FIGURA 7. EVOLUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN ANUAL PROMEDIO (TOTAL DE ESTACIONES). INFORME FINAL, ANA, 2015.	38
FIGURA 8. VARIABILIDAD MENSUAL DE LA TEMPERATURA MEDIA A NIVEL DE SUBCUENCA (C°). INFORME FINAL, ANA, 2015.	39
FIGURA 9. HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL MULTIANUAL EN ESTACIONES DE 1965 AL 2013. INFORME FINAL DEL ANA, 2015.	40
FIGURA 10. VELOCIDAD DEL VIENTO MEDIA MENSUAL MULTIANUAL (M/S) EN LAS ESTACIONES DE LA CUENCA SANTA DE 1965 AL 2013. INFORME FINAL, ANA, 2015.	41
FIGURA 11. EVAPORACIÓN MEDIA MULTIANUAL. RESUMEN EJECUTIVO DEL ANA, 2015.	42
FIGURA 12. FACTORES QUE AFECTAN LA EVAPOTRANSPIRACIÓN. FAO (2006)	43
FIGURA 13. ESCORRENTÍA SUPERFICIAL. ELABORADO POR RF. BERRONES, 2015.....	44
FIGURA 14. BALANCE HÍDRICO. SOCIEDAD GEOGRÁFICA DE LIMA, 2011.....	45
FIGURA 15. ESQUEMA EJEMPLO DE BALANCE HÍDRICO. MODIFICADO POR JULIO ORDOÑEZ, 2011.....	46
FIGURA 16. OFERTA Y DEMANDA MEDIAS MENSUALES TOTALES DE LA CUENCA. INFORME FINAL DEL ANA, 2015.	47

FIGURA 17. ÁREAS PROMEDIO DE LAS COTAS GENERALIZADAS ANALIZADAS.	59
.....	
FIGURA 18. CURVA HIPSOMÉTRICA CALCULADA.....	60
FIGURA 19. PRECIPITACIÓN PROMEDIO CALCULADA. ELABORACIÓN PROPIA.	61
FIGURA 20. VARIACIÓN DE PRECIPITACIÓN PROMEDIO CALCULADA.	62
FIGURA 21. TEMPERATURA PROMEDIO CALCULADA. ELABORACIÓN PROPIA.	64
FIGURA 22. HUMEDAD PROMEDIO CALCULADA. ELABORACIÓN PROPIA.	65
FIGURA 23. VELOCIDAD DE VIENTO PROMEDIO CALCULADO. ELABORACIÓN PROPIA.....	66
FIGURA 24. EVAPOTRANSPIRACIÓN PROMEDIO CALCULADO. ELABORACIÓN PROPIA.....	70
FIGURA 25. COMPARATIVO DE DEMANDAS ANTECESORIAS. ELABORACIÓN PROPIA CON BASE DE DATOS DE ANA, 2015 Y 2018.....	71
FIGURA 26. BALANCE HÍDRICO SUPERFICIAL PROMEDIO. ELABORACIÓN PROPIA.	74
FIGURA 27. COMPARATIVO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL, LA PRECIPITACION Y LA EVAPOTRANSPIRACION REAL. ELABORACIÓN PROPIA.....	75
FIGURA 28. ESCORRENTIA SUPERFICIAL PROMEDIO DE LA CUENCA DEL RIO SANTA. ELABORACIÓN PROPIA.	76
FIGURA 29. OFERTA HÍDRICA VS DEMANDA HÍDRICA. ELABORACIÓN PROPIA	79

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1. FÓRMULA DE COEFICIENTE DE COMPACIDAD.	56
ECUACIÓN 2. FÓRMULA DE FACTOR FORMA.....	56
ECUACIÓN 3. FÓRMULA DE ÁREA ACUMULADA (KM ²).	57
ECUACIÓN 4. FÓRMULA DE ÁREAS SOBRE ALTITUDES (KM ²).....	58
ECUACIÓN 5. FÓRMULA DE ÁREA (%)	58
ECUACIÓN 6. FÓRMULA DE ÁREA ACUMULADA.	58
ECUACIÓN 7. FÓRMULA DE ÁREA SOBRE ALTITUD.....	58
ECUACIÓN 8. FÓRMULA DE COEFICIENTE DE VARIABILIDAD.....	61
ECUACIÓN 9. FÓRMULA DE ÍNDICE DE CALOR MENSUAL.	67
ECUACIÓN 10. FÓRMULA DE ÍNDICE DE CALOR ANUAL.	67
ECUACIÓN 11. FÓRMULA DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN MENSUAL SIN CORREGIR.....	68
ECUACIÓN 12. FÓRMULA PARA CÁLCULO DE A.	68
ECUACIÓN 13. FÓRMULA SIMPLIFICADA PARA EL CÁLCULO DE A.	68
ECUACIÓN 14. FÓRMULA PARA CÁLCULO DE EVAPOTRANSPIRACIÓN CORREGIDA.	68
ECUACIÓN 15. FÓRMULA PARA CÁLCULO DE DÉFICIT.....	73
ECUACIÓN 16. FÓRMULAS PARA CÁLCULO DE RESERVA ÚTIL.....	73
ECUACIÓN 17. FÓRMULA PARA CÁLCULO DE VARIACIÓN DE RESERVA.	73
ECUACIÓN 18. FÓRMULAS PARA CÁLCULO DE EXCEDENTES.....	73
ECUACIÓN 19. FÓRMULA UTILIZADA PARA ESCORRENTÍA.....	75
ECUACIÓN 20. FÓRMULA PARA CÁLCULO DE ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL.....	77
ECUACIÓN 21. FÓRMULA PARA EL CÁLCULO DE CAUDAL(HM ³ /AÑO)	77
ECUACIÓN 22. FÓRMULA PARA EL CÁLCULO DE LA OFERTA HÍDRICA NETA (HM ³ /AÑO)...	77
ECUACIÓN 23.FÓRMULA PARA EL CÁLCULO DE ÍNDICE DE ESCASEZ.....	79

RESUMEN

La presente investigación se basa en analizar las características hidrológicas y geomorfológicas presentadas por la cuenca del Río Santa a través del Balance Hídrico Superficial de la Cuenca del Río Santa. Para esto, se contó con las datas hidrológicas bases de diferentes entidades como por ejemplo la Autoridad Nacional del Agua (ANA) que hacen de conocimiento públicos la información actualizada de las cuencas para así poder realizar los cálculos correspondientes hasta conseguir el valor de escorrentía que es el que nos facilitará conocer la oferta hídrica de la cuenca en estudio siguiendo la diversa metodología disponible a la actualidad.

La finalidad de este estudio radica en determinar la disponibilidad del elemento principal, el recurso hídrico existente en la cuenca en parámetros de cantidad con fines poblacionales e irrigación estableciendo información sobre su ciclo hidrológico (precipitaciones, evaporación, transpiración, escurrimiento) y así calcular volúmenes promedio para los Proyectos Chavimochic y Chincas.

Para alcanzar los objetivos propuestos se realizó el estudio de los principales aspectos para el cálculo del balance basado en parámetros del ciclo hidrológico de la cuenca teniendo en cuenta su capacidad hídrica y analizados en programa de cálculo (Excel).

La investigación concluye que a través del Balance presentado se proporciona una herramienta o indicador para la adecuada gestión y planificación del recurso hídrico promoviendo el desarrollo al conocimiento sobre detalles y/o características de la ciencia del agua lo que conllevará a obtener datos claros y fácil manejo sobre la exposición de la cuenca del Río Santa; asimismo, estos resultados crearán una cultura de protección del recurso que servirán de base para la disponibilidad del mismo en proyectos futuros y actuales como el Proyecto Chavimochic o Chincas.

La necesidad de respuestas por parte de la población ante una problemática como ésta y el propósito del cumplimiento de los objetivos delimitados nos direcciona a utilizar el modelo determinístico hidrológico ya que en éste analizamos entornos simulados y simplificamos fenómenos dados dentro del ciclo con las cuáles, finalmente, se obtienen las conclusiones y recomendaciones pertinentes acorde a toda la investigación realizada.

Palabras clave: Ciclo Hidrológico, Balance Hídrico Superficial, Oferta y Demanda Hídrica, Río Santa.

ABSTRACT

The present research is based on analyzing the hydrological and geomorphological characteristics presented by the Santa River basin through the Superficial Water Balance of the Santa River Basin. To do this, we worked with the hydrological data bases of different entities that make the updated information of the basins public knowledge in order to carry out the corresponding calculations and obtain the runoff value, which is the data that will facilitate us to know the water supply of the basin under study following the methodology available to date.

The purpose of this study is to determine the availability of the main element, the existing water resource in the basin in quantity parameters for population purposes and irrigation, establishing information on its hydrological cycle (rainfall, evaporation, transpiration, runoff) and thus calculate volumes average for the Chavimochic and Chinecas Projects.

To achieve the proposed objectives, the study of the main aspects was carried out to calculate the balance based on parameters of the hydrological cycle of the basin, taking into account its water capacity.

The research concludes that through the presented Balance, a tool or indicator for the adequate management and planning of water resources promoting the development of knowledge about details and / or characteristics of water science, which will lead to obtaining clear data and easy management. on the exposure of the Río Santa basin; Likewise, these results will create a culture of protection of the resource that will serve as the basis for its availability in future and current projects such as the Chavimochic or Chinecas Project.

The need for responses to a problem such as this and the fulfillment of the delimited objectives directs us to use the deterministic hydrological model since in it we analyze simulated environments and simplify given phenomena within the cycle with which, finally, conclusions and recommendations are obtained according to all the research carried out.

Keywords: Hydrological Cycle, Surface Water Balance, Water Supply and Demand, Río Santa.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La sociedad se desenvuelve día a día con un uso ilimitado e inadecuado de sus recursos, entre ellos, el agua, lo que conlleva a la escasez del mismo en todo el planeta. Otro factor a tomar en cuenta es el Cambio Climático, lo que afecta directamente a la precipitación, temperatura, velocidad del viento, evapotranspiración y la escorrentía superficial principalmente originando continuas alteraciones que ocasionan eventos extremos relacionados a la escases o exceso de agua.

En las últimas décadas, la demanda de agua en los sectores industrial, doméstico, irrigación, entre otros ha venido en crecimiento según Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos (2019, sec. 1)

En el año 2013, la FAO mencionó que el uso de agua sin restricciones ha crecido a nivel global a un ritmo de más del doble del aumento de la población en el siglo XX, hasta tal punto que en muchas regiones ya no es posible el suministro de un servicio de agua fiable. La presión demográfica, el ritmo de desarrollo económico, la urbanización y la contaminación están ejerciendo una presión sin precedentes sobre un recurso renovable pero finito, sobre todo en regiones áridas y semiáridas (FAO, 2013).

Las últimas ediciones del Informe sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo contemplan cómo las distintas crisis globales ocurridas recientemente – cambio climático, energía, seguridad alimentaria, recesión económica y turbulencias financieras – están relacionadas entre sí y tienen un impacto sobre el agua. Los informes nos recuerdan que el agua tiene un importante papel en todos los sectores de la economía y que es esencial para alcanzar un desarrollo sostenible y para cumplir los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM). (ONU, 2009,2012).

Néstor Veas en su trabajo de investigación “Gestión del agua para consumo humano en la microcuenca del río Purires, Costa Rica” para obtener el grado de Magíster detalló que la gestión del recurso hídrico en las tres ASADAS (acueductos y alcantarillados locales) se ha limitado esencialmente a los principios de abastecimiento del líquido elemento a los pobladores. No se observaron problemas de distribución de agua sólo que, en épocas de

lluvia media y moderada, el recurso hídrico llega a los hogares con sedimentos, por lo que no puede ser consumida. Hay un notable déficit en temáticas de educación ambiental por parte de los pobladores, carencia de divulgación de información dentro de las comunidades, no cuenta con el manejo adecuado ni la protección a las áreas de recarga hídrica en los 3 acueductos, y hay vulnerabilidad en la administración de los recursos económicos en Tobosi e Higuito. **(Veas, 2011)**

Según el Programa Hidrológico Internacional, se viene experimentando un proceso de deforestación en la Cuenca Amazónica Peruana, que alcanza el 13 % del total del bosque, mientras que, del total del área intervenida, aproximadamente el 40 % corresponde a bosques de protección (el 32 % se ubica sobre bosques de colinas y el 28 % en bosques aluviales). Asimismo, del total de área deforestada, aproximadamente el 80 % está en estado de abandono y el 20 % en producción. En cualquier caso, la Selva Alta es la más afectada por la deforestación y que viene originando la pérdida del suelo amazónico. **(Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO para América Latina y el Caribe, 2006)**

INDECI en su relación de Conclusiones detalladas en el Informe Situacional N°00018-2019-INDCI/11.0 pronuncia que por razones de no haber previsto acciones que contrarresten los daños producidos por el fenómeno del niño hace que los trabajos o labores estén orientados a minimizar los riesgos ante un posible evento similar en tiempos cortos; por lo que, las acciones a realizar tienen que estar focalizadas en priorizar la protección a las poblaciones vulnerables asentadas en zonas aledañas de riesgo por temas de agua para la subsistencia. **(INDECI, 2019)**

La deforestación, contaminación, etc. y su influencia en el cambio climático traen consigo sucesos extremos como el incremento desmedido de los niveles de agua en algunas zonas y escasez en otras. El año 2016 el Instituto Nacional de Defensa Civil a través del DS N° 089-2016 declaró en estado de emergencia los departamentos Apurímac, Ancash, Ayacucho, Cajamarca, Cusco, Huancavelica, Ica, Junín, Lambayeque, La Libertad, Pasco, Piura, Puno, Tacna y Tumbes, así como en siete (07) provincias del departamento de Lima, y en cuatro (04) provincias del departamento de Arequipa debido a la escasez hídrica **(INDECI, 2016)**.

En la revista “Agua y Más”, el Ing. Máximo Sakoda, Asesor de la Alta Dirección del ANA indica que el Perú es el octavo país en el mundo con mayor disponibilidad hídrica y que

posee casi el 2% del agua dulce en el mundo y que la tasa promedio anual de agua disponible per cápita en el país es casi 59 mil metros cúbicos por habitante. Sin embargo, las principales ciudades del Perú y, también, muchas actividades productivas padecen de escasez de agua; en este sentido, para remediar este absurdo deben considerarse políticas públicas que ofrezcan soluciones sustentadas en: (i) el mejoramiento de la eficiencia del uso y aprovechamiento de agua, (ii) la ocupación territorial de la población y de las actividades productivas en función a la oferta de agua de las cuencas hidrográficas y (iii) el fortalecimiento de la institucionalidad de la gestión de los recursos hídricos en las cuencas hidrográficas. Es decir, se trata de acercar la demanda hídrica donde está la oferta de agua. **(Sakoda, 2016)**

El Perú tiene una distribución desigual de recursos hídricos y de población. En los últimos años ha habido una fuerte migración a la Costa, que es un área muy seca, originando que la disponibilidad hídrica por habitante sea una de las más bajas en el mundo. **(Kuroiwa, 2010)**.

Sedapal informó que en Lima 720 mil personas carecen de agua potable en sus hogares y sin embargo pocos toman conciencia del despilfarro que se hace de este recurso. Cada día un limeño gasta o consume 251 litros de agua, lo que corresponde a exactamente el doble de lo que un francés o un suizo usa en el mismo periodo. **(Servindi, 2013)**

El crecimiento poblacional, así como el desarrollo de la agricultura y la industria ha conllevado a la ejecución de proyectos de gran envergadura tales como el Proyecto Especial Chinecas en la región Ancash y el Proyecto Chavimochic en la Libertad, proyectos que se abastecen de las aguas del río Santa.

Es por ello que, a través de la presente investigación se obtendrá el balance hídrico a partir de los datos promedios de la cuenca del Río Santa y determinar con ello si se cumple con la demanda hídrica existente.

1.2. Antecedentes y estudios previos

Lizeth Díaz y Jairo Alarcón en su trabajo para obtener el Título de Especialista en Recursos Hídricos, el cual tuvo por objetivo la Determinación de las condiciones hidrológicas de la fuente de abastecimiento del conducto de Inter veredal del Municipio de Nunchía, Casanare,

delimitando el área de la cuenca de aportación y analizando los factores hidrometeorológicos que intervienen en la oferta de agua durante todas las épocas del año; de acuerdo con el balance hídrico realizado para la cuenca de la Quebrada Niscota, desde febrero hasta abril del año en estudio, todos los valores de Δ corresponden a déficits, dado que la evapotranspiración supera el valor de las precipitaciones medias mensuales; siendo enero el mes que presenta un mayor déficit de agua en la cuenca. Todo ello se ve reflejado en el apartado recomendación sobre el uso de flujos de aguas subterráneas, recargas y descargas. **(Díaz, Lizeth y Alarcón, Jairo, 2018)**

Esteban Carchi en su tesis “Elaboración de un Balance Hídrico de la Cuenca Del Río Manchángara” para obtener el Título de Ingeniero Ambiental teniendo como objetivo la Elaboración de un Balance Hídrico en la Cuenca del Río machágara; mencionó que, la disponibilidad hídrica de la cuenca del Río Manchángara, según el análisis efectuado sobre las precipitaciones y la evapotranspiración demuestra que existen intervalos o espacios de tiempo donde el caudal de la cuenca se vuelven insuficiente para la satisfacción de las demandas de agua actuales, en las zonas altas se presenta una escasez del recurso tanto como en las zonas bajas; esto se suscita por ausencia continua de lluvias o por un alto valor en la demanda del uso del recurso hídrico lo que ocasiona concluir en que esta situación puede traer complicaciones para futuros próximos respecto al recurso hídrico; información que ha sido colocada como recomendación con fines de futuros estudios.

Adicionó como dato anexo que, los cálculos que presenté sobre precipitación, evapotranspiración y por ende el balance hídrico se realizó con una cantidad limitada de información, obteniendo un balance hídrico aproximado que puede ser un indicador inicial de la cantidad de agua mensual (déficit o exceso) que tiene la cuenca estudiada. **(Carchi, 2015)**

Según El SENAMHI, organismo adscrito al Ministerio del Ambiente, informa en su plataforma de Avisos Hidrológicos - Aviso N° 028 del 2019 que, debido a la intensificación de las precipitaciones que se registran en la sierra central y sur del Perú; se ha registrado el incremento en el nivel y caudal del río Santa. El río Santa, en la estación Hidrológica Condorcerro, al momento registra un caudal promedio de 517.0 m³/s, el cual representa una anomalía de +50 % respecto a su promedio histórico, por lo que se encuentra en un nivel de alerta hidrológica Naranja.

De acuerdo a los pronósticos, las precipitaciones se podrían intensificar en la zona centro en los próximos días. Por tanto, se podrían generar incrementos importantes en el nivel de agua y caudal, que podría afectar zonas urbanas y/o agrícolas. Eventualmente, se podrían activar quebradas generando pequeños deslizamientos con obstrucción de vías de acceso. El SENAMHI ante esta situación continuará informando oportunamente sobre la evolución de las condiciones hídricas, a fin de que se desarrollen acciones de prevención. **(SENAMHI, 2018)**

Ortiz en su tesis “Caracterización de Sequías en la Cuenca del Río Puyango-Tumbes en base a los Índices de Flujo Base y Precipitación Estandarizada” para obtener el grado de Ingeniero Hidráulico realizada en Cajamarca durante el 2017 concluyó que, el índice de flujo básico en épocas de estiaje aumenta mientras para épocas de avenidas disminuye lo que se traduce en que el caudal en su mayoría es alimentado por el caudal base y pequeñas lluvias lo cual generan escorrentía aumentando el valor del índice del flujo base, caso contrario ocurre en épocas de avenidas donde resalta la escorrentía y el caudal base solo es un factor adicional. **(Ortiz, 2017)**

Gálvez en su tesis “Balance de los Recursos Hídricos de la Laguna Rontoccocha en la Subcuenca del Río Mariño para Gestión Integrada” para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil en la ciudad de Lima durante el 2015 demostró que un balance hídrico sirve como herramienta para determinar la disponibilidad de agua en diferentes escenarios (años) para la planificación del manejo del recurso. **(Gálvez, 2015)**

Untiveros en su investigación “Balance Hídrico de la Laguna Parón, Herramienta para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) en la Cuenca del Río Santa” para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil en Lima durante el 2011 pronostica un posible aumento del recurso hídrico en la Cuenca del Río Santa por razones de ablaciones glaciares. **(Untiveros, 2011)**

Paz, J., Heredia, M. y Moncada, D. en su tesis “Balance Hídrico de la Cuenca del Río Santa” para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil en la Ciudad de Chimbote durante el año 2016, concluyó que el balance realizado hasta ese año equivale a 4442 hm³ al año teniendo mayor descarga durante los meses de enero, febrero, marzo, abril, mayo y junio y lo restante en los demás meses. **(Paz, J., Heredia, M. y Moncada, D, 2016)**

Moreno, E. y Seclén F. en su investigación “Modelo de Gestión Integrada de Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Chicama. Perú” para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil en la Ciudad de Trujillo en el 2016, detalla que la Cuenca del Río Santa, la cual presenta excedentes en épocas de avenidas y déficit en época de estiaje, forma parte del balance de la oferta y demanda hídrica de la cuenca del Río Chicama por la disponibilidad del recurso hídrico. (Moreno, E. y Seclén, F., 2016)

1.3. Bases teóricas

1.3.1. Delimitación geográfica

Alfaro (2012) definió la distribución geográfica como la delimitación espacial necesaria para la especificación del área o lugar geográfico en el que se llevará a cabo la investigación, delimitando espacio institucional, colonia, ciudad, municipio, estado, región, país entre otros.

En concordancia con lo dicho, la Autoridad Nacional del Agua (2015) describe que la Cuenca del Río Santa se delimita geográficamente de la siguiente manera:

(Véase ANEXO 1 y ANEXO 2)

Tabla 1. Delimitación Geográfica de la Cuenca del Río Santa.

SISTEMAS	DATUM	COMPONENTES	VALOR	
			MÍNIMO	MÁXIMO
Coordenadas Geográficas (De la Extensión de la cuenca en su totalidad)	Horizontal WGS 84	Longitud Oeste	77°12'	78°38'
		Latitud Sur	8° 4'	10° 8'
Coordenadas UTM Zona 17	Horizontal WGS 84	Metros Este	758900	809661
		Metros Norte	9008074	9118229
Coordenadas UTM Zona 18	Horizontal WGS 84	Metros Este	254264	261765
		Metros Norte	8868698	8903421
Altitud	Vertical Nivel Medio del Mar	m.s.n.m	0	6768 m.s.n.m. Nevado Huascarán

FUENTE: Elaboración propia a partir del Resumen Ejecutivo del ANA, 2015.

Límites:

Al Norte: Con las Cuencas de los Ríos Chao, Virú, Moche Crisnejas y Alto Marañón.

Al Sur: Con las Cuencas de los Ríos Fortaleza y Pativilca.

Al Este: Con la Cuenca del Río Alto Marañón.

Al Oeste: Con las Cuencas de los Ríos Lacramarca, Nepeña, Casma, Huarmey y el Océano Pacífico.

La Cuenca del Río Santa pertenece a la Autoridad Administrativa del Agua IV – Huarmey Chicama abarcando las localidades de Huaraz, Santa-Lacramarca-Nepeña y Santiago de Chuco con una extensión de 11 661,53 km² de los que corresponde 10 405 km² a la cuenca Húmeda (por encima de los 2000 m.s.n.m). Geográficamente hablando respecto a toda la extensión de la Cuenca en estudio, sus puntos están entre las coordenadas 09°56'40'' latitud sur y 77°11'44'' latitud oeste.

1.3.2. Hidrología:

El SENAMHI definió la hidrología como la disciplina que estudia la distribución temporal y espacial junto a las propiedades de las aguas subterráneas y continentales. Dentro de ellas, están incluidas, las precipitaciones, la humedad relativa o la que proviene del suelo, la escorrentía, las masas glaciares y finalmente la evapotranspiración. **(Sociedad geográfica de Lima; Global Water Partnership South America; Senamhi, 2011)**

Según la Autoridad Nacional del Agua (ANA) en el 2015, el estudio hidrológico de la cuenca Santa caracteriza los recursos hídricos disponibles a partir del análisis de las variables climáticas esenciales o componentes del ciclo hidrológico como son la temperatura, precipitación, evaporación, humedad relativa y velocidad del viento, con el fin de construir un modelo hidrometeorológico que represente el ciclo hidrológico en la cuenca de forma continua. Este modelo describe el comportamiento de la cuenca a través de su distribución en las 29 subcuencas que la componen. **(Véase ANEXO 3)**

1.3.3. Hidrografía

La hidrografía se constituye como uno de los componentes de la geografía el cual se dedica a describir y estudiar los cuerpos o masas de agua especialmente de los recursos hídricos continentales vinculándose con otras ciencias como lo son la geomorfología, la climatología y la hidrología; este aspecto requiere de datos primordiales para su conocimiento como lo es la información de la cuenca en estudio, su vertiente hidrográfica, entre otros. (Véase ANEXO 4)

Según el SENAMHI y el Servicio Nacional de Meteorología e Higrología del Ministerio del Ambiente (2009), la cuenca del río Santa está ubicada en la sierra norte del Perú y es la más extensa de la vertiente hidrográfica del océano Pacífico dato que es complementado por la Autoridad Nacional del Agua (2015) mencionando que la cuenca en estudio pertenesce la región hidrográfica del Pacífico como parte de la Unidad Hidrográfica 137 (ANA, 2008).

La Autoridad Nacional del Agua (2015) delimita la Cuenca del Río Santa en 9 unidades hidrográficas.

Tabla 2. Unidades Hidrológicas de la Cuenca del Río Santa.

<i>Unidad Hidrográfica</i>	<i>Código</i>	<i>ÁREA (km²)</i>
<i>BAJO SANTA</i>	13761	218.08
<i>PALO REDONDO</i>	13762	417.83
<i>MEDIO BAJO SANTA</i>	13763	628.76
<i>TABLACHACA</i>	13764	3191.02
<i>MEDIO SANTA</i>	13765	635.81
<i>MANTA</i>	13766	797.73
<i>MEDIO ALTO SANTA</i>	13767	423.49
<i>QUITARACSA</i>	13768	387.03
<i>ALTO SANTA</i>	13769	4961.84

FUENTE: Elaboración Propia a partir del ANA,2015.

Además de ello, la Autoridad Nacional del Agua (2015) describe que La red hidrográfica principal de la cuenca Santa está constituida por un río principal: el Santa y por 4 afluentes importantes (Quitaracsa, Tablachaca, Palo Redondo y Manta). Otros ríos y quebradas relevantes son Recreta, Plachocoto, Querococha, Olleros, Rajucolta, Quillcay, Chancos, Llanganuco, Parón, Colcas y Los Cedros.

1.3.4. Clima

Gerard Jori en la investigación “Cambio Climático como problema y el diálogo como solución” hecha para la Universidad de Alicante define el cambio climático como las modificaciones del estado del clima producidos durante periodos de tiempo relativamente prolongados los cuales responden al aspecto de variabilidad natural del sistema climático; considerando que dichas alteraciones climáticas no residen tanto en el hecho de que se produzcan sino en las razones que las ocasiona. **(Jori, 2009)**

Todos los estudios que evalúan el clima y la meteorología de la cuenca además de la información histórica existente revelan el comportamiento climático real dentro de dicho ámbito.

La Autoridad Nacional del Agua – ANA - en su Informe final de la “Evaluación de Recursos Hídricos en la cuenca Santa” (2015) determina que La clasificación climática de la cuenca del río Santa se basa en el Mapa de Clasificación Climática del Perú (SENAMHI, 1988), el cual ha sido elaborado considerando factores que condicionan de modo preponderante el clima, como la latitud, la altitud, la Cordillera de los Andes, la Corriente Costera Peruana (de aguas frías), el Anticiclón del Pacífico Sur y la continentalidad. Por ello, se presentan los diferentes tipos de clima acorde a la zona. **(ANA, 2015) (Véase ANEXO 5)**

Según el DIAGNÓSTICO HÍDRICO RÁPIDO DE LA CUENCA DEL RÍO SANTA COMO FUENTE DE AGUA Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS HÍDRICOS PARA LA EPS SEDALIB S.A (2018), se determinó que por encima de los 3500 msnm corresponde a una zona de ecosistemas de páramo y tundras, cuyo clima es frío y húmedo, sin embargo, seco para el invierno (mayo a agosto). Entre los 1800 a 3100 msnm corresponde a ecosistemas de matorrales, estepas y

bosque, aquí se asientan ciudades como Yungay, Caraz, Carhuaz y Huaraz, predominando un clima seco en otoño, invierno y primavera, templado y húmedo en verano. Entre los 3000 y 3500 msnm predominan condiciones de sequedad durante gran parte del año, con lluvias de menor frecuencia en relación al valle y condiciones térmicas semifríos.

1.3.5. Cuenca hidrográfica

Una cuenca es la zona natural en la que el agua, derivada de la precipitación, forma un curso principal de agua. Es la unidad fisiográfica conformada por todos los sistemas de los cursos de agua definidos por el relieve. Sus límites (también llamados divisorias de aguas) se definen naturalmente y corresponden a las partes más altas del área que encierra un río (Veas, 2011)

En 1998, **La Cuenca del Río Santa** fue considerada como una de las principales de la costa norte y esto por el volumen y la regularidad en su caudal consecuencia de encontrarse a disposición de los glaciares tropicales más extensos del mundo. En los últimos años, esta situación se ha visto afectada por el retroceso de los glaciares a razón del calentamiento global, efecto invernadero, entre otros. Es por todo ello que, la preservación de los ecosistemas de la puna húmeda cobra mayor importancia para que así la regulación del ciclo hídrico de esta cuenca no se vea amenazada.



Figura 1. Cuenca del Río Santa.

Fuente: Instituto de Montaña - Gestión de Ecosistemas de Montaña, 2019.

Parámetros Geomorfológicos:

✓ **Área:**

Definido como el espacio plano en proyección horizontal irregular resultado de la delimitación de la cuenca teniendo como unidad de medida al km^2 (en cuencas pequeñas = hectárea). Actualmente, se cuenta con innumerables programas para la determinación precisa de longitudes y/o superficies de las mismas, como, por ejemplo: AutoCAD, Autodesk, Arcgis, entre otros. (Ortiz, 2017)

La Autoridad Nacional del Agua (2015) delimita que la Cuenca del Río Santa cuenta **con una extensión de 11 661.53 km^2** de los cuáles 10 405 km^2 pertenecen a la cuenca húmeda.

✓ **Perímetro:**

Ortiz interpretó lo dicho por Villón (2002) respecto a la definición de perímetro como aquel borde que delimita el contorno (parte exterior) de la forma irregular que pueda tener una cuenca proyectada en una superficie plana. (Ortiz, 2017)

La Autoridad Nacional del Agua (2015) define que la Cuenca del Río Santa tiene un perímetro de 960.302 km.

✓ **Coefficiente de Compacidad:**

Es el cociente entre la relación del perímetro con el área de la misma cuenca. (Ortiz, 2017)

El estudio Hidrológico de la **Cuenca del Río Santa** realizado por la Mancomunidad Municipal del Valle Fortaleza y del Santa (2017) detalló que la cuenca tiene 1.289 como Coeficiente de compacidad con variabilidad anual lo que indica que la unidad geográfica se encuentra ligeramente redondeada lo que es de beneficio en la rapidez de la respuesta hidrológica en comparación de una cuenca que tiene forma alargada.

✓ **Elevaciones de la cuenca:**

Según la Guía Básica para la Caracterización Morfométrica de cuencas Hidrográficas (2010) define a la elevación como aquella variación en las altitudes de la cuenca hidrográfica lo que influye directamente con el clima, por ende, a la situación climatológica y ecológica de la misma. Ésta a su vez puede relacionarse con la propiedad altimétrica de la cuenca en un plano por medio de la función hipsométrica. (**Guía Básica para la Caracterización Morfométrica de cuencas Hidrográficas, 2010**)

Según la Autoridad Nacional del Agua (2015) detalló que la Cuenca del Río Santa comprende desde el nivel del mar **hasta los 6768 m.s.n.m.** donde se ubica el nevado Huascarán.

✓ **Pendiente media:**

Gómez define como pendiente a aquella variable que influye en la velocidad de drenado de la escorrentía superficial en una cuenca lo que conlleva a que también varíe el tiempo de concentración de aguas drenadas superficialmente a través de los diversos medios de lechos fluviales que componen su red de drenaje controlando de esta manera las avenidas y crecidas. (**Gómez, 2014**)

La Autoridad Nacional del Agua (2015) determinó que la **pendiente media del cauce principal está por el 1.33%** mientras que, de los terrenos de la cuenca es de 43.4%. (**Véase ANEXO 6**)

✓ **Curva Hipsométrica:**

Según la Cartilla Técnica “Qué es cuenca hidrológica” presentada por la Sociedad Geográfica de Lima con apoyo del Foro Peruano para el Agua (2011) definió la Curva Hipsométrica como aquella curva que indica la superficie de la cuenca (km²) o el área de la misma que existe por encima

de una cota. Se puede obtener a través del histograma de frecuencias altimétricas. (**Sociedad Geográfica de Lima, 2011**)

El estudio realizado en el 2017 por la Mancomunidad Municipal del Valle Fortaleza y del Santa, la curva hipsométrica detalló el relieve que presenta la porción estudiada de la cuenca relacionando las elevaciones del terreno y la superficie acumulada por encima y debajo de la elevación de manera gráfica.

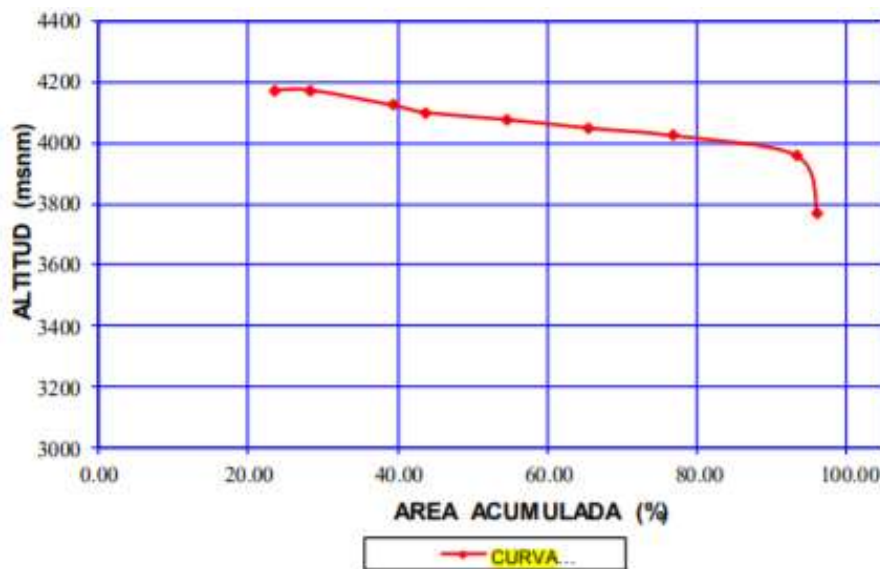


Figura 2. CURVA HIPSOMÉTRICA DE LA CUENCA DEL RIO SANTA AL 2017. Estudio Hidrológico realizado por la Mancomunidad Municipal del Valle Fortaleza y del Santa, 2017

1.3.6. Recurso hídrico

Según la Ley de Recursos Hídricos N° 29338 (2019), el agua es recurso natural renovable, fundamental para la vida, estratégico y vulnerable para el desarrollo sostenible, el mantenimiento de los sistemas y ciclos naturales que la sustentan, y la seguridad de la Nación.

El agua es patrimonio de la Nación, su dominio es imprescriptible e inalienable. Es de uso público y su administración solo se otorga y ejerce en armonía con el

bien común, el cuidado al medioambiente y el interés de la Nación. Hay que decir que no existe propiedad privada sobre el agua.

La gestión dada a los recursos hídricos es de interés nacional y es de necesidad pública para así poder lograr la eficiencia y sostenibilidad en la administración y/o manejo de las cuencas hidrográficas existentes además de los acuíferos con ello se asegura la conservación e incremento del agua y la calidad del mismo, creando una cultura de agua lo que conlleva a la satisfacción de la demanda existente y/o futura.

1.3.7. Usos del recurso hídrico

Según la Ley de Recursos Hídricos N° 29338 (2019) menciona que la clasificación del recurso hídrico se da de la siguiente manera:

Por el tipo de uso:

✓ **Primario**

Consiste en la utilización directa y efectiva de la misma, en las fuentes naturales y cauces públicos de agua con la finalidad de cubrir las necesidades humanas primarias. Comprende el uso de agua para la preparación de alimentos, el consumo directo y el aseo personal; así como su uso en ceremonias culturales, religiosas y rituales.

✓ **Poblacional**

Consiste en la captación del recurso hídrico de una fuente, cuenca o red pública, previamente tratada para satisfacer las necesidades humanas básicas (preparación de alimentos, aseo personal, etc.) ejerciendo los derechos otorgados por el ANA.

✓ **Productivo:**

Hace referencia la utilización del recurso hídrico en los procesos de producción o previos a ellos.

Dentro de los tipos de uso a nivel productivo tenemos el uso agrícola, pesquero, piscícola, minero, etc.

Por el tipo de Derecho:

✓ **Licencia**

Hace referencia al hecho otorgar las facultades para usar y registrar una dotación anual de agua expresada en m³, extraída de una fuente, pudiendo ejercer las acciones legales para su defensa.

✓ **Permiso**

Hace mención al medio por el cual el solicitante acredite ser propietario o poseedor legítimo del área en el que hará uso del recurso hídrico; además de que, el predio cuente con todos los permisos respecto a las obras Hidráulicas de las que posee para hacer uso del recurso.

✓ **Autorización**

Es la autorización para hacer uso del agua en un plazo limitado y/o determinado (< 2años), mediante el cual, el ANA brinda facultades al titular para hacer uso anual de una cantidad de agua para cubrir necesidades exclusivas como: Ejecución de Estudios, Ejecución de obras, Lavado de Suelos.

✓ **Sin Derecho**

Si el ciudadano no cuenta con una autorización, permiso o documento que respalde ser propietario, el Estado es dueño de todas las fuentes naturales pudiendo disponer de sus aguas para uso con fines económicos, de transporte, de supervivencia y culturales en el marco de lo establecido en la Constitución Política del Perú

Morera (2010) en su tesis para la obtención del grado de Magíster Scientiae en Recursos Hídricos indagó en las investigaciones de INRENA (1996) y analizó un

estudio donde detalla los usos que se le daba al recurso hídrico de la **Cuenca del Río Santa**, es así como se determinó que:

- **Según su uso Industrial:** la zona que presente este tipo de uso es la costa y no genera un impacto significativo en las características de la cuenca. Predomina el tipo pesquero (elaboración de conservas y harina de pescado) y el metalúrgico (como por ejemplo SIDERPERÚ), teniendo este último impacto en el medioambiente por la emisión de gases tóxicos.
- **Según su Uso Doméstico:** La población que llega a hacer uso del agua proveniente de la Cuenca del Río Santa representa el 45% del total y lo que realizan con fines domésticos representa 25 266 000 m³/año. Además de ello, el agua de esta cuenca contribuye en gran porcentaje a las actividades humanas de los pobladores del Callejón de Huaylas, el área costera de Chimbote y el valle del Río Santa, Chao, Virú, Moche, Lacramarca, Nepeña y Casma.
- **Según su Uso Agrícola:** Se detalla que la cuenca cuenta con campos agrícolas dispersos a lo largo del perímetro de la misma siendo la de la costa la de mayor explotación utilizando 338.98 millones de m³ con 41 291 hectáreas.
- **Según su Uso Minero:** este apartado se encuentra representado en su mayoría por la producción de polimetálicos. Esta cuenca alberga a la subcuenca Tablachaca que presenta problemas de cantidades elevadas de sólidos en suspensión, pero esto no interfiere en que la Cuenca del Río Santa se considere uno de los ríos que cuenta con un régimen permanente y que desemboca en el océano pacífico.

En relación a lo definido anteriormente, el ANA (2015) detalla los usos del recurso hídrico presente en la Cuenca del Río Santa de la siguiente manera:

Tabla 3. Usos del Agua de la Cuenca del Río Santa en Porcentaje.

Uso del agua	Porcentaje
Poblacional	1.55
Agrícola	96.37
Energético	0.01
Minero	0.13
Industrial	0.22
Otros	1.72

FUENTE: Elaboración propia a partir de la Evaluación de Recursos Hídrico en la Cuenca Santa, 2015.

1.3.8. Caudal

Definido como el Volumen de agua por unidad de tiempo que circula por un manantial (fuente, río, arroyo, acequia, etc.). El caudal de base de un río corresponde al recurso hídrico que transcurre por el mismo procedente de la descarga de aguas subterráneas (en ríos sin desembalses, ni otras alteraciones antrópicas del flujo). (Jiménez, 2009)

En el Informe Final de la Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca Santa presentado por la Autoridad Nacional del Agua (2015) concluye que el incremento en factores como la precipitación y la temperatura ocasiona el aumento de caudal en época húmeda y el descenso del mismo en época de estiaje. Además de ello, define que el caudal máximo para 100 años de retorno en el entorno de la desembocadura de Santa es alrededor de los 1477 m³/s.

El caudal promedio que presenta la Cuenca del Río Santa es de 152.85 m³/s.

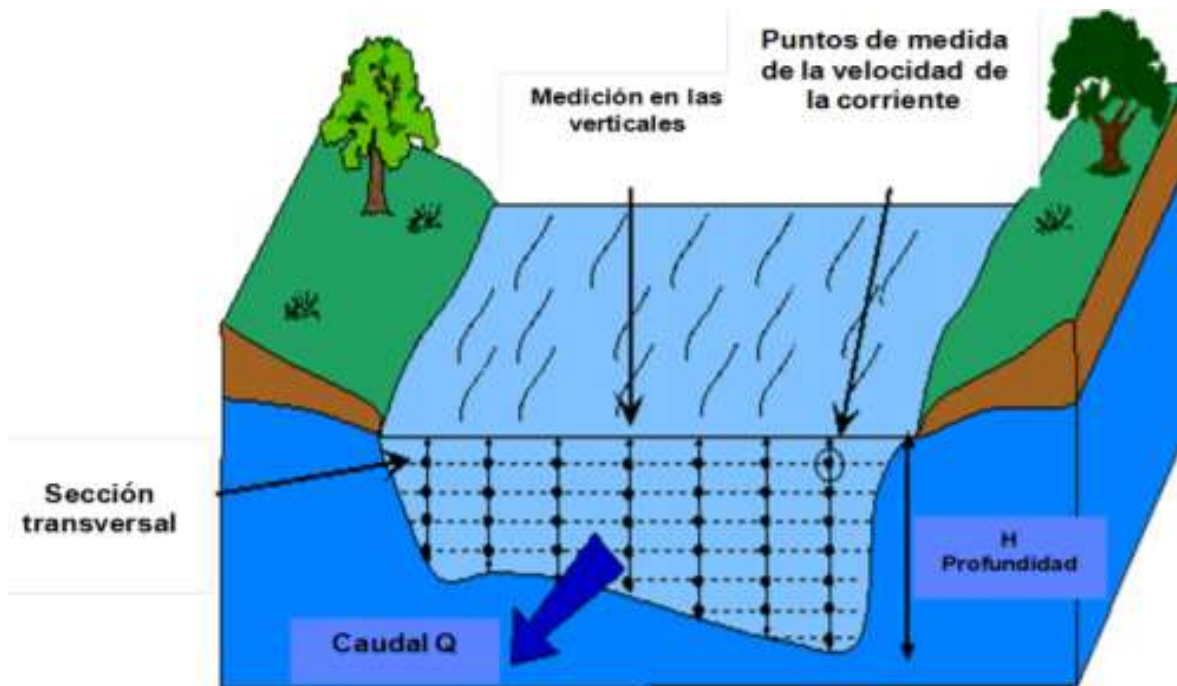


Figura 3. Representación de un caudal en una sección de área. Musy (2001)

1.3.9. Oferta hídrica

La Autoridad Nacional del Agua mencionó que es el caudal disponible en la fuente superficial o subterránea a analizar de acuerdo a los cálculos realizados en la cuenca; es decir, el volumen diario, mensual o anual probable en una cuenca hidrográfica basados en información hidrológica. (ANA, 2014)

Según el Ministerio de Energía y Minas (1998), **La Cuenca del Río Santa** presenta un rendimiento medio anual de cuenca húmeda de aproximadamente 44 589 m³/km².

El estudio Hidrológico de la Cuenca del Río Santa realizado por Mancomunidad Municipal del Valle Fortaleza y del Santa (2017) reporta que periodo claramente definido de aguas altas durante los meses de enero-abril mientras que sus aguas presentan una baja en entre los meses Julio-Setiembre.

Según la Resolución N° 347-2014-GR-LL/PRE (2014); la disponibilidad hídrica en la cuenca registra descargas medias anuales que están dentro de los rangos de 62.59 m³/s y 227.81 m³/s con una media anual de 141.53 m³.

En el Informe Final de la Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca Santa presentado por la Autoridad Nacional del Agua (2015) se ha considerado como oferta de agua a las series mensuales de aportaciones naturales en todas las subcuencas que componen la cuenca del Río Santa; teniendo la siguiente descripción gráfica:

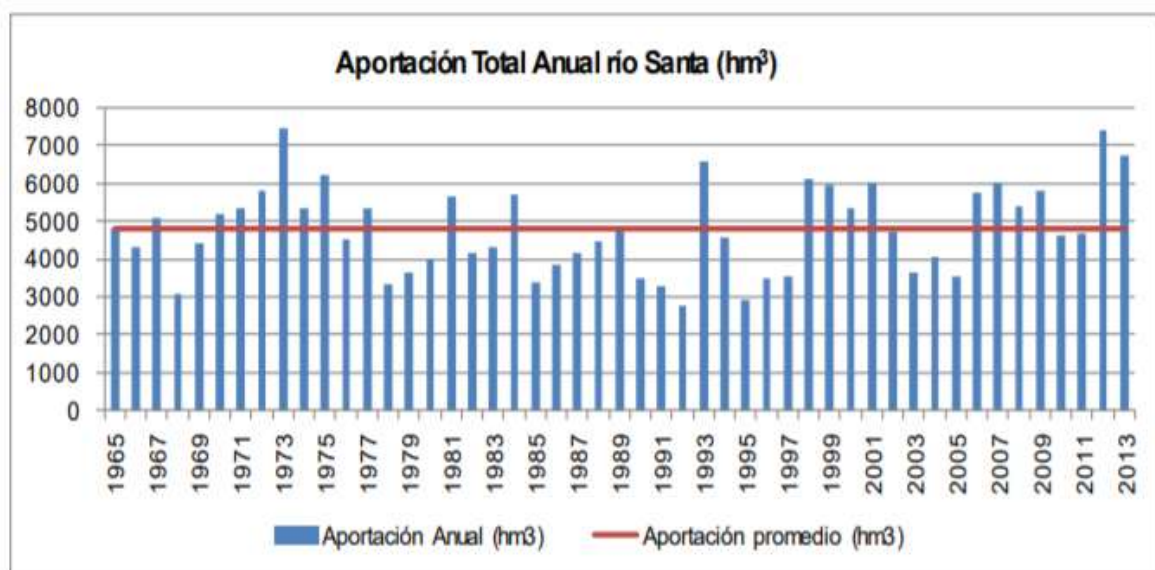


Figura 4. Representación de la Oferta Anual de agua de la cuenca del Río Santa. Resumen Ejecutivo del ANA, 2015.

1.3.10. Demanda hídrica

De acuerdo con lo dicho por el ANA, describe la demanda hídrica como aquellos volúmenes de agua dados en un año, mes o día, los cuáles requieren los usuarios para sus diferentes actividades o usos incluyendo la demanda ecológica. (ANA 2016) (Véase ANEXO 7 al ANEXO 11 para más detalle):

Tabla 4. Usos del Agua de la Cuenca del Río Santa en Hm³.

Uso del agua	Demanda Existente
Poblacional	23.96
Agrícola	1489.76
Energético	0.19
Minero	1.99
Industrial	3.41
Otros	26.62

FUENTE: Elaboración propia a partir del Informe del ANA, 2015.

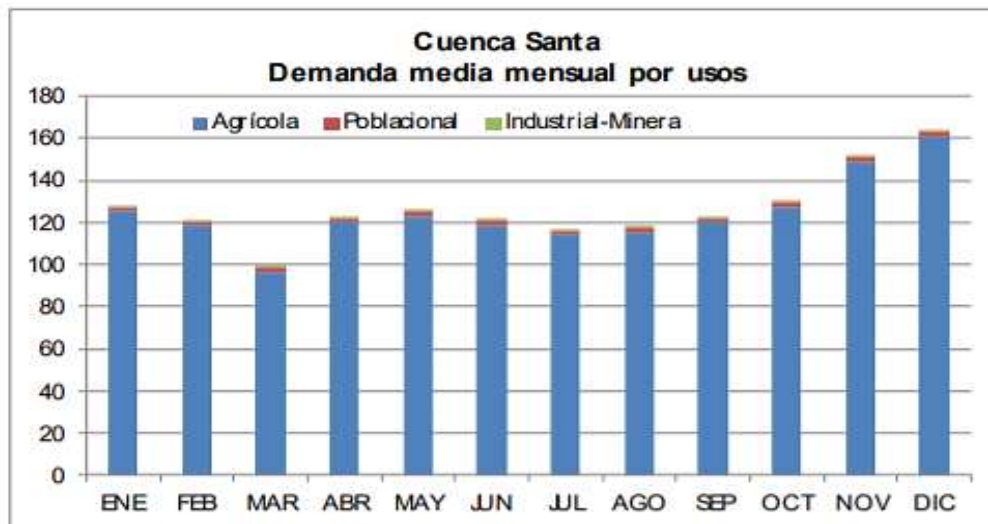


Figura 5. Demanda promedio mensual por usos. Resumen Ejecutivo del ANA, 2015.

Megaproyectos que abastece la cuenca del río santa:

Según el Ing. Rómulo Antúnez (2019), la Cuenca del Río Santa es la fuente de abastecimiento en un 80% de los siguientes proyectos:

- **Proyecto Especial Chavimochic:**

La cuenca provee a este proyecto el caudal de 80 m³/s la cual cuenta con una inversión que sobrepasa los 450 millones de soles.

La primera y segunda etapa del mencionado proyecto tuvo una inversión de 960 millones de dólares; mientras que, la última etapa costó 715 millones de dólares. (**Antúnez, 2019**)

Rodríguez (2016) mencionó en su Estudio de Análisis Crítico de Discurso de Regantes del Callejón de Huaylas que es un Proyecto hidroenergético con carácter privado-público cuyos fines es de contribuir a la eficiencia agrícola, energética y poblacional del agua.

El Gobierno Regional de la Libertad (2019) detalló que el Proyecto Chavimochic deriva caudales del Río Santa para poder irrigar valles como Chao, Virú, Moche y Chicama de aproximadamente 160 mil ha de tierra, dotar de agua los valles cercanos y aprovechar el recurso hidroeléctrico. Consta de 3 etapas y presenta el esquema del **ANEXO 12**.

- **Proyecto Especial Chincas:**

Según el portal del Proyecto Especial Chincas refiere que este proyecto comprende el conjunto de obras hidráulicas destinada a la captación y conducción del recurso hídrico con el objetivo de utilizarlo en el riego y el abastecimiento de agua para la población. (**Véase ANEXO 13**)

El principal sistema hidráulico está compuesto por dos sistemas de captación y conducción: la Huaca y la Víbora los cuales recorren los valles de Nepeña-Casma, y Santa y Chimbote.

La cuenca provee a este proyecto un caudal de alrededor de 30 m³/s con una inversión de alrededor de 1 670 millones de dólares empezando con 200 millones para los primeros 47 km del canal en un escenario desfavorable referente al caudal oferta a causa del desbalance e impresión de presencia de lluvias o desglaciación. (**Antúnez, 2019**)

Rodríguez (2016) lo refirió como un proyecto agrícola de riego para gestionar el agua desviada del Río Santa.

IMPORTANCIA DE LOS MEGAPROYECTOS: (Véase ANEXO 14)

La situación actual de la cuenca muestra una demanda hídrica considerable, por esta razón, se hace necesaria la implementación de políticas e inversión en la Cuenca del Río Santa para que se logre obtener territorios hídricos que han sido degradados y ecosistemas glaciares o de la Cordillera Negra a través de un CANON HÍDRICO.

Las consideraciones de diseño existentes para los megaproyectos antes mencionados no han sido las indicadas pues han obviado tener en cuenta disminuciones permanentes del caudal o fluctuaciones que se puedan presentar en el período de vida útil del sistema hidráulico, razones por las cuáles fundamentan la importancia de la inversión e integración en estos proyectos para la garantía de la satisfacción de la demanda actual en el caudal. **(Antúnez, 2019)**

La importancia de los proyectos radica en aumentar la agro exportación y la agroindustria en los valles consumidores, incrementar el uso energético y generar empleo a nivel regional además de incrementar la inversión pública y privada de manera internacional y nacional. **(Rodríguez, 2016)**

1.3.11. Ciclo hidrológico

Según el Foro Peruano para el Agua, es la sucesión de etapas que atraviesa el agua al hacer un paso desde la atmosfera hacia la tierra y de retorno: evaporación desde el suelo, mar o aguas continentales, condensación de nubes, precipitación, acumulación en el suelo o masas de agua y re evaporación. **(Foro Peruano para el Agua, 2011)**

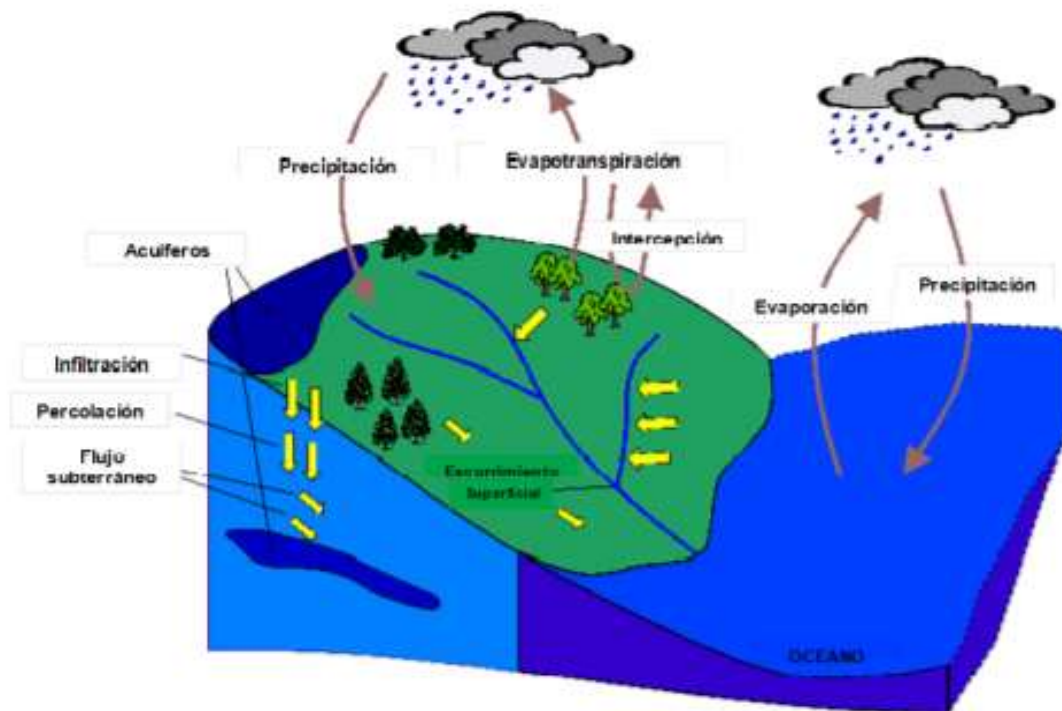


Figura 6. Representación del Ciclo Hidrológico. Musy, André, 2001.

En el Informe Final de la Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca Santa presentado por la Autoridad Nacional del Agua (2015) caracteriza las variables climáticas esenciales (temperatura, precipitación, humedad, etc.) con el objetivo de construir un modelo hidrometeorológico que escenifique el Ciclo Hidrológico de la cuenca en estudio.

Precipitación o precipitación pluvial:

Catillo e Inoñán denominan precipitación a toda agua meteórica que recae en la zona superficial de la tierra ya sea en su forma líquida o sólida provocadas por un cambio en la temperatura o la presión. Éste se constituye como la única entrada principal al sistema hidrológico continental.

Este parámetro es de suma importancia a causa de que determina la entrada con mayor aporte de agua a una cuenca junto con la cantidad y frecuencia que tenga. (Castillo y Inoñán, 2016)

✓ **Hietograma de Precipitación:**

Lizeth Díaz y Jairo Alarcón, en su tesis para la obtención del título en Recursos Hídricos detallan que, el Hietograma es un gráfico que representa las variaciones de la intensidad de la precipitación de manera escalonada (mm) en función de tiempo, minutos y horas. **(Díaz y Alarcón, 2018)**

En el estudio realizado por parte del Ministerio de Energía y Minas (1998), **La cuenca del Río Santa** presenta dos sectores;

La cuenca seca, que se encuentra delimitada desde el nivel del mar hasta la costa (1800 m.s.n.m). La precipitación pluvial anual es menos de 250 mm y no aporta un caudal de escorrentía.

La cuenca húmeda, se encuentra delimitada entre los 1800 m.s.n.m. y 4200 m.s.n.m. teniendo una precipitación oscilante entre los 250 mm y 1200 mm, respectivamente.

En términos de variación en el tiempo dentro del ciclo hidrológico, existe una variación pluvial intermensual con mayores precipitaciones (80%) entre los meses de diciembre y marzo.

La Autoridad Nacional del Agua en su Informe Final (2015) presenta como una precipitación promedio Multianual de 758 mm aproximadamente con una variabilidad anual que concentra los valores más elevados entre los meses de diciembre a marzo relativamente y los más reducidos entre los meses de junio a agosto, también con un porcentaje de variabilidad. En la zona de Bajo Santa presenta valores relativamente altos en los meses de febrero a marzo; mientras que, en Alto Santa, entre los meses de junio a agosto, presenta una notable variabilidad en las estaciones seca y húmeda a causa de las lluvias.

Adicional a ello, el ANA nos menciona que a causa del cambio climático la precipitación presenta un aumento del 2%.

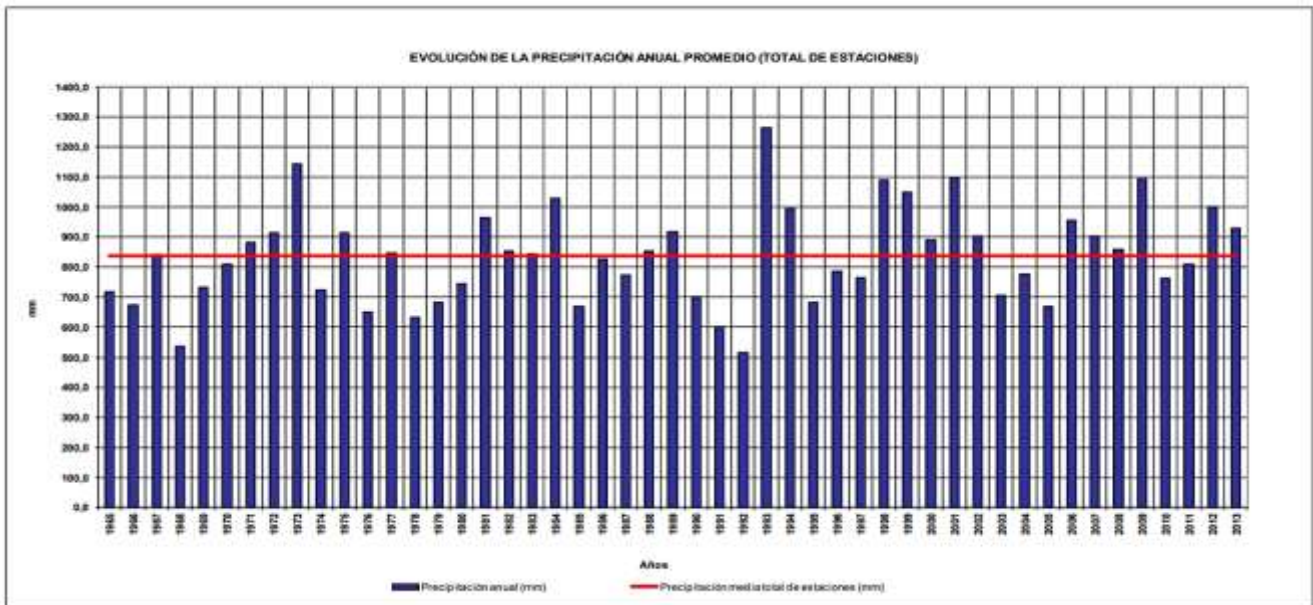


Figura 7. Evolución de la precipitación anual promedio (total de estaciones). Informe Final, ANA, 2015.

- **Temperatura:**

Según la Cartilla Técnica: Balance Hídrico Superficial presentado por el SENAMHI define Temperatura como la cantidad de energía solar retenida en un tiempo determinado. El instrumento con el cual se facilita la medición de esta cantidad de energía es el termómetro y debe realizarse a una distancia promedio de 1.5mts del suelo, en un ambiente ventilado evitando la exposición a los rayos del sol. Sus unidades son Celsius o Fahrenheit. (SENAMHI, 2012)

La Cuenca del Río Santa fue evaluada por la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN) quien realizó estudios a nivel de temperatura y estableció variaciones medias anuales que varían desde los 20°C en la costa hasta los 6°C en las partes más altas dentro de las cuales queda una serie de valores térmicos que especifican cada uno de los pisos altitudinales de la cuenca.

Entre los 2800 y 3700 m.s.n.m., se presenta una estimación de 10°C de temperatura; mientras que, la porción que se encuentra entre los niveles de 3700 y 4200 m.s.n.m. la temperatura promedio anual es aproximadamente de 6°C.

Según la Autoridad Nacional del Agua en su Informe Final (2015) presenta como temperatura promedio multianual de 8°C con una variabilidad de -0.6°C y -0.25°C cada 100 m (altitudes mayores y menores a 2500 m.s.n.m respectivamente) abarcando períodos desde 1965 al 2013.

Además de ello, menciona que el cambio climático ha ocasionado un incremento del 1.1% en el factor temperatura.

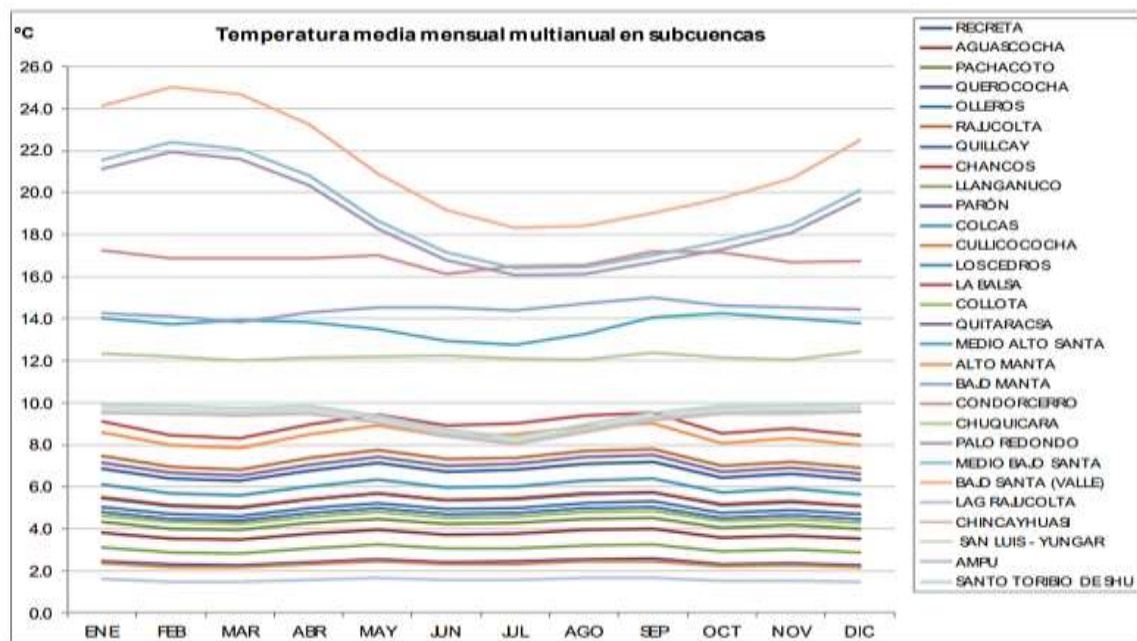


Figura 8. Variabilidad mensual de la temperatura media a nivel de subcuenca (C°). Informe Final, ANA, 2015.

- **Humedad:**

Wendor Chereque en su libro “Hidrología para estudiantes de ingeniería civil” auspiciado por CONCYTEC define que la humedad expresa el contenido de vapor de agua de la atmosfera, es decir el vapor que proviene de la evaporación que tiene lugar en los espejos de agua, en suelos húmedo o incluso a través de las plantas. (Wendor Chereque, 1989)

Según Castillo y Inoñán (2018) definen la humedad en dos subcriterios:

- ✓ **Humedad Relativa:** Es la relación entre saturación y vapor real (en %), midiéndose por medio hidrógrafo.

- ✓ **Humedad Absoluta:** Hace referencia a la masa de vapor de agua que se encuentra contenida en una unidad de volumen de aire.

El Ministerio de Energía y Minas (1998) menciona que la **Cuenca del Río Santa**, en términos generales presenta humedad relativa de 81% en la Costa y en la Sierra (61%).

Según la Autoridad Nacional del Agua en su Informe Final (2015), presenta la humedad relativa en un 70% con variabilidad anual con valores máximos entre los meses de marzo-abril y mínimos entre los meses de julio-agosto.

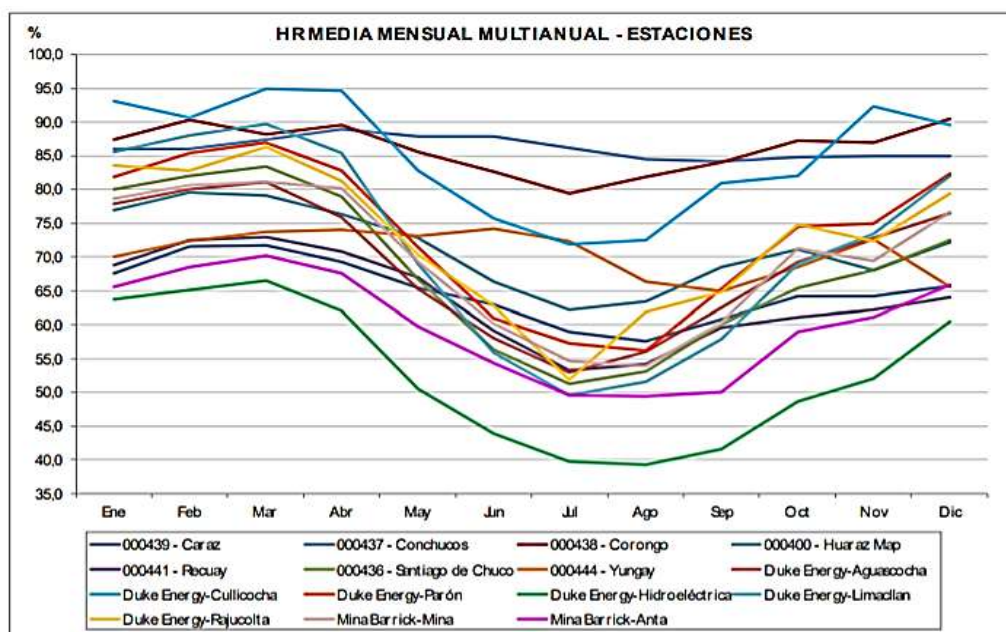


Figura 9. Humedad Relativa media Mensual Multianual en estaciones de 1965 al 2013. Informe Final del ANA, 2015.

- **Viento:**

Se le llama viento al movimiento horizontal y/o vertical en la atmósfera que crea magnitud de turbulencia la cual ocasiona la dispersión de agentes contaminantes de una fuente. (Moreno y Palmisano, 2012)

Serrano (2010) refirió que los máximos valores del viento alcanzan los 5000 m.s.n.m y sus valores mínimos a 150 m.s.n.m. y 3500 m.s.n.m.

Según lo que describe Chereque, los vientos son un elemento importante dentro ciclo hidrológico puesto que, éste influye en el transporte tanto de calor como de humedad por lo tanto se encuentra presente en el proceso de evaporación. De este

factor interesa su velocidad la cual se mide m/s, km/h o nudos (1 nudo=0.514 m/s =1.85 km/h). (Chereque, 1989)

Según lo expuesto por el Ministerio de Energía y Minas (1998), **La Cuenca del Río Santa** presentan vientos que son monitoreados únicamente por la estación Trujillo Córpac, la cual, ha establecido que la velocidad de viento existente en el lugar de investigación varía entre los **0 y 21 km/h**.

Según la Autoridad Nacional del Agua en su Informe Final (2015) presenta como una velocidad promedio de viento alrededor de 1 m/s con variabilidad estacional.

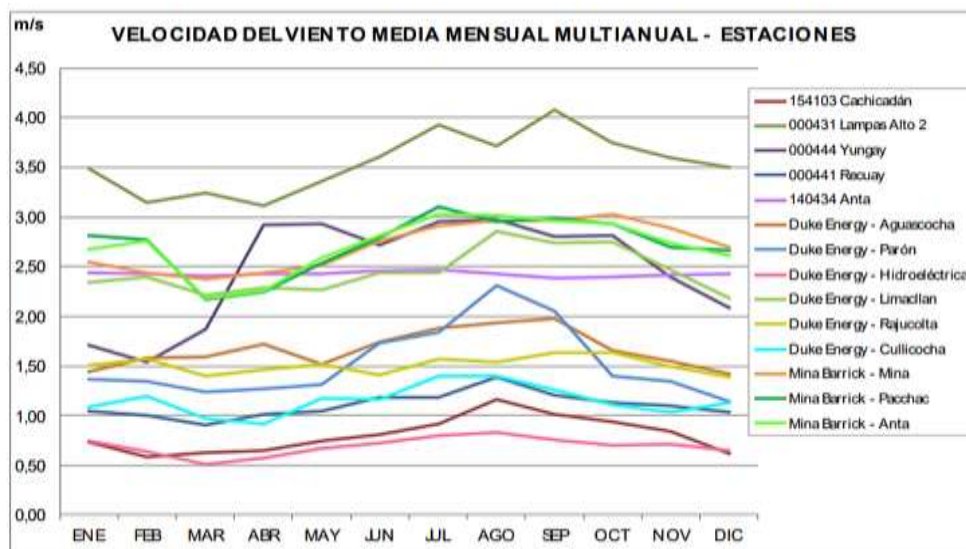


Figura 10. Velocidad del viento media mensual multianual (m/s) en las estaciones de la cuenca Santa de 1965 al 2013. Informe Final, ANA, 2015.

- **Evaporación:**

Marín (2010), en su tesis “Evaluación de la Relación entre la Evapotranspiración Potencial Teórica y la Evaporación registrada en los Departamentos De Cundinamarca y Valle Del Cauca” para obtener el título de Ingeniero Civil; interpreta que la evaporación es aquel proceso físico que da paso del estado líquido del agua al gaseoso cuando se expone a energía calorífica puesto que esto aumenta la energía cinética de sus moléculas ocasionando la interacción rápida de las mismas aumentando su volumen (dilatación); cuánto mayor es la temperatura, las moléculas en la superficie escapan del volumen líquido y son liberadas en vapor. (Marín, 2010)

La Universidad Nacional del Nordeste en la 2da publicación del Departamento de Hidráulica (2010) define la evaporación es el volumen de agua que se convierte de su estado líquido a vapor al encontrarse expuesta a temperaturas altas o radiación solar. (**Universidad Nacional del Nordeste, 2da edición, 2010**)

Según la Autoridad Nacional del Agua en su Informe Final (2015) la evaporación media se encuentra establecida entre los meses de junio a julio; mientras que, en los puntos de mayor altitud los valores de evaporación son máximos y se dan entre los meses de noviembre a enero.

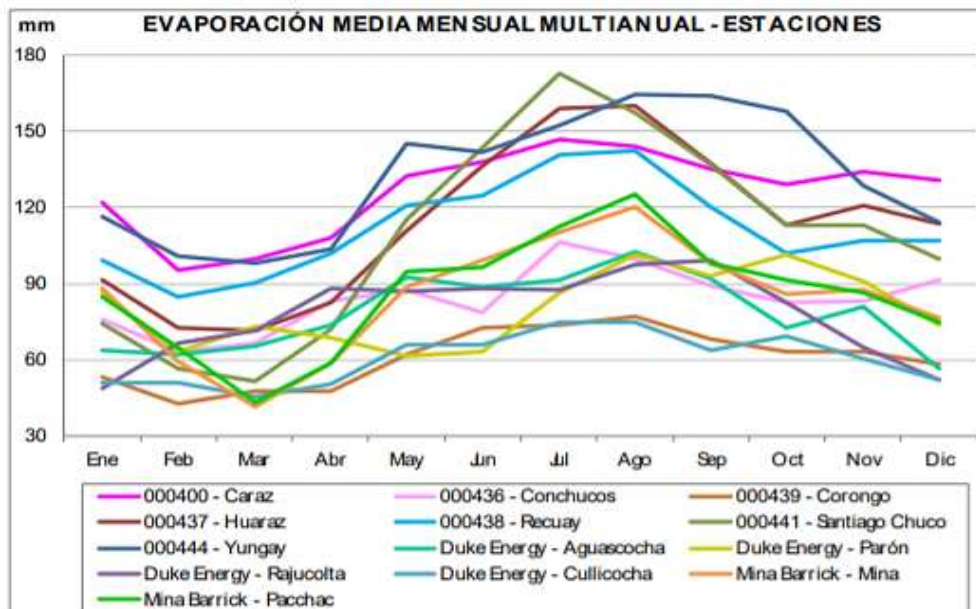


Figura 11. EVAPORACIÓN MEDIA MULTIANUAL. Resumen Ejecutivo del ANA, 2015.

- **Evapotranspiración:**

Según Chérrez (2015); la evapotranspiración es el elemento más complejo de cuantificar cuando se realiza el cálculo de balance hídrico y a la vez se constituye como el de mayor importancia para realizar estudios de drenaje y riego. Éste sucede en función de las condiciones meteorológicas del área.

Al combinarse los procesos de evaporación y transpiración de la parte biótica del ecosistema se produce la evapotranspiración; esta situación debe estimarse de manera conjunta para evitar complicaciones.

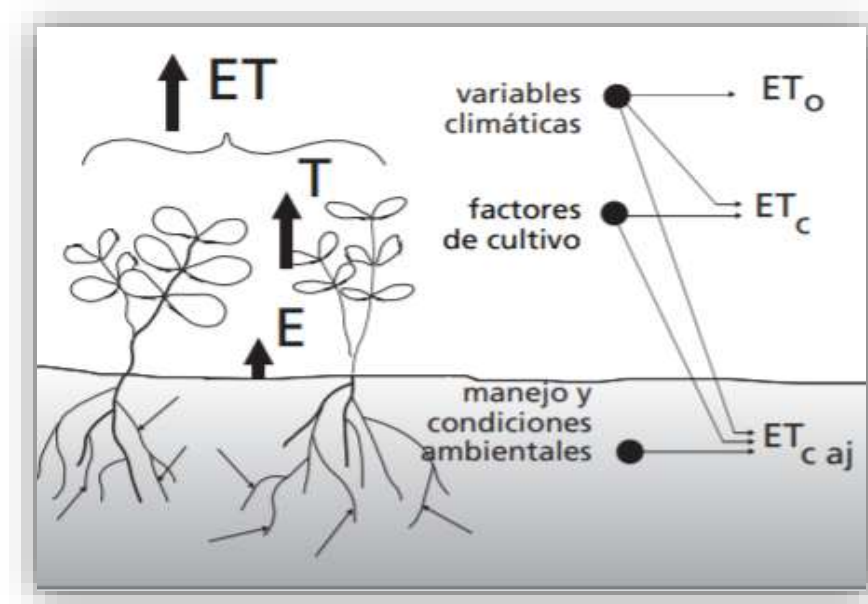


Figura 12. FACTORES QUE AFECTAN LA EVAPOTRANSPIRACIÓN. FAO (2006)

Según la Autoridad Nacional del Agua en su Informe Final (2015), la evapotranspiración potencial promedio presentada multianualmente se encuentra entorno a los **1243 mm/año** caracterizándose por un aumento por la altitud.

- **Escorrentía**

Esta es la parte más importante del Ciclo Hidrológico puesto que a través de éste el proceso de precipitación logra alimentar a cada uno de los caudales o corrientes continuas, superficiales o intermitentes de una cuenca. Pueden presentarse diferentes escorrentías acordes a su procedencia: Escorrentía Superficial, Subsuperficial y subterránea.

La cuenca del Río Santa tiene como origen de su escurrimiento superficial, las precipitaciones que se suscitan en la cuenca alta adicionando a ello los deshielos de la Cordillera Blanca el cual aporta al mantenimiento de una descarga considerable aún en épocas de estiaje, lo que ocasiona que la Cuenca se constituya como una de las más regulares de la zona Costa del Perú.

La escorrentía durante la estación o época seca (mayo-Setiembre) tiene su origen en la fusión glaciaria representado hasta en un 100% en cuencas glaciares; es por

ello que, Baraer (2009) demostró que determinadas cuencas son abastecidas en 18-74% por aguas superficiales.

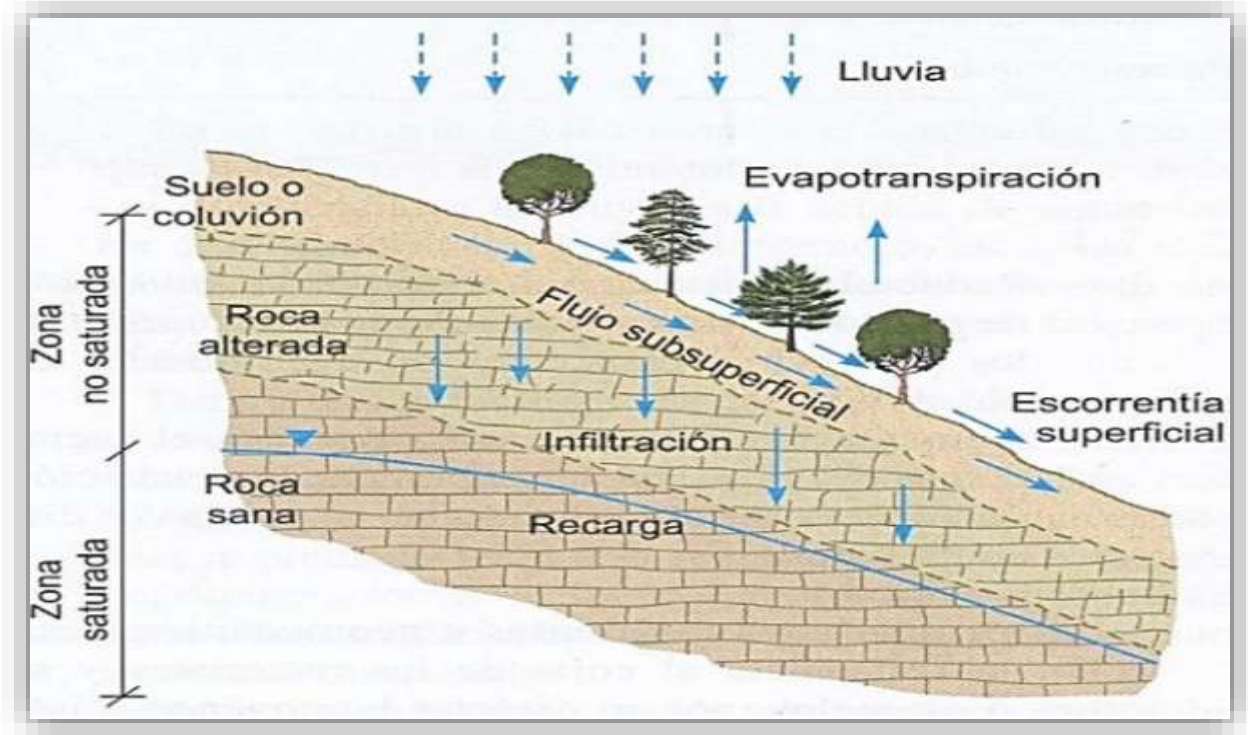


Figura 13. ESCORRENTÍA SUPERFICIAL. Elaborado por RF. Berrones, 2015.

1.3.12. Balance hídrico

Según la Cartilla Técnica presentado por el Foro Peruano para el Agua respaldado por el SENAMHI (2011) refirió que la variación entre las cantidades de masa de agua de un estado a otro y el medio en el que se transporta influye en el ciclo del agua; es por ello, que el cálculo de esos volúmenes en tiempo o periodos de tiempo es renombrado como balance hídrico.

Al considerarse la cuenca de un río como una unidad hidrogeográfica se debe considerar también un periodo de tiempo, de esta manera, es posible estimar el volumen de agua de entrada y de salida en el ciclo a través de la superficie. Esta estimación es el cálculo del balance hídrico. (SENAMHI, 2011)

La ecuación de continuidad, o de balance hidrológico, es la ley más importante en Hidrología, y aunque su expresión es muy simple, la cuantificación de sus términos es normalmente complicada, principalmente por la falta de medidas directas y por la variación espacial de la evapotranspiración, de las pérdidas profundas (a

acuíferos) y de las variaciones del agua almacenada en una cuenca. (Pilar Llorens, 2003)

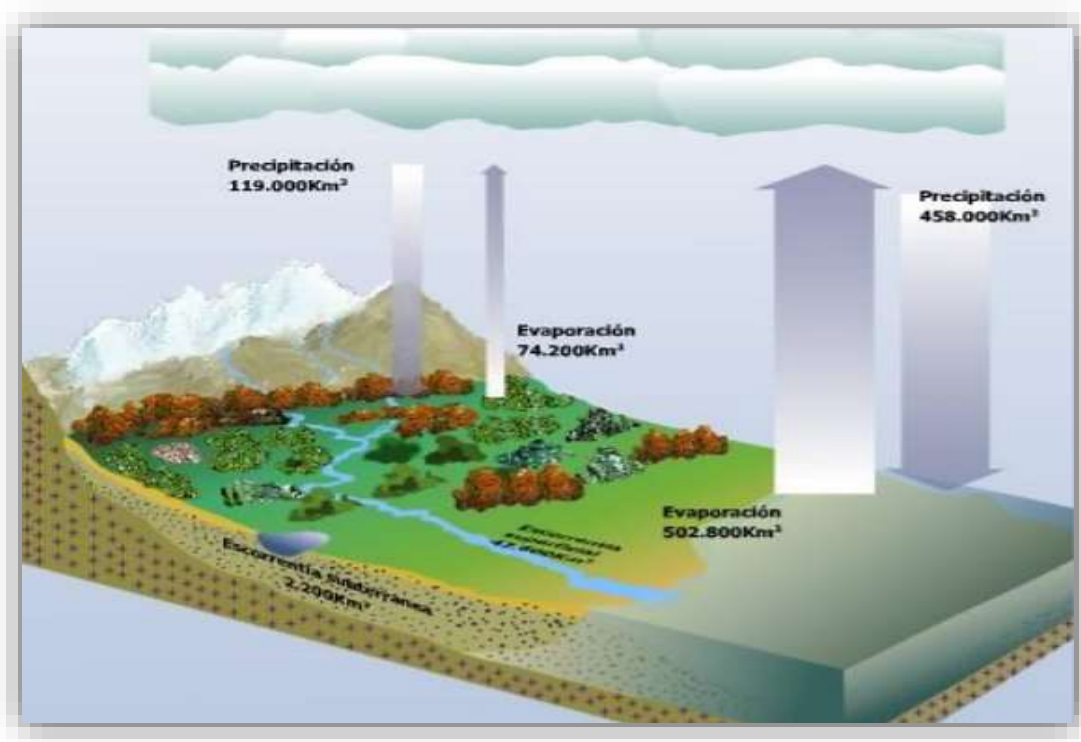


Figura 14. BALANCE HÍDRICO. Sociedad Geográfica de Lima, 2011.

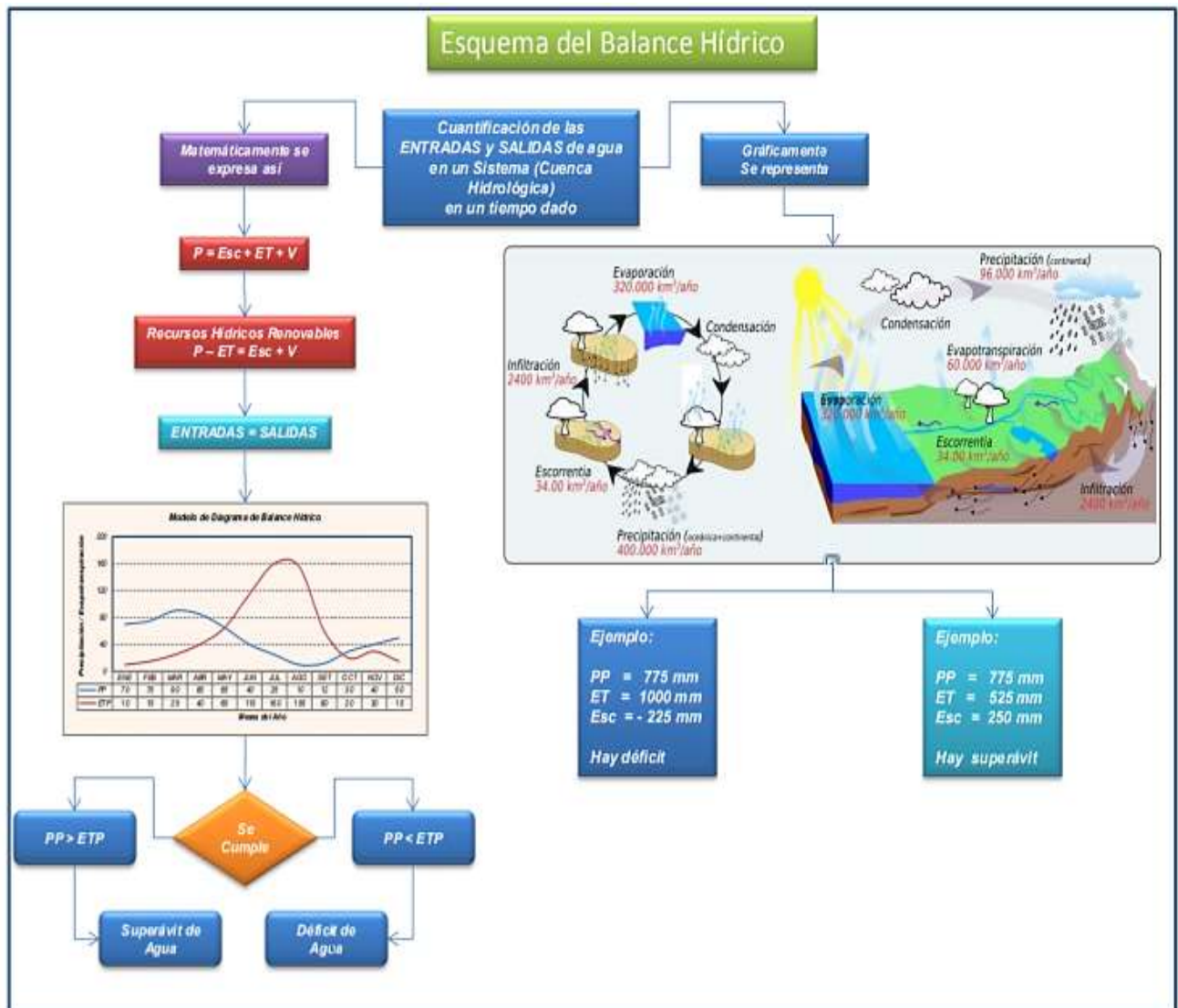


Figura 15. ESQUEMA EJEMPLO DE BALANCE HÍDRICO. Modificado por Julio Ordoñez, 2011.

1.3.13. Índice de escasez

Según el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM (2004) y su Guía Metodológica para el Cálculo del Índice de Escasez tomado por la Secretaría General de la Comunidad Andina – Lima, 2008, este factor indica la relación entre la Oferta Hídrica Neta presentada en la Superficie y la Demanda Total de Agua en la zona de la Cuenca del Río Santa por las actividades agrícolas, mineras, industriales, entre otros.

Esta escasez se registra cuando la cantidad de agua superficial tomada de la cuenca es mayor lo que genera conflictos de abastecimiento para las actividades antes mencionadas.

Tabla 5. INTERPRETACIÓN DE LOS ÍNDICES DE ESCASEZ.

CATEGORIA	% de la OFERTA HÍDRICA UTILIZADA	INTERPRETACIÓN
ALTO	> 40%	Existe fuerte presión sobre el recurso hídrico, denota una urgencia máxima para el ordenamiento de la oferta y la demanda. En estos casos, la baja disponibilidad de agua es un factor limitador del desarrollo económico. Se requieren fuertes inversiones económicas para mejorar la eficiencia en la utilización del agua en los sectores productivos y en los sistemas de abastecimientos de agua potable.
MEDIA	20-40%	Cuando los límites de presión exigen entre el 20 y el 40% de la oferta hídrica disponible es necesario el ordenamiento tanto de la oferta como de la demanda. Es menester asignar prioridades a los distintos usos y prestar particular atención a los ecosistemas acuáticos para garantizar que reciban el aporte hídrico requerido para su existencia. Se necesitan inversiones para mejorar la eficiencia en la utilización de los recursos Hídricos.
MODERADO	10 - 20%	Indica que la disponibilidad del agua se está convirtiendo en un factor limitador del desarrollo. Se debe implementar un mejor sistema de monitoreo y seguimiento del agua y desarrollar proyecciones del recurso hídrico a corto y largo plazo.
BAJO	< 10%	No se experimentan presiones importantes sobre el recurso hídrico en términos de cantidad.

FUENTE: Metodología índice de Escasez. IDEAM, 2004.

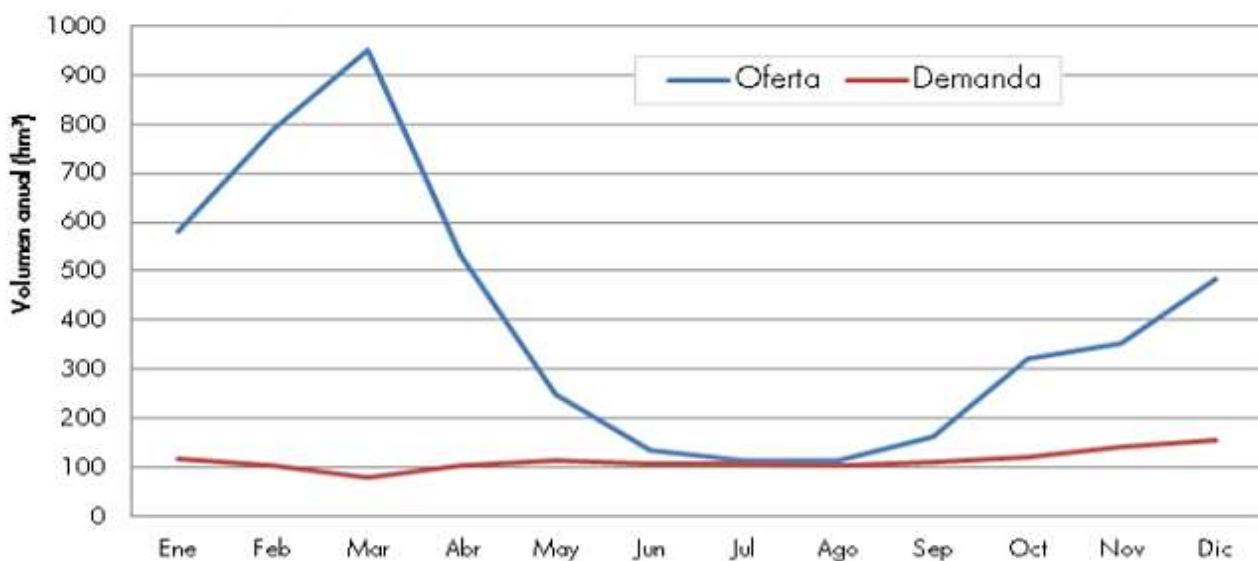


Figura 16. Oferta y demanda medias mensuales totales de la cuenca. Informe Final del ANA, 2015.

1.4. Formulación del problema

¿El Balance Hídrico Superficial de la Cuenca del Río Santa 2020, satisface la demanda de agua existente?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Determinar el Balance Hídrico de la cuenca del Río Santa para abastecimiento de la demanda existente.

1.5.2. Objetivos específicos

- Determinar las características geográficas y geomorfológicas de la cuenca del Río Santa.
- Determinar los parámetros climatológicos a través del Análisis Climatológico de la Cuenca del Río Santa (Precipitación, temperatura, humedad relativa y velocidad de Viento).
- Determinar la cantidad de agua perdida por Evapotranspiración de la Cuenca del Río Santa.
- Determinar el escurrimiento superficial a través del Cálculo de escorrentía de la Cuenca del Río Santa.
- Determinar la demanda actual promedio mediante el uso de data con no más de 40 años de antigüedad, con fines poblacionales, industriales, agrícolas, minero y energético.
- Determinar la oferta hídrica en la Cuenca del Río Santa.
- Presentar el índice de Escasez de la relación demanda-oferta.
- Realizar el Análisis del Balance Hídrico de la Cuenca del Río Santa como base para estudios anuales.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

El balance hídrico superficial de la cuenca del río Santa 2020 permite satisfacer la demanda existente.

1.7. Justificación

La presente investigación se justifica por la necesidad de conocer si el balance hídrico de la cuenca del río Santa permitirá satisfacer la demanda de agua existente y con ello contribuir a la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos. Durante el desarrollo de la investigación determinaré los criterios considerados dentro del Balance Hídrico. Los resultados servirán de apoyo y justificación social a esta investigación porque con ello se podrá realizar una mejor planificación respecto a su uso y consumo (demanda) de manera sostenible y/o una adecuada distribución del mismo para las actividades y/o proyectos que dependen de la cuenca en estudio. Además, se justifica teóricamente porque hace uso de los programas de cálculo existentes utilizados para el balance hídrico óptimo, así como los aprendizajes obtenidos en el desarrollo de mi carrera.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1 Tipo de investigación

El tipo de Investigación de la presente tesis es cuantitativa y según su finalidad es Aplicada pues se emplea investigaciones y conocimientos previos que serán la base principal en mi investigación.

Según su carácter es descriptiva simple porque está dirigido a la búsqueda y detalle de la información del ciclo hidrológico y sus parámetros de cálculo.

Según el Diseño de Investigación, el trabajo es de carácter no experimental – Transversal porque se orienta a una investigación en la que las variables no serán manipuladas ni se asignarán sujetos o sucesos de manera aleatoria para después analizarlos.

Operacionalización de variables

Tabla 6. Operacionalización de Variable dependiente e Independiente.

VARIABLE	VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN	INDICADORES	MEDICIÓN
BALANCE HÍDRICO SUPERFICIAL DE LA CUENCA DEL RÍO SANTA	Balance Hídrico	Es la relación de equilibrio entre los recursos hídricos que conforman un sistema y su interrelación en un determinado tiempo.	Análisis Hidroclimatológico:	
			Precipitación	m2
			Temperatura	°C
			Humedad Relativa	%
			Velocidad de Viento	km/h
			Evapotranspiración	Mm
			Demanda Hídrica	hm3/año
			Balance Hídrico	Mm
			Oferta Hídrica	hm3/año
			Índice de Escasez	%
			Análisis de Balance	Ordinal
	VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN	INDICADORES	MEDICIÓN
Cuenca del Río Santa	Es una de las más grandes de la costa peruana y que tanto por la magnitud de sus recursos hídricos como por sus características fisiográficas tan particulares, ha sido y es objeto de numerosos estudios. El río Santa es uno de los más caudalosos de la Vertiente del Pacífico y en magnitud de cuenca sólo es superado por el río Chira.	Geográficos	Nominal	
		Geomorfológicos	Nominal	

FUENTE: *Elaboración propia .*

2.2 Población y muestra

Población: Cuenca del Río Santa

Muestra: Cuenca del Río Santa

2.3 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1 Técnicas de Recolección de Datos:

La técnica utilizada es la del análisis de fuentes documentales y bases de datos.

- Información de muestreos y aforos de los proyectos especiales: Proyecto Especial Chavimochic o el Proyecto Especial Chinescas.
- Base de Datos ANA, Gobierno Regional La Libertad y SENAMHI.

2.3.2 Instrumentos de Recolección de Datos:

Los instrumentos más utilizados son:

- Fichas Bibliográficas:

CRITERIOS	INDICADORES
Revistas Científicas	Definiciones, Enfoque de su análisis, Datos Cualitativos y Cuantitativos, Conclusiones de la Investigación y Recomendaciones.
Libros	Conceptualización de Términos, Procedimiento de Cálculo.
Artículos (Completo o por ediciones)	Enfoque de estudio, Datos Hidrológicos, Cálculos y Conclusiones

- Investigaciones de Grado: Tesis de Bachiller, Grado y Maestría.
- Informes Finales Científicos.

2.3.3 Análisis de datos

Los datos se analizarán dando inicio con los parámetros geomorfológicos, puesto que, estos datos enlazados con los parámetros climatológicos nos servirán para la obtención de un valor promedio de escurrimientos superficial, lo que nos conllevará a un cálculo de oferta hídrica para, finalmente, relacionarla con la demanda hídrica promedio calculada.

- Hojas de Cálculo de Excel.
- Tablas y formatos de Thornthwaite para cálculo de Evapotranspiración.
- Tablas de Allen para Cálculo de Horas Máximas de sol mensual.
- Reporte de Datos Mensuales – Anuales respecto a los parámetros climatológicos en la Cuenca del Río Santa.

2.4 Procedimiento

El procedimiento efectuado para la realización de este estudio se constituyó de la siguiente manera:

2.4.1 Recolección de información: Este fue el punto de partida, la recaudación de información de fuentes confiables como lo son: libros, reportes de SENAMHI, ANA, Organismos Internacionales, estudios ya realizados por los Ministerios como el Ministerio del Ambiente y el Ministerio de Energía y Minas conformantes de nuestra nación, de empresas dedicadas al rubro hidráulico, sanitario, ambiental, entre otros.

2.4.2 Recolección de datos numéricos de la cuenca: se consiguieron datos antecesores desde 1980 hasta el 2018 intercaladamente, para la obtención de datos y cálculos promedios antiguos.

2.4.3 Constitución de Base teórica: La obtención de esta información se determinó como el Marco teórico de la presente investigación la cual conceptualizará y dará un panorama del historial hidrológico, geográfico, ambiental y de sitio de la zona en estudio.

2.4.4 Análisis de datos obtenidos: Para iniciar la determinación de los resultados de las variables propuestas se tuvo que enfatizar el análisis de cada uno de los objetivos dispuestos.

Los detalles geográficos, geomorfológicos y demás características de la cuenca en estudio que han sido redactados en el marco teórico son detalles que han sido tomados en consideración para los cálculos de los resultados.

Para la obtención de datos o historial Hidroclimatológico de la Cuenca del Río Santa se obtuvieron registros que muestran los resultados obtenidos por el Ministerio de Energía y Minas con apoyo de otras sociedades además de Revistas Científicas de Universidades e Instituciones en el área Hidrológica.

Esto constituye una base importante puesto que con documentos técnicos se podrán respaldar los valores promedio en volumen de agua actual y el abastecimiento en un futuro próximo.

El análisis de la Demanda hídrica de la Cuenca del Río Santa también está definido en la documentación existente, por lo tanto, también es un dato variable y promedio por el cual servirá de referente para el presente cálculo.

El objetivo de obtener un dato promedio de Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) de la zona en estudio se encuentra definida en varios registros que se respaldan y son de fácil acceso virtual como en las páginas de la Autoridad Nacional del Agua, el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, entre otros, puesto que es una cuenca continuamente analizada, se encuentran datos promedios para diferentes años, lo que sirvió de base para un cálculo promedio actualizado del mismo.

Respecto al análisis de los datos previos obtenidos sobre el proceso de Evaporación, Evapotranspiración, Escorrentía e Infiltración fueron analizando de la misma manera que los anteriores datos, en base, a proximidades y promedios para no caer un vacío que afecte la veracidad y la credibilidad de los cálculos promedios obtenidos a la fecha.

2.4.5 Presentación de Resultados: Los datos descritos solo se detallarán como marco teórico pues los resultados presentados en la investigación son cálculos promedios actualizados que constituyen los resultados en base a los antes mencionados habiendo hecho uso de un computador para su procesamiento, utilizando hojas de Microsoft Excel para los cálculos de cada uno de los puntos o criterios que nos proporcionará un Balance Hídrico de la Cuenca en estudio como lo es la Cuenca del Río Santa.

2.4.6 Elaboración de Conclusiones y Recomendaciones: Una vez procesada la información y habiendo obtenido los resultados actualizados en base a los cálculos realizados en la presente investigación se elaborarán las conjeturas y/o conclusiones pertinentes respecto a la Cuenca del Río Santa lo que permitirá disponer de información necesaria para optimizar el ordenamiento y gestión de los recursos hídricos por la autoridad correspondiente en cada a la cuenca en estudio, el estudio realizado proporciona información descriptiva de las características fisiográficas y morfológicas de la cuenca, asimismo evalúa, cuantifica y determina la disponibilidad hídrica superficial permitiendo entender el funcionamiento hidrológico de la cuenca.

2.5. Aspectos Éticos:

Esta investigación ha sido desarrollada con responsabilidad y los resultados mostrados son veraces y tienen su base en el conocimiento científico de autores de libros, así como de otras investigaciones secundarias que han sido cuidadosamente citadas y referenciadas.

Además, con la presente investigación se pretende aportar al conocimiento en la rama de la ingeniería hidráulica, así como contribuir a la gestión del recurso hídrico y proveer de información a futuras investigaciones que se puedan realizar en este campo.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en mi investigación se detallan a continuación:

3.1 Parámetros geomorfológicos:

Se realizó una investigación exhaustiva respecto a características geomorfológicas de la cuenca en estudio, se trabajaron los cálculos con informes con periodicidad proporcional de los cuales se obtuvo los siguientes parámetros:

CÁLCULO DE DATOS PREVIOS:

- **Coefficiente de Compacidad:**

$$\text{Coeficiente de Compacidad} = 0.28 * \left(\frac{\text{Perímetro de la Cuenca}}{\sqrt{\text{Área de la cuenca húmeda}}} \right)$$

Ecuación 1. Fórmula de Coeficiente de Compacidad.

- **Factor Forma:**

$$\text{Factor Forma} = \frac{\text{Área de la Cuenca Húmeda}}{\text{Longitud de la cuenca Promedio}^2}$$

Ecuación 2. Fórmula de Factor Forma

(Véase el ANEXO 15)

Tabla 7. Datos Promedios de los Parámetros Geomorfológicos de la Cuenca del Río Santa.

Área Promedio Total de la Cuenca (km²):	11754.52
Área Promedio de la Cuenca húmeda (km²):	10838.33
Perímetro Promedio (km):	960.15
Longitud Promedio (km):	317.33
Pendiente Promedio (%):	1.37
Ancho Promedio (km):	38.00
Altitud Máxima (m.s.n.m):	6768.00
Altitud Media (m.s.n.m):	2735.00

Altitud Mínima (m.s.n.m):	0.00
Coefficiente de Compacidad Promedio:	2.58
Factor Forma Promedio:	0.11

FUENTE: Elaboración Propia.

CÁLCULO DE DATOS PARA DISEÑO DE CURVA HIPSOMÉTRICA:

Se delimitaron Curvas de Nivel desde un enfoque general (cada 1000 m.s.n.m) empezando por la Altitud Mínima promedio calculada hasta la Altitud Máxima promedio calculada.

- **ÁREA PROMEDIO (Km²):**

El área promedio considerado es la superficie en km² que conforma el desnivel.

- **ÁREA ACUMULADA (Km²):**

Es la sumatoria del área anterior con la propia simultáneamente entre todos los desniveles.

Área Acumulada (km²):

Factor Forma = área acumulada 0 (km²) + área promedio 1(km²)

Ecuación 3. Fórmula de Área Acumulada (km²).

Tabla 8. Cálculo Demostrativo de Procedimiento de Cálculo de Área Acumulada.

<i>Desnivel (m.s.n.m.)</i>	<i>Área Promedios(km²)</i>	<i>Área Acum. (km²)</i>
0	0.00	0.00
1000	935.5	0+935.5
2000	965.0	935.5 + 965

FUENTE: Elaboración Propia.

- **ÁREA SOBRE ALTITUDES (Km²):**

Es la diferencia entre el área promedio total y el área acumulado y se expresa en km².

Áreas sobre Altitudes (km²)

Áreas sobre Altitudes

$$= \text{área promedio total de la cuenta}(km^2) - \text{área acumulada del desnivel}(km^2)$$

Ecuación 4. Fórmula de Áreas sobre Altitudes (km²).

- **% ÁREA:**

Es el resultante de dividir el área promedio parcial (cada desnivel) y el área total de la cuenca. Este apartado es expresado en %.

Área (%):

$$\text{Área} = \frac{\text{Área promedio del desnivel (km}^2\text{)}}{\text{Área promedio Total de la Cuenca H (km}^2\text{)}}.$$

Ecuación 5. Fórmula de Área (%)

- **ÁREA ACUMULADA (%):**

Es el área acumulada en km² entre el área total de la cuenca.

Área Acumulada (%):

$$\text{Área Acumulada} = \frac{\text{Área acumulada promedio del desnivel (km}^2\text{)}}{\text{Área promedio Total de la Cuenca H (km}^2\text{)}}.$$

Ecuación 6. Fórmula de Área Acumulada.

- **ÁREA SOBRE ALTITUD (%):**

Es la división de las áreas sobre altitudes (en km²) ente el área total de la cuenca.

Área sobre Altitud (%):

$$\text{Área} = \frac{\text{Área sobre Altitudes promedio del desnivel (km}^2\text{)}}{\text{Área promedio Total de la Cuenca H (km}^2\text{)}}.$$

Ecuación 7. Fórmula de Área sobre Altitud.

Tabla 9. Cálculo total de % de área sobre latitud con Curvas de Nivel (enfoque general) de la Cuenca del Río Santa.

<i>Desnivel (m.s.n.m.)</i>	<i>Área Promedio(km2)</i>	<i>Área Acum. (km2)</i>	<i>Áreas sobre Altitudes (km2)</i>	<i>Área (%)</i>	<i>Área Acumulada (%)</i>	<i>% Área sobre la Altitud</i>
0	0.00	0.00	10838.33	0.00%	0.00%	100.00%
1000	935.5	935.50	9902.83	8.63%	8.63%	91.37%
2000	965	1900.50	8937.83	8.90%	17.53%	82.47%
3000	1637	3537.50	7300.83	15.10%	32.64%	67.36%
4000	3675	7212.50	3625.83	33.91%	66.55%	33.45%
5000	3067.5	10280.00	558.33	28.30%	94.85%	5.15%
6768	558.33	10838.33	0.00	5.15%	100.00%	0.00%
Área Total de la Cuenca	10838.33			100.00%		

FUENTE: Elaboración Propia.

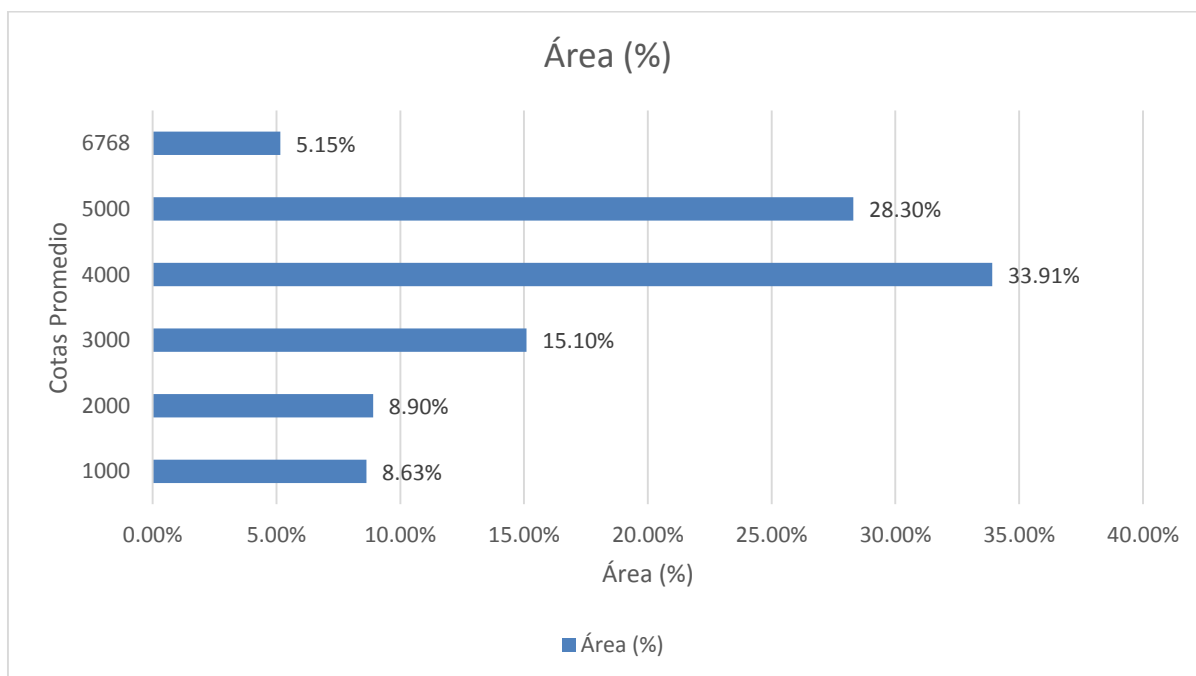


Figura 17. ÁREAS PROMEDIO DE LAS COTAS GENERALIZADAS ANALIZADAS.

Fuente: Elaboración Propia.

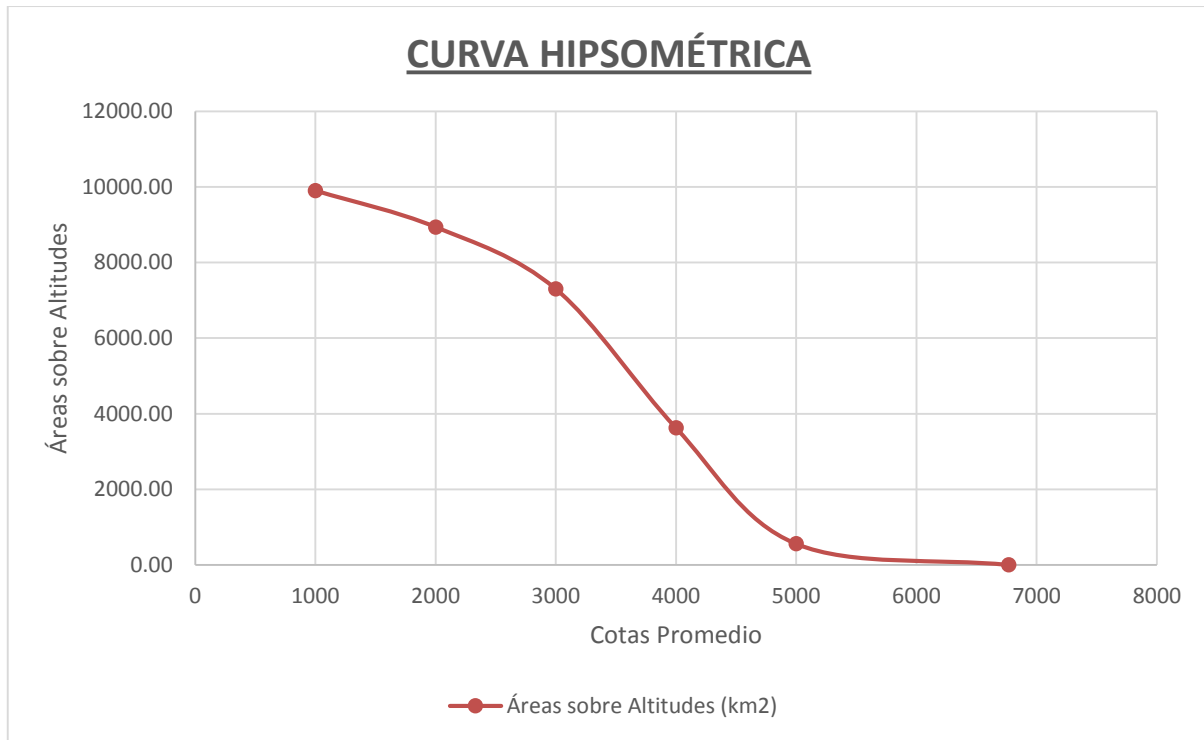


Figura 18. CURVA HIPSOMÉTRICA CALCULADA.

Fuente: Elaboración Propia.

3.2 Precipitación:

Para obtener los resultados promedio respecto a las precipitaciones mensuales presentadas y analizadas desde 1977 al 2018 con una periodicidad de entre 6 y 10 años en la Cuenca del Río Santa en el transcurso de un año se analizó estudios previos de diferentes años siendo éstas investigaciones bases utilizadas en investigaciones del año 2019, puesto que, la variabilidad indicada en las bases teóricas conlleva a que los datos de precipitación son tomados para periodos de tiempos promedios.

A la data ingresada en la tabla se le adicionó el 50% de su valor puesto que, Senamhi y el Ministerio de Ambiente en su publicación en marco de la Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático a la CMNUCC (2009) según Mckee, dispuso valores que corresponden a los Índices de Precipitación Estandarizada (SPI) relativo a la precipitación promedio para un periodo analizado considerando la mayor probabilidad por razones de obtener una tendencia lineal de precipitación válidos para la cuenca en su totalidad. **(Véase ANEXO 16)**

De esta manera se obtuvo el siguiente gráfico:



Figura 19. PRECIPITACIÓN PROMEDIO CALCULADA. Elaboración Propia.

Desviación estándar y coeficiente de variabilidad

La desviación estándar proporciona datos de dispersión, los mismos que se obtuvieron haciendo uso de las fórmulas básicas de manejo de Microsoft Excel (Función DESVEST (), Función DESVESTP () con referencia a los datos a calcular).

El Coeficiente de Variabilidad es la medida que relaciona la desviación estándar con la media aritmética y lo hace definiéndolo a través de la siguiente proporción:

$$\text{Coeficiente de Variabilidad} = \frac{\text{Desviación Estándar}}{\text{media Aritmética}}$$

Ecuación 8. Fórmula de Coeficiente de Variabilidad.

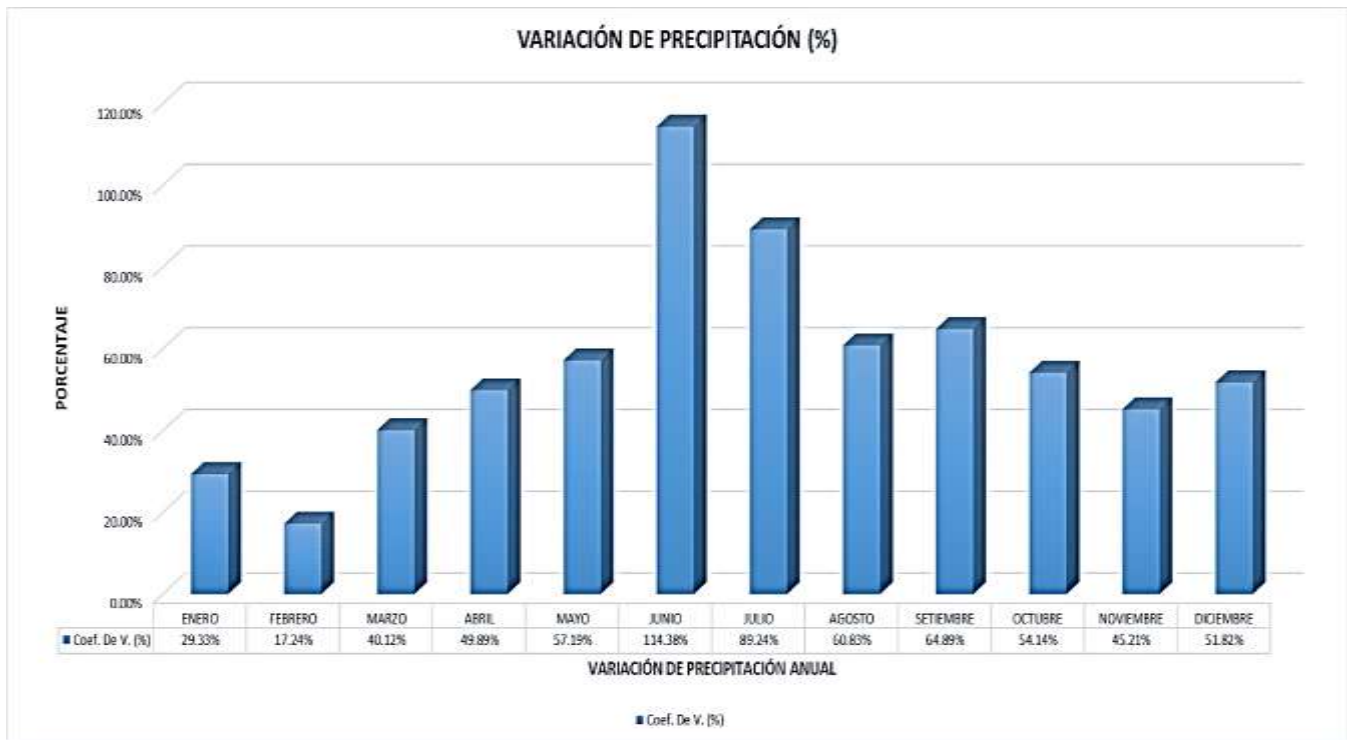


Figura 20. VARIACIÓN DE PRECIPITACIÓN PROMEDIO CALCULADA.

Fuente: Elaboración Propia.

Interpretación:

La desviación se interpreta relacionando el Coeficiente de Variabilidad de la siguiente manera:

- Desv. Est: 62.00 ***SU DESVIACIÓN ESTÁNDAR EQUIVALE AL 29% DE SU MEDIA***
- Coef. De V: 0.29

3.3 Temperatura:

Teniendo las mismas consideraciones que con los parámetros anteriormente calculados; las temperaturas serán datos promedios obtenidos en base a datas de años anteriores desde 1998 hasta el 2018 con una periodicidad de entre 5 a 6 años; puesto que, el factor climático se ha visto envueltos en múltiples cambios drásticos como la reducción de la desglaciación de la cobertura de la cordillera Blanca por el calentamiento global. (Véase ANEXO 17)

Cabe mencionar que para el procesamiento de datos obtenidos de años anteriores se le realizó un incremento del 70%, puesto que, Senamhi y el Ministerio de Ambiente en su publicación en marco de la Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático a la CMNUCC (2009) traducen el estudio realizado por Vuille et al. (2007) donde demuestran que la variación de la temperatura por calentamiento global se encuentra entre el 50 y el 70%, esto ocasiona que se realice el aumento para que corresponda al promedio de temperatura en toda la cuenta por mes y por el factor variabilidad anual el cual debe ser considerado en el análisis. Es por ello que, se resuelve la siguiente tabla con datos de temperatura promedios mensuales:

Tabla 10. Temperaturas Promedios Mensuales Calculados en la Cuenca del Río Santa.

AÑOS	MESES												
	E	F	MAR	AB	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM
TEMPERATURA PROMEDIO (°C)	16.45	18.76	17.32	15.32	14.22	13.76	12.89	13.12	12.85	12.71	15.78	15.25	<u>15.2</u>

FUENTE: Elaboración Propia.

Se determinó que la temperatura promedio multianual es 15.2 °C aproximadamente.

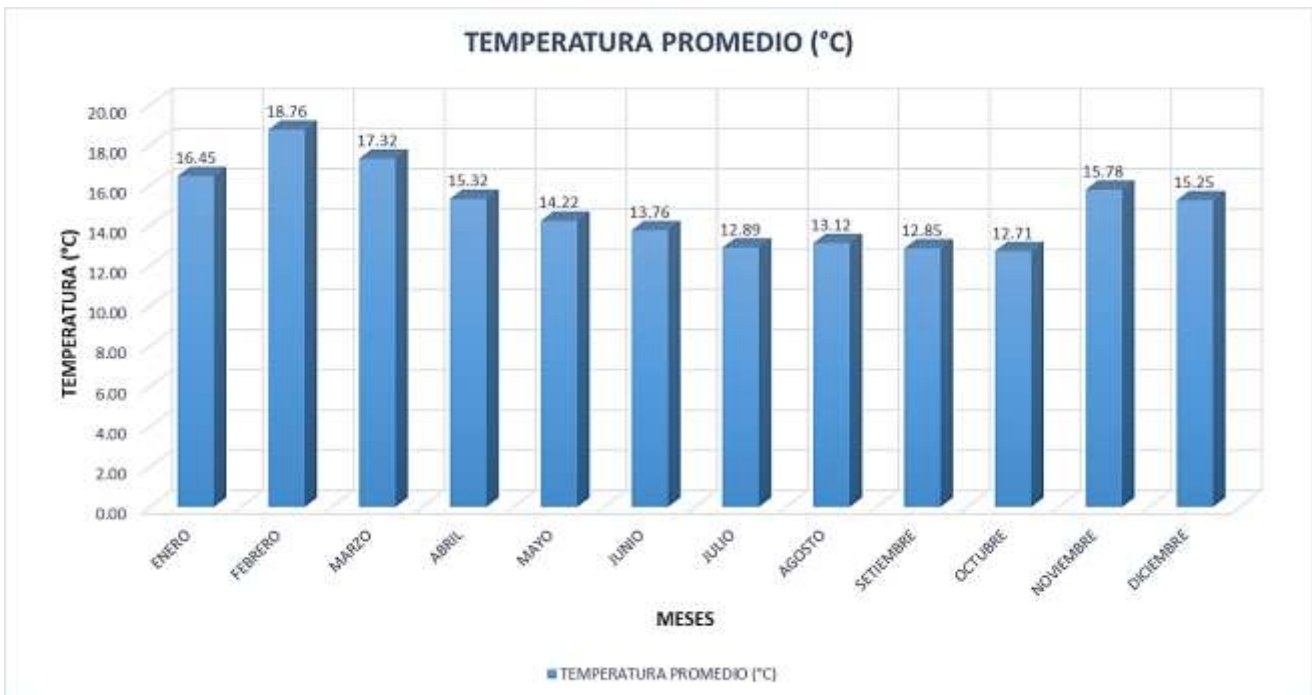


Figura 21. TEMPERATURA PROMEDIO CALCULADA. Elaboración Propia.

3.4 Humedad:

Para obtener los resultados de humedad se trabajó con una data promedio como se ha venido desarrollando los anteriores parámetros hasta el momento.

Teniendo como base de información el Estudio de Evaluación Ambiental-Territorial realizado por parte del Ministerio de Energía y Minas y la Dirección General de Asuntos Ambientales, la Actualización de la Información Hidrológica por parte de Duke Energy International y el Informe Final de la Autoridad Nacional del Agua, que hasta la actualidad se tienen promedios de temperatura en la Costa de entre 78% a 81% de humedad y en la Sierra entre 61% a 65%; además de ello el ANA nos brindó de información que hasta el 2015 se tiene alrededor de un 70% de humedad. Con toda esta información previa y analizando mes a mes se realizaron los siguientes cálculos:

Tabla 11. Humedad Promedio Mensual en la Cuenca del Río Santa.

AÑOS	MESES												PROM
	E	FEB	MAR	AB	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
1984	67	80	77	0	66	65	56	55	59	67	57	64	59.42
2003													71.5%

2004													71.5%
2015	77.78	79.69	80.89	78.5	66.01	59.4	59.41	60.12	64.37	70.05	71.67	75.21	70.26
HUMEDAD PROMEDIO (%)	72.39	79.85	78.95	39.25	66.00	62.20	57.71	57.56	61.69	68.53	64.33	69.61	<u>64.8</u>

FUENTE: Elaboración Propia.

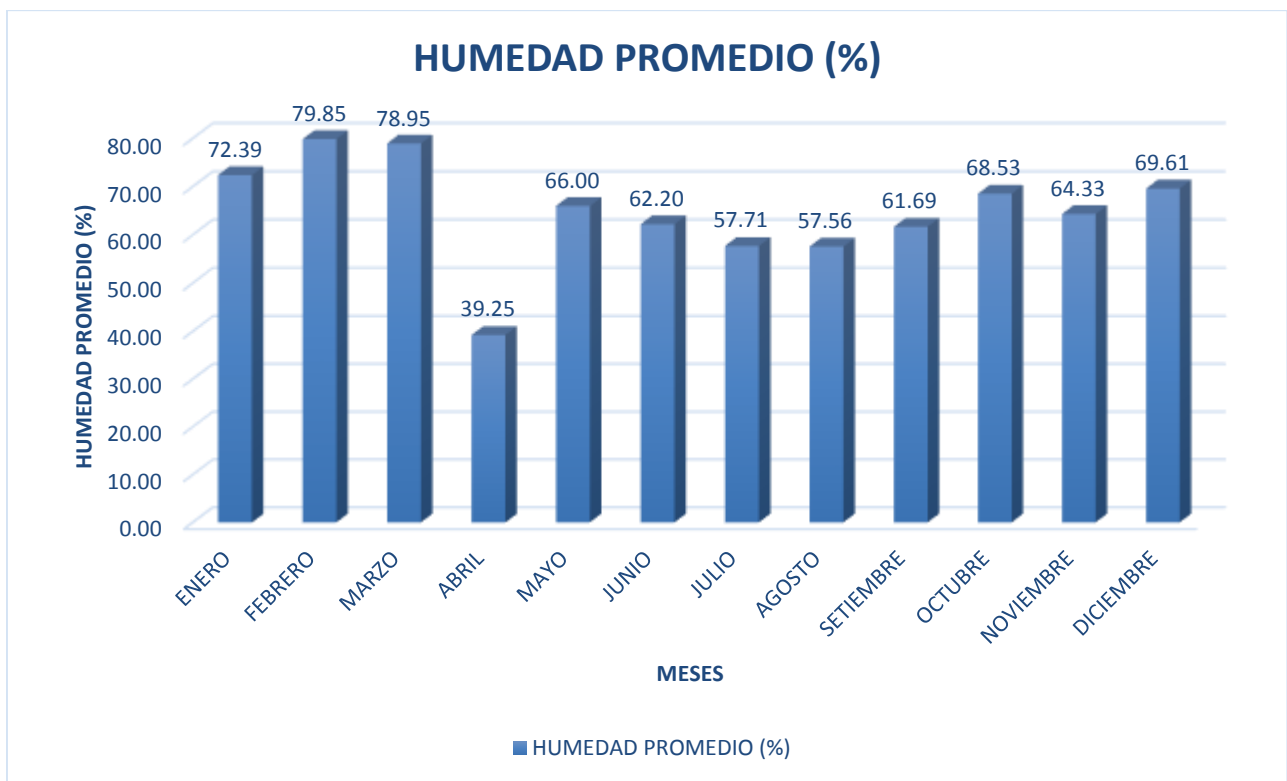


Figura 22. HUMEDAD PROMEDIO CALCULADA. Elaboración Propia.

3.5 Velocidad de viento:

De la misma manera en que se ha dado análisis a las datas antecesoras en los parámetros analizados se obtuvieron los resultados promedios de la velocidad del viento mensualmente en la Cuenca del Río Santa considerando datas desde 1984 a 2015 con una periodicidad de entre 12 a 19 años puesto que, este criterio no ha tenido cambios drásticos notables; la velocidad de viento se encontraba alrededor de 1 a 3.60 km/h. de esta manera y teniendo en cuenta la variabilidad anual se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 12. Humedad Promedio Mensual en la Cuenca del Río Santa.

AÑOS	MESES												
	EN.	FEB.	MAR.	AB.	MAY	JUN.	JUL	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	PROM
1984													2.92
2003	1.85	1.81	1.69	1.81	1.9	2.03	2.17	2.25	2.20	2.08	1.95	1.82	1.96
2015													1.00
VEL. VIENTO PROMEDIO (m/s)	1.85	1.81	1.69	1.81	1.9	2.03	2.17	2.25	2.20	2.08	1.95	1.82	<u>2.0</u>

FUENTE: Elaboración Propia.

Con los datos promedios obtenidos se procede a explicar gráficamente:



Figura 23. VELOCIDAD DE VIENTO PROMEDIO CALCULADO. Elaboración Propia.

3.6 Evapotranspiración:

Para el cálculo de Evapotranspiración se han tenido que analizar diversos parámetros como índice de calor mensual, temperatura, precisar la cantidad de días por mes relativamente, el número máximo de horas de sol y su corrección correspondiente; para ello, se especificará el procedimiento realizado.

Cálculo de la evapotranspiración:

Para el Cálculo de la evapotranspiración se ha utilizado el método de Thornthwaite, el cual nos obliga al análisis de los siguientes parámetros:

- INDICE DE CALOR MENSUAL:

- t = Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)

$$i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1.514}$$

Ecuación 9. Fórmula de Índice de Calor Mensual.

- INDICE DE CALOR ANUAL:

- i = Índice de Calor Mensual
- I = Índice Térmico Anual, calculado como la sumatoria de los índices de calor mensuales

$$I = \sum i$$

Ecuación 10. Fórmula de Índice de Calor Anual.

- ETP MENSUAL (Sin Corregir):

- ETP (Sin Corregir) = Evapotranspiración Sin Corregir (mm)
- t = Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)
- I = Índice de Calor Anual
- a = Factor Adimensional, es el coeficiente experimental de ajuste

Hay que tener en consideración que;

Si la temperatura es < 0 = los valores de i y de ETP deben ser 0.

$$ETP_{Sin\ corregir} = 16 * \left(\frac{10 * t}{I} \right)^a$$

Ecuación 11. Fórmula de la Evapotranspiración Mensual sin Corregir.

Hay que tener en consideración que;

$$a = 675 * 10^{-9}I^3 - 771 * 10^{-7}I^2 + 1792 * 10^{-5}I + 0.49239$$

Ecuación 12. Fórmula para Cálculo de a.

o también tenemos la fórmula simplificada que nos propone Serra:

$$a = 0.016 * I + 0.5$$

Ecuación 13. Fórmula Simplificada para el Cálculo de a.

Para este ejercicio, el resultado de “a” es de:

$$a = 0.000000675 * I^3 - 0.0000771 * I^2 + 0.01792 * I + 0.49239$$

$$a = \mathbf{1.482}$$

- ETP MENSUAL (Corregida):

- ETP = Evapotranspiración Corregida
- N/12 = Factor de Reducción
- N = Número Máximo de horas del Sol
- d = Número de días que compone al mes

$$ETP = ETP_{Sin\ corregir} * \frac{N}{12} * \frac{d}{30}$$

Ecuación 14. Fórmula para Cálculo de Evapotranspiración Corregida.

La Fórmula de Thornthwaite propone que el mes de inicio del análisis tenga 30 días; además de que la luz del sol sea de 12 horas teóricamente; pero para este último criterio se ha hecho uso de la tabla de Allen, 1998 siendo ésta una actualización de la tabla de Número máximo de horas del sol propuesto por

Doorenbos y Pruitt, 1977. (Véase ANEXO 18 y ANEXO 19) de la cual se determina el siguiente análisis:

Ubicación: Cuenca del Río Santa

Latitudes: 09° 56' 40" Latitud Sur, 77° 11' 44" Latitud Oeste

Por lo tanto: Latitud Sur: 9.944°

Interpolamos;

Tabla 13. Cálculo del Número Máximo de horas de sol en la Cuenca del Río Santa según tabla de Allen, 1998.

	set	oct	nov	dic	Ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago
8	11.9	12.2	12.4	12.50	12.4	12.3	12	11.8	11.6	11.5	11.6	11.7
9.944	<u>11.83</u>	<u>12.13</u>	<u>12.43</u>	<u>12.53</u>	<u>12.43</u>	<u>12.23</u>	<u>12.03</u>	<u>11.73</u>	<u>11.44</u>	<u>11.34</u>	<u>11.44</u>	<u>11.64</u>
10.00	11.90	12.20	12.50	12.60	12.50	12.30	12.10	11.80	11.50	11.40	11.50	11.70

FUENTE: Elaboración Propia.

El resultado que ha sido subrayado es la serie de datos que se ubica en el N° de horas luz.

Como último paso, se unifican los análisis previamente calculados (Véase el ANEXO 20) obteniendo los siguientes datos de ETP Corregida en (mm/mes):

Tabla 14. Datos Promedio de Evapotranspiración en un año en la Cuenca del Río Santa.

	set	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	Total
<u>ETP corr.</u> <u>(mm/mes)</u>	<u>45.53</u>	<u>47.46</u>	<u>64.81</u>	<u>64.16</u>	<u>71.23</u>	<u>76.91</u>	<u>74.44</u>	<u>58.57</u>	<u>52.84</u>	<u>48.24</u>	<u>45.69</u>	<u>47.68</u>	<u>697.56</u>

FUENTE: Elaboración Propia.

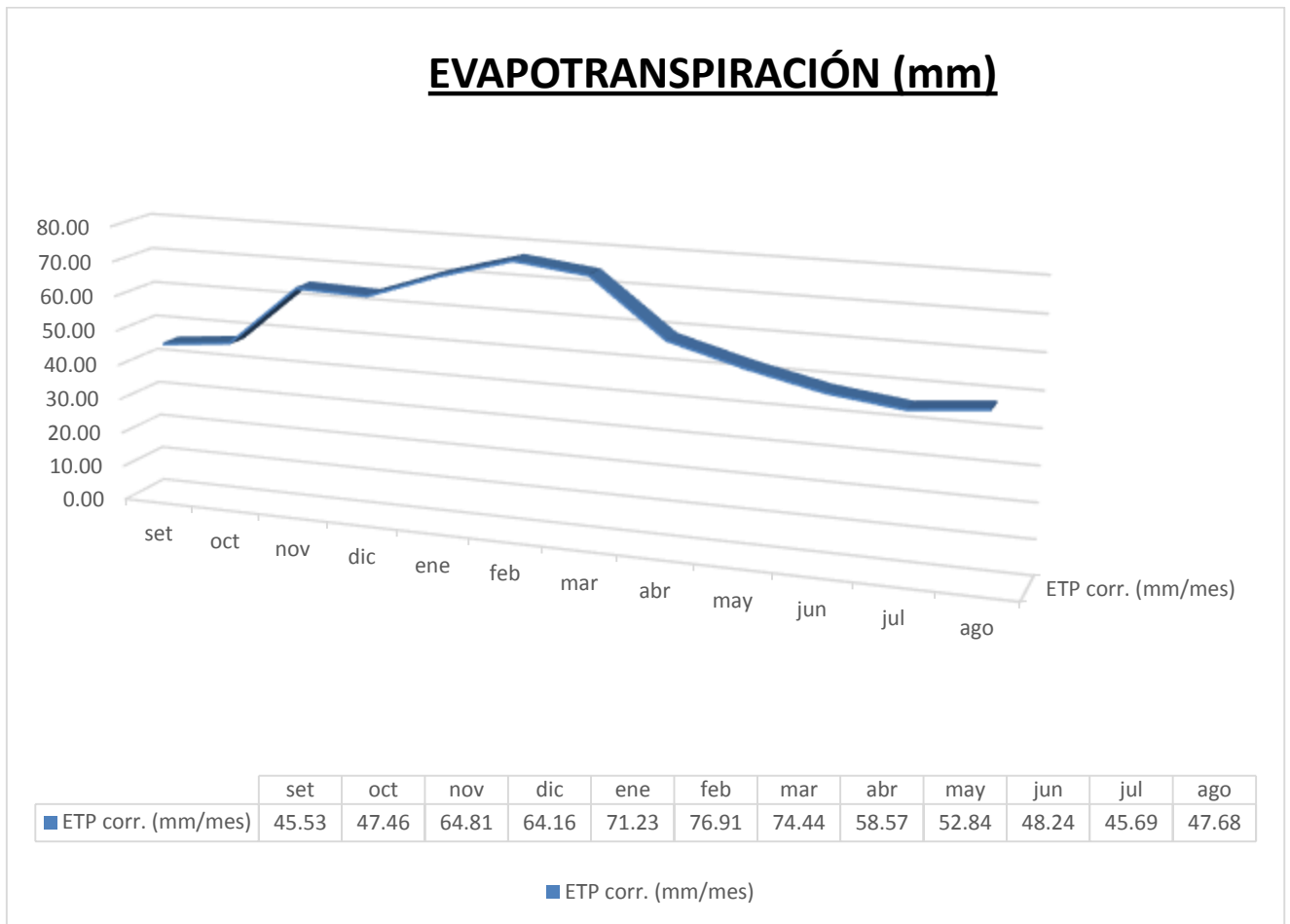


Figura 24. EVAPOTRANSPIRACIÓN PROMEDIO CALCULADO. Elaboración Propia.

3.7 Demanda de agua:

Utilizando las bases de datos de la Autoridad Nacional del Agua y de SEDALIB de años del 2015 y 2018 respectivamente, se obtuvieron los siguientes datos (Véase **ANEXO 21 Y ANEXO 22** para más detalle):

Tabla 15. Datos de Demanda Promedio en un año en la Cuenca del Río Santa.

CUENCA DEL RÍO SANTA		
USO	DEMANDA EXISTENTE PROMEDIO (MMC)	
	2015	2018
Poblacional	23.94	23.960
	23.95	

**DETERMINACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO
SUPERFICIAL DE LA CUENCA DEL RÍO SANTA PARA
SATISFACCIÓN DE LA DEMANDA EXISTENTE, 2020**

<i>Agrícola</i>	1489.55	1489.76
	1489.66	
<i>Industrial</i>	1.98	1.99
	1.99	
<i>Minero</i>	3.41	3.41
	3.41	
<i>Energético</i>	0.18	0.19
	0.19	
<i>Otros</i>	26.68	26.62
	26.65	
<i>TOTAL</i>	1545.84	

FUENTE: *Elaboración Propia.*

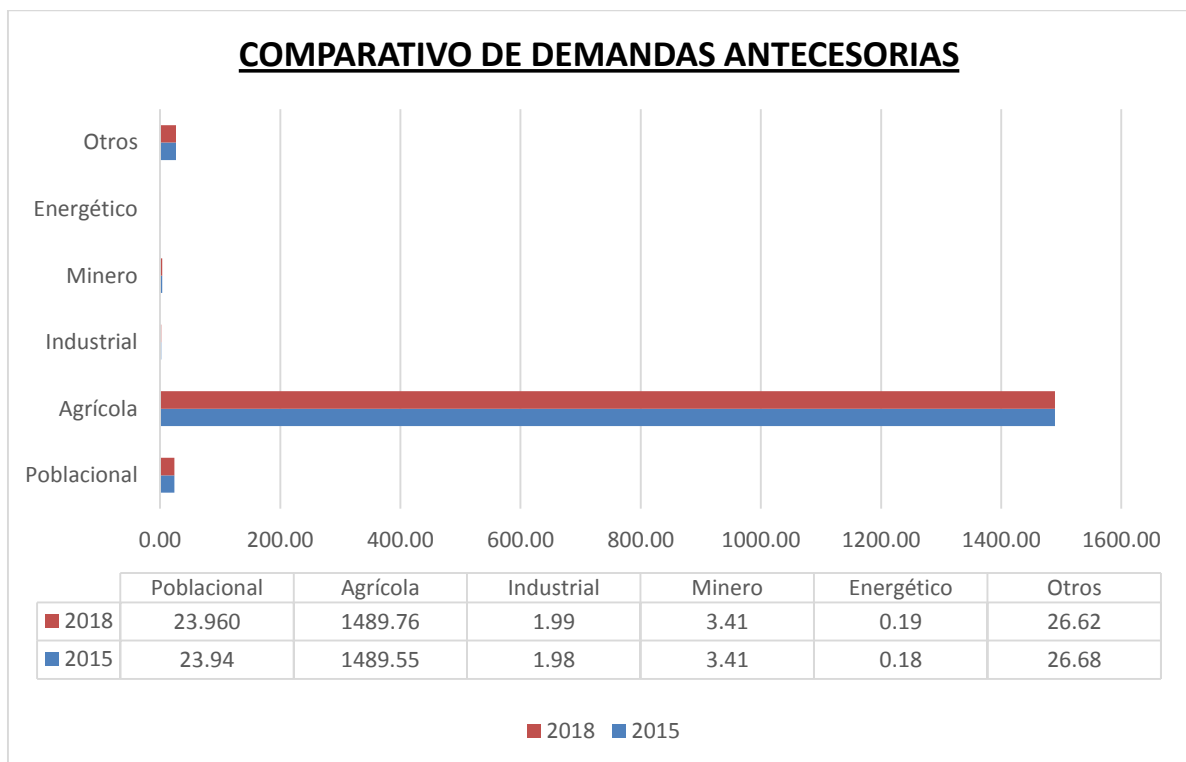


Figura 25. COMPARATIVO DE DEMANDAS ANTECESORIAS. Elaboración Propia con base de datos de ANA, 2015 y 2018.

3.8 Balance hídrico:

Para el cálculo de los datos que componen el Balance Hídrico Superficial de la Cuenca del Río Santa se detalla lo siguiente:

- Evapotranspiración: Considerada a la sumatoria de la evaporación directa de agua desde la superficie del terreno u otro más la transpiración de las plantas.
 - Evapotranspiración Potencial: es la cantidad de agua que perderá una superficie completamente cubierta de vegetación.
 - Evapotranspiración Real: Es la cantidad real de agua que se pierde: $ETR \leq ETP$.

Al empezar los cálculos mensuales; se debe tener en cuenta lo siguiente:

P: Precipitación (mm)

ET: Evapotranspiración (mm)

RU: Reserva Útil (mm)

SUP: Superávit o Infiltración (mm)

- $P-ET < 0$: Meses Secos
- $P-ET > 0$: Meses Húmedos
- Si $P \geq ETP$: Es decir, cuando en un mes se produzcan más entradas que salida; $ETR = ETP$ (Periodo Húmedo).
- Si $P < ETP$: Es decir, cuando en un mes se produzcan más salidas que entradas; $ETR = P +$ parte de RU, hasta que su suma sea igual a ETP. Pero:
 - Si no se cuenta con suficiente RU para igualar el valor de la ETP: $ETR < ETP$ y la diferencia es el Déficit.
 - Si la $RU = 0$: $ETR = P$.
- Si $Reserva\ útil + (Precipitación - ETR) > 0$, la fracción de P sobrante es el SUP.
- Se calcula en base a la Reserva Útil y a la Infiltración, lo que posteriormente es el Escurrimiento Superficial.

CÁLCULO DE LOS COMPONENTES DEL BALANCE HÍDRICO SUPERFICIAL: (Véase ANEXO 23)

- Déficit: Se denota así al volumen de agua faltante para cubrir las necesidades de demanda.

$$ETP - ETR = \text{Déficit}$$

Ecuación 15. Fórmula para Cálculo de Déficit.

Siendo:

ETP: La evapotranspiración producida en condiciones óptimas por un suelo húmedo y una capa o cobertura vegetal.

ETR: Es la evapotranspiración producida en realidad acorde a las condiciones existentes en la zona.

- Reserva útil:

$$R_{i-1} + (P_i - ET_i) \text{ si } 0 < R_{i-1} + (P_i - ET_i) < R_{Max}$$

$$R_i = R_{max}; \text{ si, } R_{i-1} + (P_i - ET_i) > R_{Max}$$

$$0 \text{ si } 0 > R_{i-1} + (P_i - ET_i)$$

Ecuación 16. Fórmulas para Cálculo de Reserva útil.

- Variación de Reserva:

$$\begin{aligned} & \text{Reserva Útil del mes} - \text{Reserva útil del mes anterior} \\ & = \text{Variación de la Reserva} \end{aligned}$$

Ecuación 17. Fórmula para Cálculo de Variación de Reserva.

- Infiltración o Excedentes:

$$Ex_i = (P_i - ET_i - VR_i) \text{ si } (P_i - ET_i) > 0$$

$$Ex_i = 0; \text{ si } (P_i - ET_i) \leq 0$$

Ecuación 18. Fórmulas para Cálculo de Excedentes.

Hay que saber que solo puede existir Excedente si previamente la Evapotranspiración ha sido compensada en los meses húmedos.

- Lluvia útil:

Para obtener este dato se sumarán la Reserva útil y los excedentes.

- **Escorrentía Superficial:**

Generalmente se presenta que el agua que circula en los excedentes toma la posición de lluvia útil o de escorrentía superficial; esta expresado en mm.

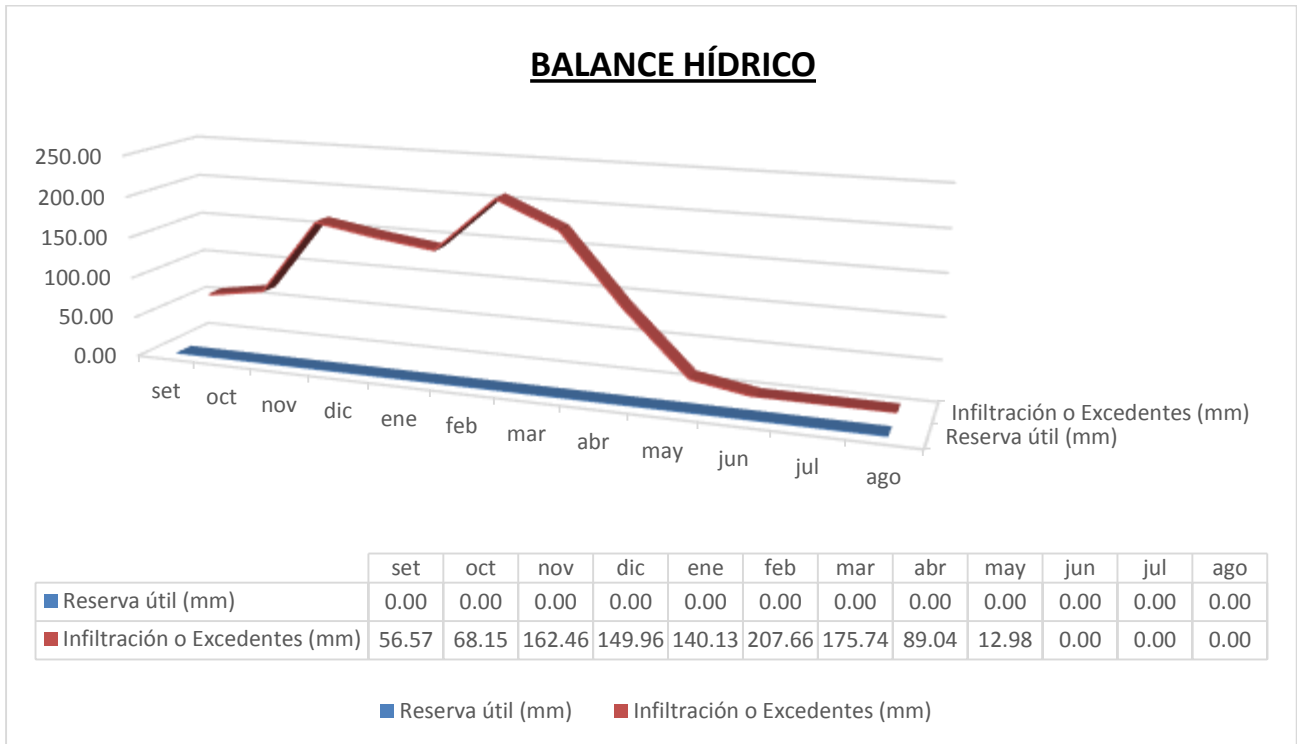


Figura 26. BALANCE HÍDRICO SUPERFICIAL PROMEDIO. Elaboración Propia.

siguiente comparativo:



Figura 27. COMPARATIVO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL, LA PRECIPITACION Y LA EVAPOTRANSPIRACION REAL. Elaboración Propia.

INTERPRETACIÓN:

- Entre ETP y ETR: Déficit
- P por encima de ETR: Almacenamiento en Reserva + Excedentes
- ETR por encima de P: Utilización de la reserva

- Escorrentía:

$$\text{Escorrentía} = P - \text{ETR}$$

Ecuación 19. Fórmula utilizada para Escorrentía.

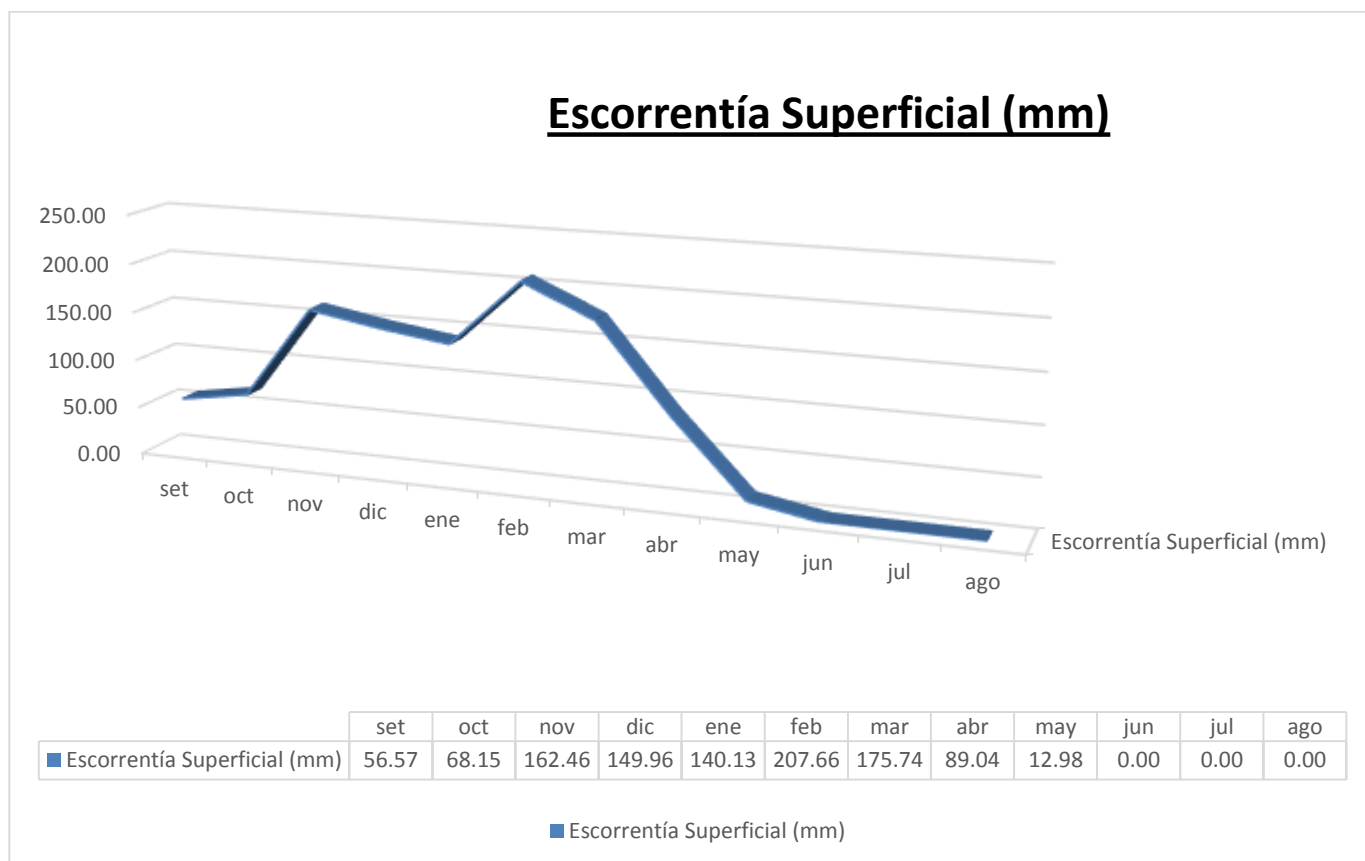


Figura 28. ESCORRENTIA SUPERFICIAL PROMEDIO DE LA CUENCA DEL RIO SANTA. Elaboración Propia.

3.9 Oferta de agua:

Después de haber realizado el análisis y el cálculo respectivo de los parámetros necesarios del Balance Hídrico Superficial debemos empezar a compatibilizar el dato de recurso hídrico superficial que se ha obtenido en base a los antecedentes indicados y al porcentaje de variabilidad que se debe considerar.

En este apartado vamos a obtener el dato de Oferta Hídrica presente en la Cuenca del Río Santa que escurre de fuentes externas la cual delimita la seguridad geopolítica e hidrológica de la cuenca.

Se debe tener en cuenta que, la oferta de agua será el factor principal para determinar la disponibilidad hídrica que tiene la cuenca en estudio.

Se aplicará la fórmula de Oferta Hídrica Neta de la Guía Metodológica para el Cálculo del Índice de Escasez tomado del IDEAM por la Secretaría General de la Comunidad Andina –

Lima, 2008 la cual es aplicable para todos los países en la experimentación y esta descrita de la siguiente manera:

$$Y = \frac{Q * t}{A * 10000}$$

Ecuación 20. Fórmula para Cálculo de Escurrimiento Superficial.

De la cual resulta:

$$Q = \frac{Y * A * 10000}{t}$$

Ecuación 21. Fórmula para el Cálculo de Caudal(hm3/año)

Siendo:

Y= Escurrimiento Superficial total (mm) = 88.56 mm (Escurrimiento Superficial Promedio Anual)

Q= Caudal (Millones de m3/año)

t= 864000 años

A= área de la Cuenca: 10838.33 km2 (área de la cuenca Húmeda)

Reemplazando: (Véase ANEXO 24)

Tabla 16. Oferta Hídrica Total Promedio.

OFERTA HÍDRICA TOTAL:

11108.9858	millones de m3/año
11108.99	Hm3/año

FUENTE: Elaboración Propia.

El dato con el que se trabaja en con la Oferta Hídrica Neta, la cual es calculada de la siguiente manera:

$$OH_N = OH_T - (OH_T * (R_{FF} + R_{RE}))$$

Ecuación 22. Fórmula para el Cálculo de la Oferta Hídrica Neta (hm3/año).

Siendo:

OHN = Oferta Hídrica Neta (Millones m³/año)

OHT = Oferta Hídrica Total (Millones m³/año)

RFF = Factor de reducción por fuentes frágiles (%) = 25% de descuento por caudal ecológico

RRE = Factor de reducción por régimen de estiaje (%) = 25% de descuento

NOTA: Respecto al cálculo y la determinación del Factor de Reducción por Régimen de estiaje (%) se deduce de la función de distribución teórica del cual se extrae el caudal con probabilidad de excedencia del 97.5%. Si utiliza ese $Q_{97.5\%}$ se determina la reducción para obtener el régimen de estiaje de dicha fuente abastecedora utilizando la ecuación $R_e [\%] = 100 \times \frac{Q_{97.5\%}}{Q}$

formulada en la Guía de Metodología para el cálculo del Índice de Escasez de Agua Superficial (2004) elaborado por Organización de los Estados Americanos respaldada y aplicado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática, el Departamento Administrativo Nacional de Estadística entre otros.

Reemplazando: (Véase ANEXO 25)

Tabla 17. Oferta Hídrica Neta.

OFERTA HÍDRICA NETA PROMEDIO:

5554.49	millones de m ³ /año
5554.49	Hm³/año

FUENTE: Elaboración Propia.

De esta manera es que se pudo obtener la siguiente comparativa:

Tabla 18. Oferta y Demanda Hídrica.

OFERTA HÍDRICA:	5554.49 Hm³/año
DEMANDA HÍDRICA:	1545.84 Hm³/año

FUENTE: Elaboración Propia.

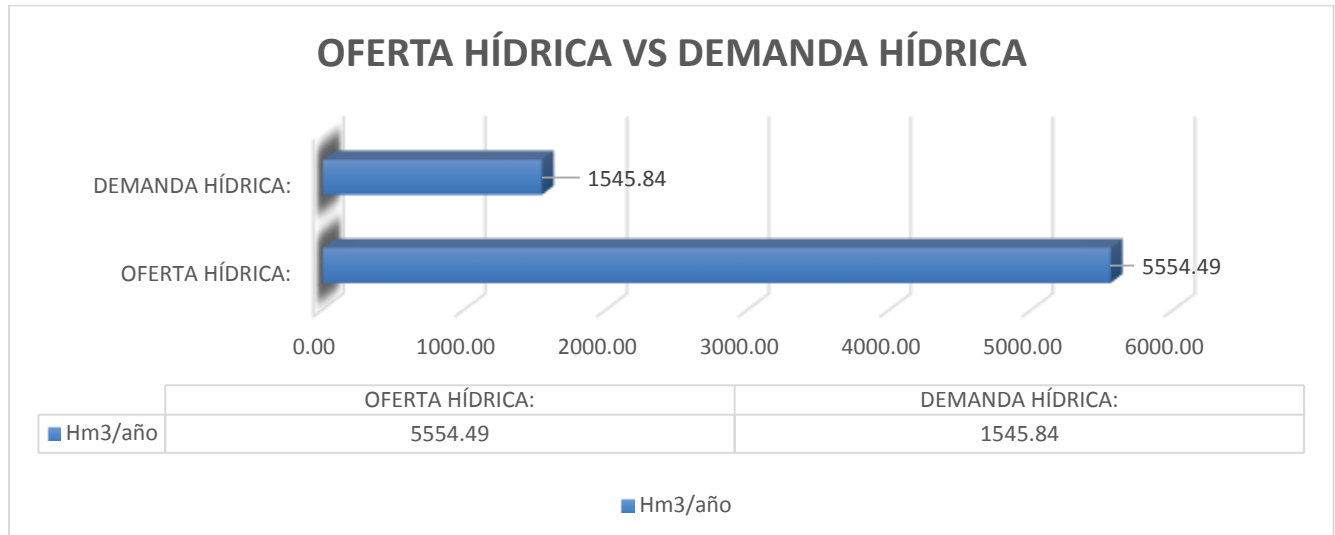


Figura 29. OFERTA HÍDRICA VS DEMANDA HÍDRICA. Elaboración Propia

3.10 Índice de escasez:

Este factor indica la relación entre la Oferta Hídrica Neta presentada en la Superficie y la Demanda Total de Agua en la zona de la Cuenca del Río Santa por las actividades agrícolas, mineras, industriales, entre otros.

$$I_E = \frac{D}{O_{HN}} * 100\%$$

.Fórmula para el Cálculo de Índice de Escasez.

IE= Índice de Escasez (%)

D = Demanda de agua (hm³/año)

OHN = Oferta Hídrica Superficial Neta

Reemplazando:

Índice de Escasez:	27.83 %
---------------------------	----------------

Si lo relacionamos con el cuadro crítico propuesto por el IDEAM se obtiene la siguiente interpretación:

CATEGORIA	%	INTERPRETACIÓN
MEDIA	20-40%	<p>En esta situación es necesario el ordenamiento tanto de la oferta hídrica como de la demanda asignando prioridades a los usos y priorizando también la conservación del ecosistema para poder garantizar la conservación de la oferta hídrica. Se necesita de Inversiones para la mejora en la eficiencia en la utilización del recurso.</p>

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Limitaciones

La limitación que se presentó para la investigación de los parámetros del Balance hídrico Superficial de la Cuenca del Río Santa es el tema de la accesibilidad para datos de precipitación, temperaturas, humedad relativa en la zona de estudio; puesto que, el período de desarrollo del presente estudio ha coincidido con la actual crítica situación en la que nos vemos envueltos, razón por la cual algunos de los datos que conforman el balance han sido recogidos de fuentes de información antecesoras como las datadas de centros autorizados como la Autoridad Nacional del Agua, entre otros, de no más de 40 años de antigüedad ya que era necesario la evaluación del impacto del cambio climático en variables de temperatura, humedad, precipitación y demás.

4.2 Discusiones

Carchi (2015) afirmó que la disponibilidad hídrica de la cuenca del Río Manchángara demuestra que existen espacios de tiempo donde el caudal de la cuenca se vuelve insuficiente para la satisfacción de las demandas de agua actuales y que esto sucedía por ausencia continua de lluvias o por un alto valor en la demanda del uso del recurso hídrico lo que implicaría que esta situación puede traer consigo dificultades en el acceso del recurso hídrico. En relación a lo dicho por el antes mencionado, las dificultades en la accesibilidad del recurso es una realidad de las que muchos ríos afluentes y/o cuencas sufren en las últimas décadas; pero en el caso de la Cuenca del Río Santa, no se suscita dicha situación, puesto que, en ella el tratamiento al tema de la demanda en los usos del recurso se da a través del manejo de proyectos especiales como lo son principalmente el Proyecto Especial Chavimochic y el Proyecto Especial Chincas; además de que, se da una distribución equitativa y normalizada del recurso en proporción a las necesidades de cada zona a la que se le provee. Es por ello que, al hablar de futuras complicaciones, esta investigación difiere de dicha opinión al encontrar solución en una oferta hídrica normalizada por zona.

De la misma manera en que muchos estudios pronósticos o también llamados promedios se han basado en datadas y/o información antecesora por las limitaciones

para la completa experimentación como sucedió con Carchi (2015); esta investigación puede concordar que también forma parte del porcentaje en que los resultados del estudio realizado sean considerados como un indicador inicial de déficit o exceso del recurso hídrico de la cuenca estudiada.

Por otro lado, El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú refirió, en el año 2018, que era muy posible la intensificación de precipitaciones en la zona por lo que los caudales podrían verse afectados en un aumento, afectando zonas agrícolas u otras; lo dicho por el SENAMHI es una realidad innegable puesto que, esta investigación refleja que el caudal existente promedio, en comparación con los años anteriores ha tenido un incremento sostenido debido principalmente a las precipitaciones.

Tal y como lo mencionó Gálvez (2015) respecto a que el balance hídrico es una herramienta para el pronóstico de disponibilidad hídrica en diferentes escenarios principalmente anual, para así poder planificar el recurso hídrico; esta tesis concuerda con lo dicho por el antes mencionado, puesto que, la investigación realizada también forma parte del grupo de investigaciones que sus resultados pueden ser considerados datos para promedios anuales para considerar o convertirlos en % de variabilidad respecto a otros años.

Hablando en términos de Caudal; Untiveros (2011) pronosticó aumentos en el recurso hídrico de la Cuenca del Río Santa por causales de ablaciones glaciares y que, relacionado con lo dicho por Paz, J., Heredia, M. y Moncada, D. (2016) quienes mencionaron que el caudal ofertado hasta ese año equivale a 4442 hm³ al año teniendo mayor descarga durante los meses de enero, febrero, marzo, abril, mayo y junio y lo restante en los demás meses; se relaciona un panorama como el que se presenta en el balance hídrico actual obtenido en esta investigación, donde demuestra el incremento en porcentaje proporcional a los años antecesores en la oferta hídrica teniendo 5554.49 hm³/año.

Por último, cabe mencionar que, Moreno, E. y Seclén F. (2016) detalla que la Cuenca del Río Santa presenta excedentes en épocas de avenidas y déficit en época de estiaje; panorama que se ve reflejado en los resultados de déficit y de Excedentes del Balance Hídrico Superficial presentado puesto que durante los meses de junio, julio y agosto

presenta escasez del recurso; mientras que, la época promedio de avenidas se presenta durante los meses de setiembre a mayo aproximadamente.

4.3 Conclusiones

- Se determinó el Balance Hídrico Superficial de la Cuenca del Río Santa para el abastecimiento de la demanda promedio existente en la zona de estudio calculada en base a las investigaciones que no exceden a los 40 años de antigüedad y con periodo de entre 6 a 10 años, el cual servirá de base o como datos índices de estudios para la obtención de promedios anuales para según cada uno de los parámetros evaluados.
- Se determinó las características geográficas y geomorfológicas de la Cuenca del Río Santa considerando parámetros promedios en base a datos con no más de 10 años de antigüedad y delimitando curvas de nivel o desniveles promedios cada 1000 m.s.n.m. para la formación de la curva hipsométrica con el propósito de obtener el perfil panorámico de la zona en estudio. Obteniendo de esta manera un área de cuenca húmeda promedio de 10838.33 km², un perímetro de alrededor de 960.15 km, una longitud promedio de 317.33 km, una pendiente promedio de 1.37% contando con un ancho de 38 km en altitudes de la cuenca que abarca desde el nivel del mar (0 m.s.n.m) hasta los 6768 m.s.n.m con una latitud media promedio de 2735 m.s.n.m.
- Se realizó el análisis y cálculo promedio Climatológico que compone la Cuenca del Río Santa como lo son: la Humedad, la temperatura, las precipitaciones existentes y la velocidad de viento; teniendo en consideración el aumento y/o porcentaje de variabilidad que se ha venido delimitando desde años antecesores para cálculos de balances hídricos en estudios preliminares el cual justifica su uso en las variantes que se presentan año tras año en cada uno de los parámetros anteriormente mencionados. De esta manera, se obtuvo una precipitación promedio anual de 766.3 mm con un promedio multianual de 1658.95 mm, una temperatura promedio de 15.2°C anual, un 64.8% de Humedad Relativa con una velocidad de viento de aproximadamente 2 m/s.

- Se realizó el Cálculo de la Evapotranspiración Potencial y Real de la Cuenca del Río Santa considerando las tablas de corrección que tengan el menor error posible de cálculo además de considerar los criterios de diseño propuestos por la fórmula aplicada obteniendo de esta manera una ETP mensual de aproximadamente 697.56 mm/mes.
- Se realizó el Cálculo de Escorrentía Superficial de la Cuenca del Río Santa siendo éste el equivalente al escurrimiento superficial presente en la zona de estudio; dato que será de base para el cálculo de oferta hídrica promedio; obteniendo de esta manera 88.56 mm como resultado promedio.
- Se realizó el cálculo de la demanda hídrica existente considerando datas con no más de 5 años de antigüedad para cada uno de los tipos de usos que se le da al recurso hídrico, obteniendo una demanda de 1545.84 Hm³/ año promedio.
- Se realizó el cálculo de la Oferta Hídrica existente en la zona de estudio considerando el dato de escurrimiento superficial promedio determinado anteriormente; así como, el área de la cuenca húmeda para obtener 5554.49 en millones de años o hm³/año.
- Se presentó el Índice de Escasez en la Cuenca del Río Santa relacionando los datos de demanda hídrica y oferta hídrica neta con datos en m³ proporcionándonos un 27.83 % aproximadamente utilizado de la Oferta Hídrica Neta lo que se interpreta como un panorama de Categoría Media el cual nos refleja que es necesario mantener o reformar el ordenamiento y normalización de la oferta como la demanda hídrica existente; asimismo, indica la temática de conservación y eficiencia en la mejora de la utilización que se le da a los ecosistemas para la preservación del caudal oferta el cual se destina a los diferentes usos identificados.
- El balance hídrico superficial realizado para la Cuenca del Río Santa refleja que el caudal abastece los diferentes requerimientos existentes en la zona pero que en los meses “secos” como son durante los meses de junio a agosto se presenta un

déficit del recurso hídrico que es compensado con las grandes cantidades de excedentes promedios durante los meses de Setiembre a mayo relativamente lo que corresponde a los llamados “meses húmedos”. De esta manera, la escorrentía superficial o también llamado escurrimiento superficial promedio anual compensa los requerimientos de agua.

REFERENCIAS

- Alfaro Rodríguez, C. (2012). METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA APLICADO A LA INGENIERÍA. INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA, 1, 1-143. 27 de Julio del 2020, De Universidad Nacional del Callao Base de datos. Obtenido de:
https://unac.edu.pe/documentos/organizacion/vri/cdcitra/Informes_Finales_Investigacion/IF_ABRIL_2012/IF_ALFARO%20RODRIGUEZ_FIEE.pdf
- Antúnez Antúnez, R. (5 de Julio del 2019). Canon hídrico para la cuenca del Santa: Chinecas y Chavimochic. abc Noticias, 1. Obtenido de:
<https://abcnoticias.pe/2019/07/05/canon-hidrico-para-la-cuenca-del-santa-chinecas-y-chavimochic/>
- Autoridad Nacional del Agua (2015). Evaluación de Recursos Hídrico en la Cuenca Santa. Resumen Ejecutivo. Versión Noviembre, 2015, de ANA base de datos. Obtenido de:
http://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/23/ANA0000056_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Aviso N° 028 (28 de Enero del 2019). Avisos Hidrológicos Regionales. Obtenido de:
<https://www.senamhi.gob.pe/?p=aviso-hidrologico-detalle&a=2019&b=028&c=026&d=SENA>
- Batres Ávalos, I. & Gómez Rivera, L. (2014). BALANCE HÍDRICO Y ANÁLISIS DE CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO SAN ANTONIO, MUNICIPIO DE NEJAPA, DEPARTAMENTO DE SAN SALVADOR (Título Profesional de Ingeniero Civil). Universidad de El Salvador. Obtenido de:

<http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/6287/1/Balance%20h%C3%ADdrico%20y%20an%C3%A1lisis%20de%20calidad%20del%20agua%20en%20la%20cuenca%20del%20r%C3%ADo%20San%20Antonio%2C%20municipio%20de%20Nejapa%2C%20departamento%20de%20San%20Salvador.pdf>

Carchi García, E. (2015). Elaboración de un Balance Hídrico de la Cuenca Del Río Manchángara (Tesis Profesional). Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador. Obtenido de:

<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/23005/1/TESIS.pdf>

Castillo Peñaloza, M. & Inoñán Morán, R. (2016). Determinación del balance hídrico en la cuenca del río Chicama, región La Libertad (Título Profesional de Ingeniero Civil). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Obtenido de:

<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/624135>

Chávez Jiménez, A. (2009). Aplicación del Método de la Regionalización para la Determinación de Caudales en el Puente Carrasquillo (Título de Postgrado – Máster en Ingeniería Civil con mención en Recursos Hídricos). Universidad de Piura. Obtenido de:

https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1858/MAS_ICIH_001.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Chereque, M. OW, V., (1989). Hidrología para estudiantes de ingeniería civil Pontificia Universidad Católica del Perú, obra auspiciada por CONCYTEC. Lima, Perú, 223 pp. Obtenido de:

<http://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/28689>

hérrez Chérrez, T. (2015). ANÁLISIS COMPARATIVO EN LA APLICACIÓN DE DIVERSOS MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN EN UN MISMO ESCENARIO (Título Profesional de Ingeniería Civil). Escuela Superior Politécnica del Litoral. Obtenido de:

<http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/30983/D-70122.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>

Decreto Supremo N° 089-2016-PCM. (6 de Diciembre del 2016). Presidencia del Consejo de Ministros. Diario Oficial del Bicentenario *El Peruano*, 6. Obtenido de:

<https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/declaran-el-estado-de-emergencia-por-peligro-inminente-por-d-decreto-supremo-n-089-2016-pcm-1461423-2/>

Descripción General del Proyecto Chavimochic (Actualizado, 2019). Gobierno Regional La Libertad. 20 de Julio del 2020. Obtenido de:

<http://www.chavimochic.gob.pe/descripcion>

Diagnóstico Hídrico Rápido de la Cenca del Río Santa como fuente de Agua y Servicios Ecosistémicos hídricos para la EPS Sedalib S.A. (Julio, 2018). Obtenido de:

<http://www.sedalib.com.pe/upload/drive/32019/20190305-8391163904.pdf>

Díaz Suescún, L. & Alarcón Africano, J. (2018). Estudio Hidrológico y Balance Hídrico para Determinar La Oferta y La Demanda de Agua de La Cuenca de La Quebrada Niscota para un Acueducto Interveredal en Nunchía, Casanare (Título de Especialización en Recursos Hídricos). Universidad Católica de Colombia. Obtenido de:

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15989/1/Proyecto%20Final.pdf>

Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos. (2015). R.D. N° 002-2016-ANA-DCPRH. 18 de Mayo del 2016, de Autoridad Nacional del Agua. Obtenido de:

<https://www.ana.gob.pe/etiquetas/oferta-hidrica>

Evaluación Ambiental de la Cuenca del Río Santa (Junio, 1998). Ministerio de Energía y Minas. Obtenido de:

http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/dgaam/publicaciones/evats/santa/santa_i.htm

Flores Berrones, Raúl. (Abril-Junio del 2003). Efecto del flujo de agua en la estabilidad de taludes. Ingeniería Hidráulica en México, Vol. XVIII, Núm. 2, Pág. 35-52. Obtenido de:

<http://www.revistatyca.org.mx/ojs/index.php/tyca/article/viewFile/957/796>

Hartl G. (27 de Noviembre del 2002). Agua para la salud: un derecho humano. 27 de Noviembre del 2002, Asociación Organización Mundial de la Salud. Obtenido de:

<https://www.who.int/mediacentre/news/releases/pr91/es/>

Hatta Sakoda, M. (Abril del 2016). La abundancia del agua y la paradoja del déficit hídrico en el Perú: ¿es un problema sin solución? Revista "Agua y más", Publicación 53, Pág. 4-13. Obtenido de:

<http://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/2516>

Homer-Dixon, T., H. Boutwell, J. & George W. Rathjens. (1 de febrero de 1993). Cambio ambiental y conflicto violento. 1 de febrero de 1993, de Scientific American. Obtenido de:

<https://homerdixon.com/environmental-change-and-violent-conflict/>

Infraestructura Hidráulica Mayor del P. E. CHINECAS (Actualizado, 2019). Gobierno Regional de Ancash. 20 de Julio del 2020. Obtenido de:

<http://pechinecas.gob.pe/web/proyecto-chinecas.php>

Instituto de Montana (2019). Cuenca del Río Santa. Gestión de Ecosistemas de Montaña. Lima. Obtenido de:

<https://mountain.pe/ecosistemas/cumbres-costa/vinculando-cumbres-y-costa/cuenca-del-rio-santa/>

Jori, G. (2009). El cambio climático como problema y el diálogo social como solución. Investigaciones Geográficas (Esp.), núm. 48, pág. 125-160, E-ISSN: 1989-9890.

Obtenido de:

<https://www.redalyc.org/pdf/176/17620925005.pdf>

Kuroiwa, J. (2010). Recursos Hidráulicos en el Perú: Una Visión estratégica. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima. Obtenido de:

http://167.249.11.60/anc_j28.1/images/stories/agua/recursoshidraulicosjuliokuroiwa.pdf

Ley De Los Recursos Hídricos Ley N° 29338 (Marzo, 2019). Autoridad Nacional del Agua. Pág. 1-40 Obtenido de:

<http://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/228/ANA0000044.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Llorens, P. (Enero-Abril, 2003). La evaluación y modelización del balance hidrológico a escala de cuenca. Ecosistemas-Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente, Vol. XII, núm. 1, pág. 1-4. Obtenido de:

<https://www.redalyc.org/pdf/540/54012111.pdf>

Mancomunidad Municipal del Valle Fortaleza Y del Santa. (Febrero, 2017). Recuperación De Los Servicios Ecosistémicos de Regulación Hídrica, en Las Cuencas Alta, Media Y Baja De Los Ríos Fortaleza y Santa, en las Provincias de Recuay y Bolognesi – Región Ancash. ESTUDIO HIDROLÓGICO CUENCA DEL RIO SANTA, 1, pág. 1-63. 25 de Julio del 2020, de Ministerio del Ambiente Base de datos. Obtenido de:

https://siar.minam.gob.pe/ancash/sites/default/files/archivos/public/docs/25_estudio_hidrologico_cuenca_del_rio_santa.pdf

Marín Valencia, V. (2010). Evaluación de la Relación entre la Evapotranspiración Potencial Teórica y La Evaporación registrada en los Departamentos de Cundinamarca y Valle del Cauca (Título Profesional de Ingeniería Civil). Pontificia Universidad Javeriana. Obtenido de:

<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/7128/tesis369.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Moreano Bohórquez, D. & Palmisano Patrón, A. (2012). NIVEL DE AFECTACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y SUS EFECTOS EN LA INFRAESTRUCTURA DEL CAMPUS UNIVERSITARIO DEBIDO A LA EMISIÓN DE PARTÍCULAS PM10 Y CO (Título Profesional de Ingeniería Civil). Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de:

<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/1763/MOREANO DAVID Y PALMISANO ANTONIO CONTAMINACION ATMOSFERICA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Moreno, E. & Seclén, D. (2016). Modelo de Gestión Integrada de Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Chicama, Perú (Título Profesional de Ingeniero Civil). Universidad Privada Antenor Orrego. Obtenido de:

http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/4455/1/RE_ING.CIVIL_ERICK_MORENO_DANY.SECLLEN_GESTION.INTEGRADA_DATOS.PDF

Morera Julca, S. (2010). Dinámica de la Producción de Sedimentos en la Cuenca del Río Santa (Título de Postgrado – Magíster Scientiae en Recursos Hídricos). Universidad Nacional Agraria La Molina. Obtenido de:

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/1707>

Ordoñez Gálvez, J. J. (2011). Balance Hídrico Superficial. Contribuyendo al desarrollo de una cultura del Agua y la Gestión Integral de Recurso Hídrico. Pág. 1-44. ISBN: 978-9972-602-75-7. Obtenido de:

<https://www.gwp.org/es/GWP-Sud-America/CONOCIMIENTO/PUBLICACIONES/Documentos-tecnicos/Otras-publicaciones/>

Ordoñez Gálvez, J. J. (2011). Ciclo Hidrológico. Contribuyendo al desarrollo de una cultura del Agua y la Gestión Integral de Recurso Hídrico. Pág. 1-44. ISBN: 978-9972-602-77-1. Obtenido de:

https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/ciclo_hidrologico.pdf

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA – FAO (2013). Afrontar la escasez de agua Un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria. FAO Informe sobre temas hídricos, 1-79. Obtenido de:

<http://www.fao.org/3/a-i3015s.pdf>

Ortiz Vera, R. (2017). Caracterización de Sequias en la Cuenca Del Rio Puyango-Tumbes en base a los Índices de Flujo Base y Precipitación Estandarizada (Título Profesional de Ingeniero Hidráulico). Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de:

<https://repositorio.igp.gob.pe/bitstream/handle/IGP/3166/ortiz2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Paz, J., Heredia, M & Moncada, D. (2016). Balance Hídrico de la Cuenca del Río Santa (Título Profesional de Ingeniería Civil). Universidad César Vallejo de Chimbote.

<https://es.scribd.com/doc/159047427/BALANCE-HIDRICO-DE-LA-CUENCA-DEL-RIO-SANTA-SECTOR-CANAL-SANTA-docx>

Proyecto Especial Chavimochic - Plan Estratégico Institucional (PEI) 2013-2016 (2014). Gobierno Regional La Libertad. Pág. 1-117. Obtenido de:

http://www.chavimochic.gob.pe/portal/Ftp/Transparencia/Documentos_Gestion/D_G_PEL.pdf

Reyes Trujillo, A. Barroso, F. & Carvajal Escobar, Y. (Setiembre del 2014). Guía básica para la caracterización Morfométrica de cuencas hidrográficas. Cali, Colombia: Programa Editorial Universidad del Valle. ISBN: 9789587654011. Obtenido de:

<https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=LLNJDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT21&dq=definici%C3%B3n+de+elevaci%C3%B3n+de+una+cuena&ots=nSdCv-xjWf&sig=jbVPF7HRs9bT4vyNiM8MnhWQQyQ#v=onepage&q&f=false>

Ruberto, A., GABAZZA, S. & KUTNICH, E. (Marzo, 2010). ESTACIÓN METEOROLÓGICA DE CAPACITACIÓN. Departamento de Hidráulica, N°2, 1-30. 20 de Julio del 2020, De UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE Base de datos. Obtenido de:

<http://ing.unne.edu.ar/pub/hidrologia/emcmar2010.pdf>

SENAMHI (2009). Escenarios Climáticos en la Cuenca del Río Santa para el año 2030. Reporte Técnico de la Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático a la CMNUCC. Primera Edición. Pág. 1-28. Obtenido de:

https://www.senamhi.gob.pe/usr/cmnpdf/Resumen_Santa.pdf

Serrano Chano, J. J. (2010). Regionalización Espacial de Series Climáticas Mensuales Caso de Estudio: Cuenca del Río Guayllabamba (Título Profesional de Ingeniería Civil). Escuela Politécnica Nacional. Obtenido de:

https://www.mpl.ird.fr/divha/aguandes/doc/producciones/Serrano_2010_02_memo_tesis.pdf

Sybila Tabra. (22 de Marzo del 2013). La preocupante y desigual situación del agua en el Perú. 22 de Marzo del 2013, de SERVINDI, Comunicación intercultural para un mundo más humano y diverso. Obtenido de:

<https://www.servindi.org/actualidad/84511>

UNESCO Office Montevideo and Regional Bureau for Science in Latin America and the Caribbean. (2006). Balance hídrico superficial del Perú a nivel multianual. Montevideo, Uruguay: Graphinet- Documentos Técnicos del PHI-LAC, N°1. Obtenido de:

<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000228136>

Veas Ayala, N. (2011). Gestión del agua para consumo humano en la microcuenca del río Purires, Costa Rica (Tesis de Postgrado). CATIE Solutions for environment and development. Obtenido de:

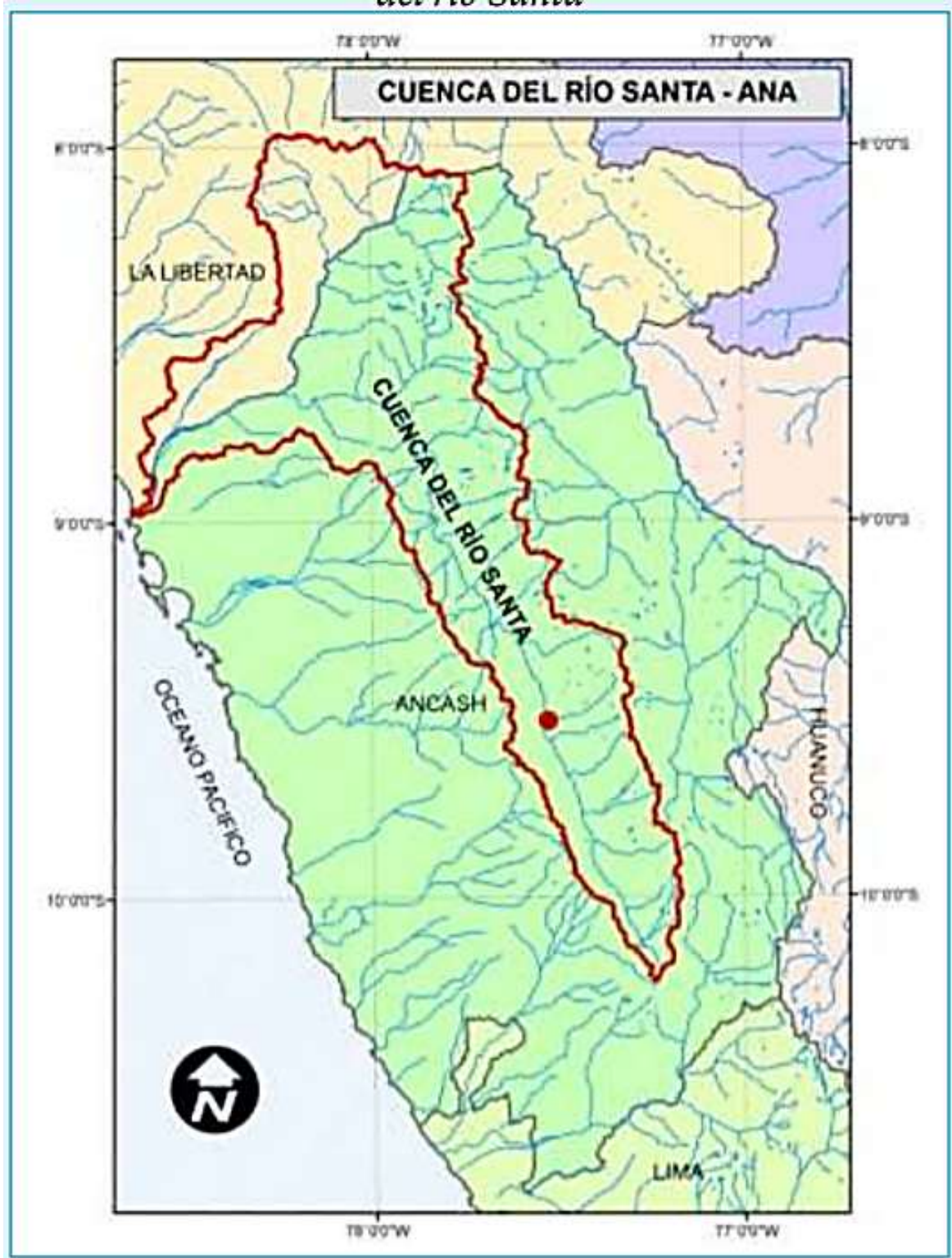
http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/2240/Gestion_del_agua_para_consumo_humano.pdf?sequence=1

Villanueva Ramírez, R. (2011). CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA DEL RÍO SANTA. Diciembre del 2011, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN SUR) bajo la iniciativa Water and Nature Initiative (WANI) y del INSTITUTO DE MONTAÑA. Obtenido de:

<http://mountain.pe/recursos/attachments/article/68/Folleto-1-Caracteristicas-Cuenca-Rio-Santa.pdf>

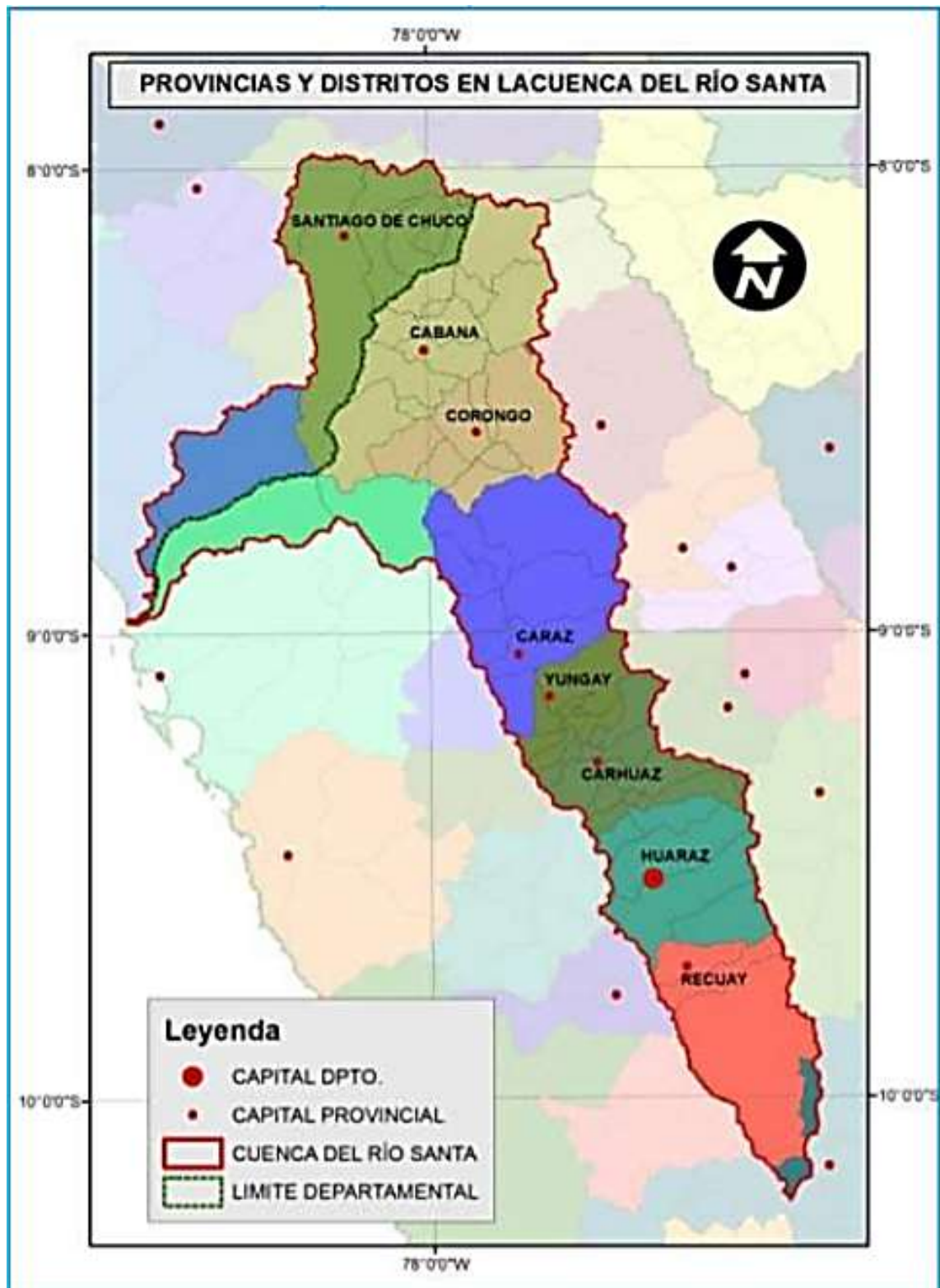
ANEXOS

ANEXO 1. MAPA GEOGRÁFICO DE LA CUENCA DEL RÍO SANTA.



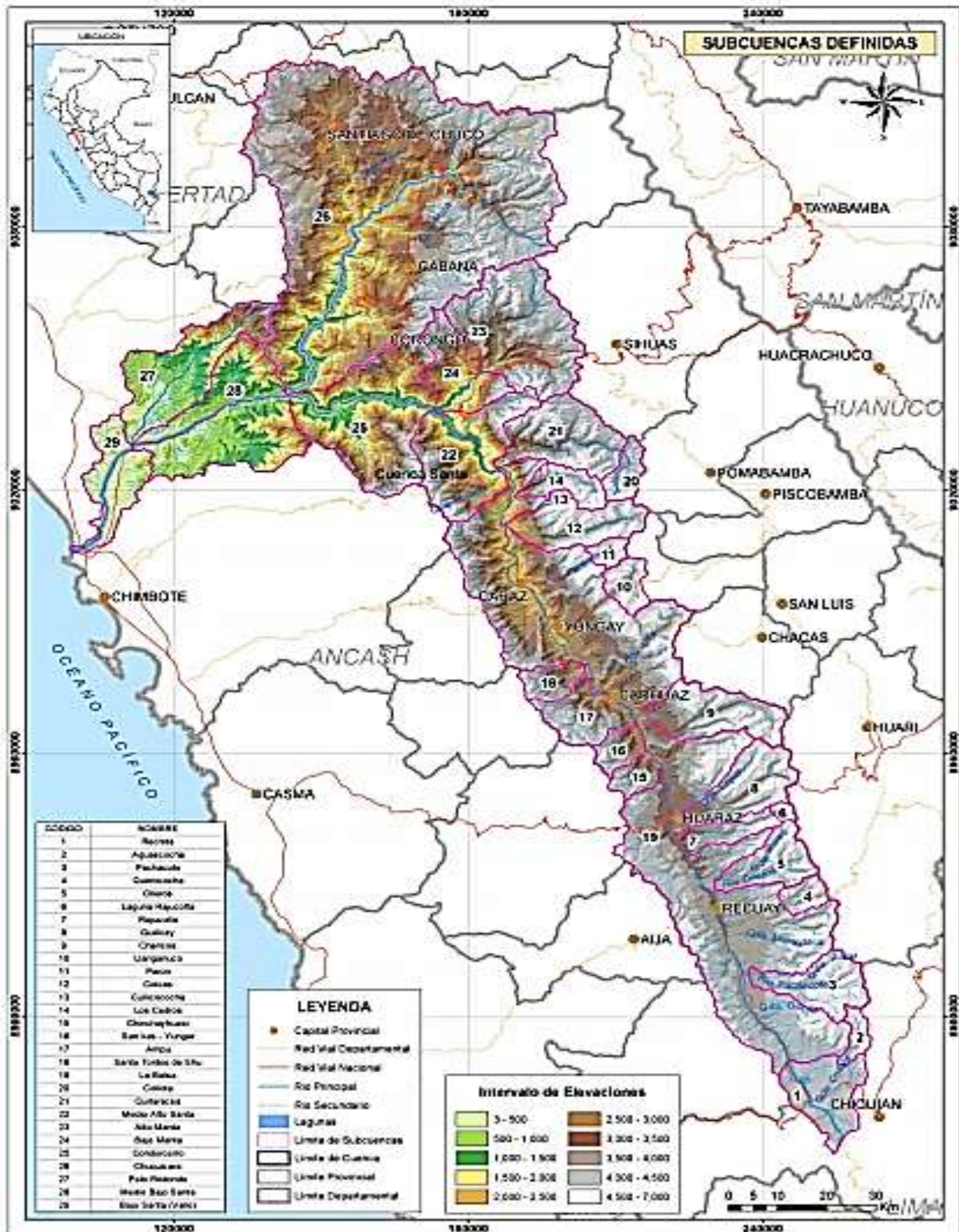
FUENTE: Folleto Informativo N° 1, ANA, 2015.

*ANEXO 2. MAPA GEOGRÁFICO DE PROVINCIAS Y DISTRITOS QUE CONFORMAN
LA CUENCA DEL RÍO SANTA.*



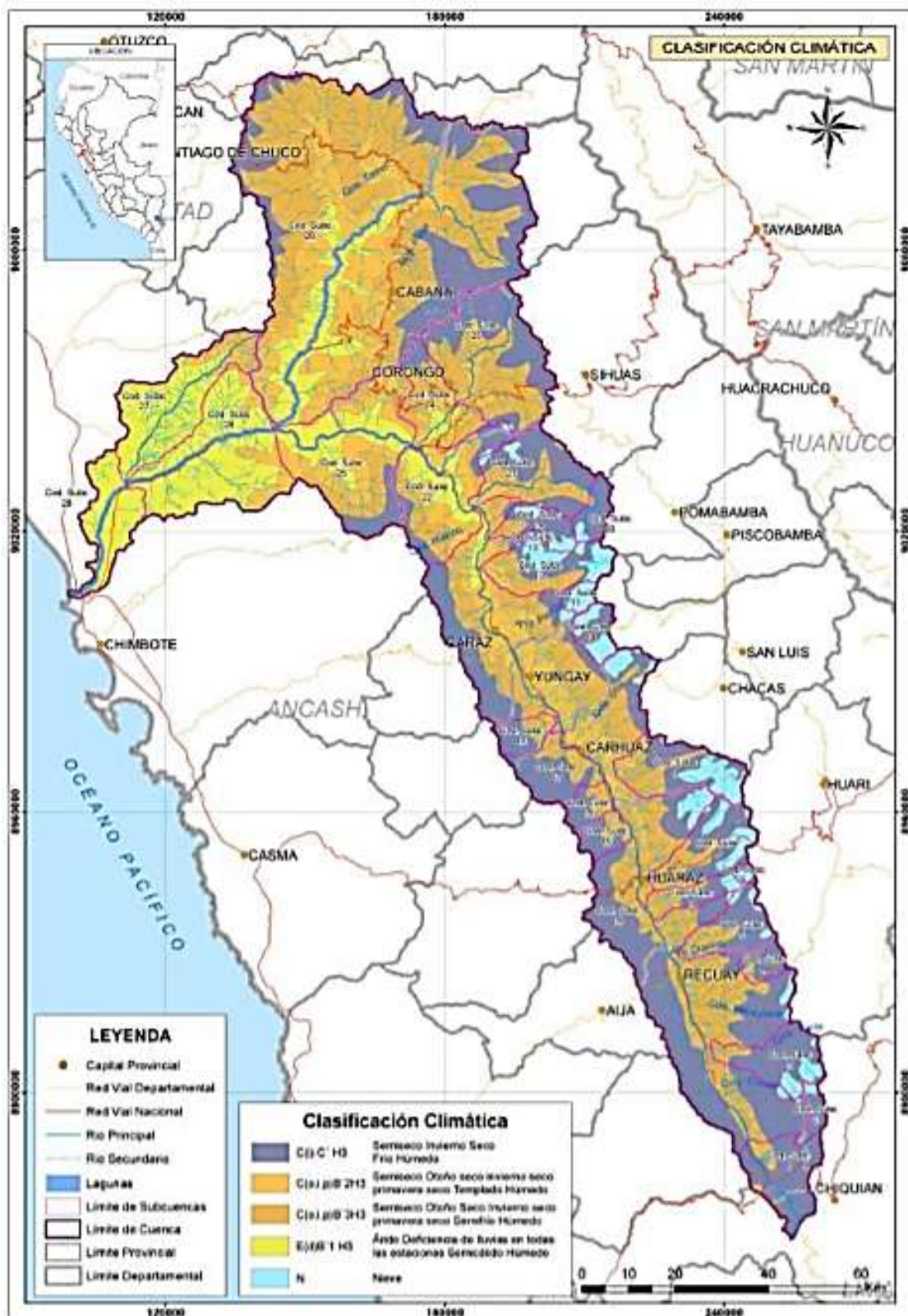
FUENTE: Folleto Informativo N° 1, ANA, 2015.

**ANEXO 3. MAPA GEOGRÁFICO DE LAS SUBCUENCAS CONFORMANTES DE LA
CUENCA DEL RÍO SANTA.**



FUENTE: Informe Final de la Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca Santa, ANA, 2015.

ANEXO 5. DISTRIBUCIÓN CLIMÁTICA EN LA CUENCA DEL RÍO SANTA.



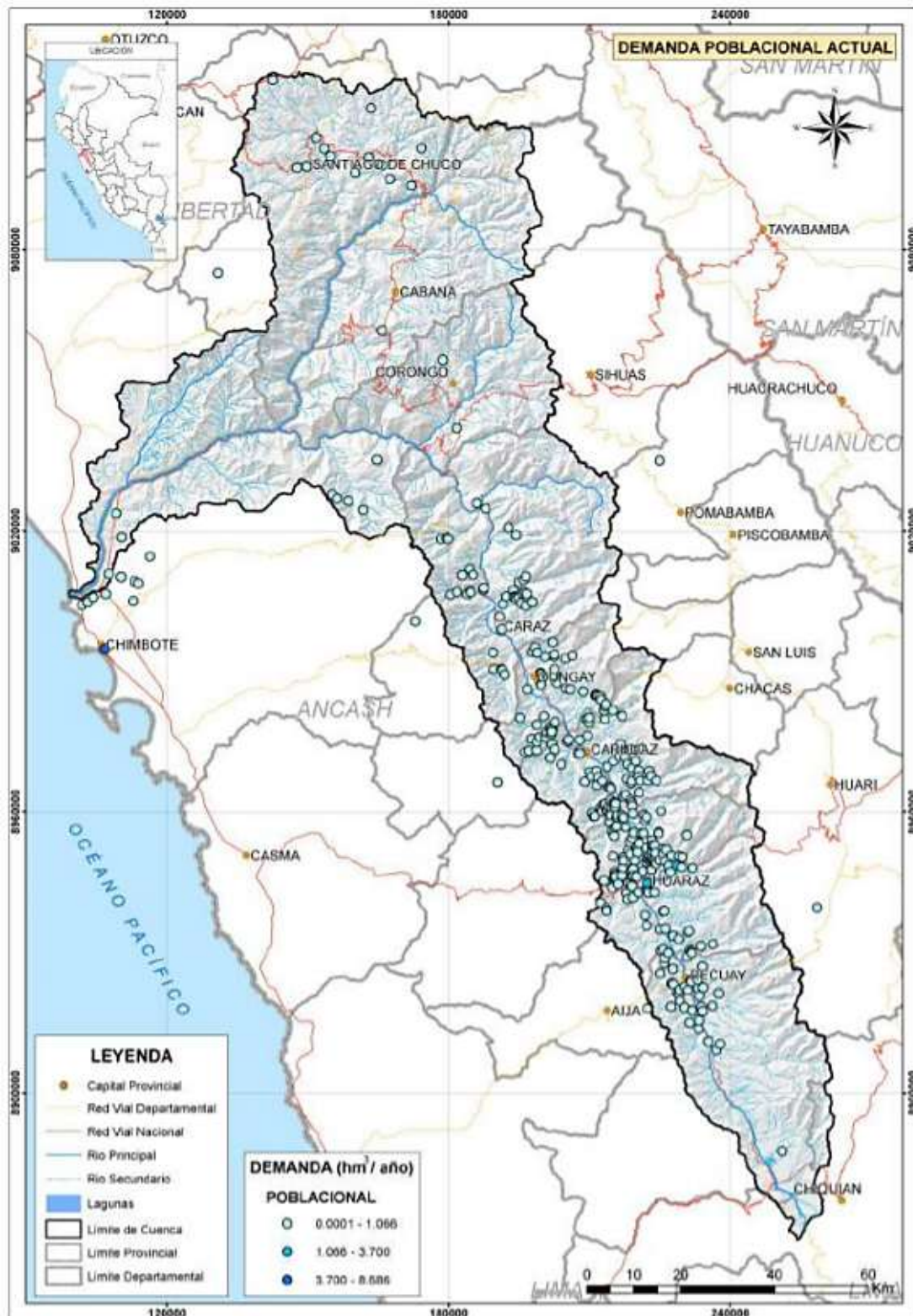
FUENTE: Informe Final de la Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca Santa, ANA, 2015.

ANEXO 6. PENDIENTES EN LA CUENCA DEL RÍO SANTA SEGÚN ZONAS.



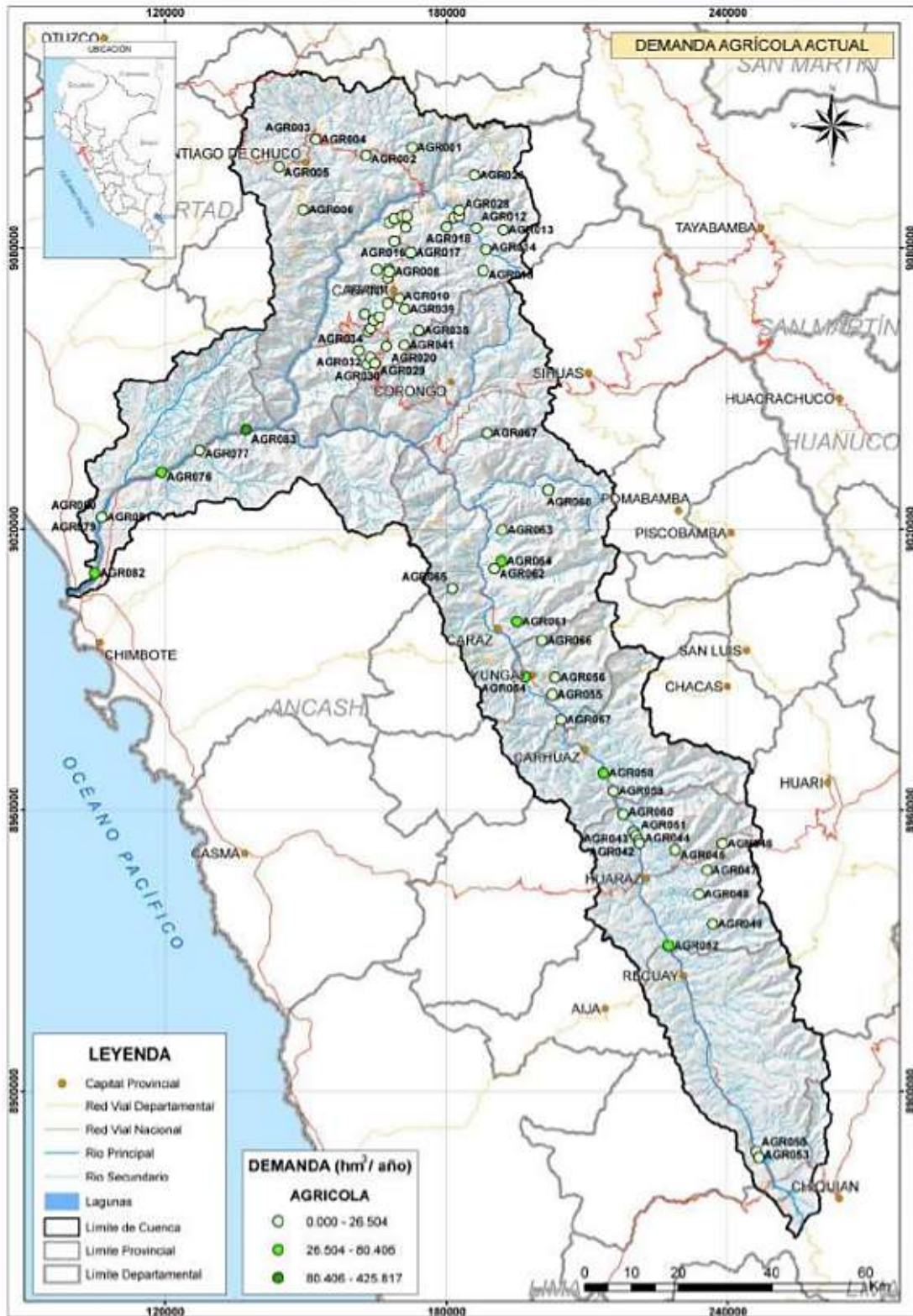
FUENTE: Informe Final de la Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca Santa, ANA, 2015.

ANEXO 7. DELIMITACIÓN DE DEMANDA POBLACIONAL EN LA CUENCA DEL RÍO SANTA.



FUENTE: Informe Final de la Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca Santa, ANA, 2015.

ANEXO 8. DELIMITACIÓN DE LA DEMANDA AGRÍCOLA EN LA CUENCA DEL RÍO SANTA.



FUENTE: Informe Final de la Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca Santa, ANA, 2015.

ANEXO 9. DELIMITACIÓN DE LA DEMANDA INDUSTRIAL EN LA CUENCA DEL RÍO SANTA.



FUENTE: Informe Final de la Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca Santa, ANA, 2015.

ANEXO 10. DELIMITACIÓN DE LA DEMANDA MINERA EN LA CUENCA DEL RÍO SANTA.



FUENTE: Informe Final de la Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca Santa, ANA, 2015.

**ANEXO 11. DELIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA EN LA CUENCA DEL
RÍO SANTA.**



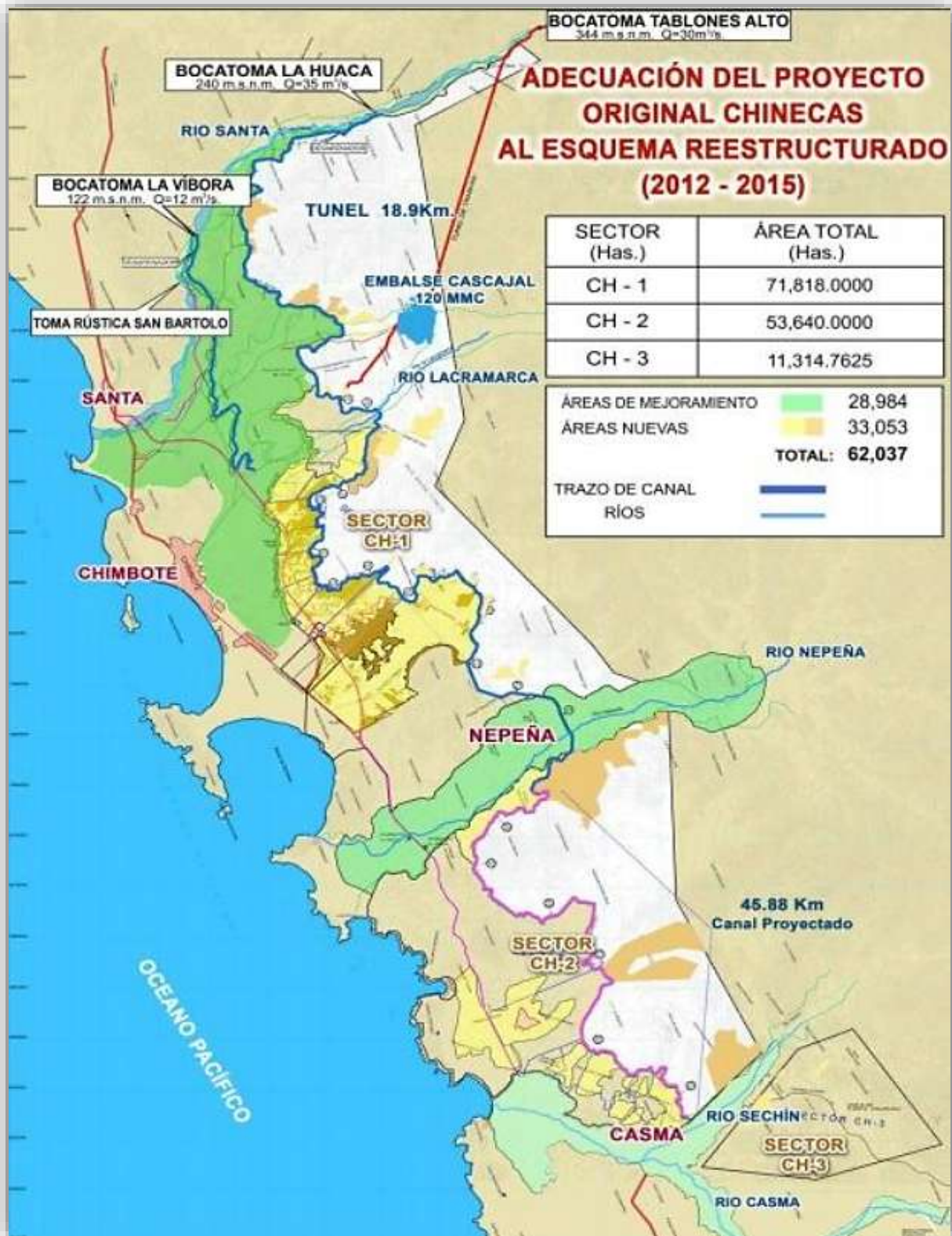
FUENTE: Informe Final de la Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca Santa, ANA, 2015.

ANEXO 12. ESQUEMA INTEGRAL DEL PROYECTO CHAVIMOCHIC.



FUENTE: Gobierno Regional La Libertad, 2019.

ANEXO 13. ESQUEMA DEL PROYECTO CHINECAS.



FUENTE: PE Chinecas (2012)

ANEXO 15. CÁLCULO PROMEDIO DE PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS DE LA CUENCA DEL RÍO SANTA.

<i>Parámetros Geomorfológicos</i>	SENAMHI 2009	ANA 2015	SEDALIB 2018	PROMEDIO (Media Aritmética)
<i>Área Total de la Cuenca (km²):</i>	12005.5	11661.53	11596.52	11754.52
<i>Área de la Cuenca húmeda (km²):</i>	11910	10405	10200	10838.33
<i>Perímetro (km):</i>		960	960.302	960.15
<i>Longitud Promedio (km):</i>	316	316	320	317.33
<i>Pendiente (%):</i>	1.4 - 4	1.33	1.4	1.37
<i>Ancho (km):</i>	38	38	38	38.00
<i>Altitud Máxima (m.s.n.m):</i>		6768	6768	6768.00
<i>Altitud Media (m.s.n.m):</i>		3370	2100	2735.00
<i>Altitud Mínima (m.s.n.m):</i>			0	0.00
<i>Coefficiente de Compacidad:</i>		2.64	2.66	2.58
<i>Factor Forma:</i>		0.104	0.100	0.108

FUENTE: Elaboración Propia

ANEXO 16. CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN PROMEDIO EN LA CUENCA DEL RÍO SANTA.

AÑOS	MESES												PROM	ANUAL
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SET	OCT	NOV	DIC		
1977-1978	121.035	359.205	170.055	83.925	59.97	0	34.755	6.57	55.425	77.67	371.58	221.415	130.1	1561.61
1985-1986	226.11	239.895	170.205	186.81	38.055	0.945	12.84	28.185	168.795	86.28	157.68	202.935	126.6	1518.74
1993-1994	290.16	303.63	415.89	250.065	130.755	10.485	8.145	11.745	180.225	218.13	299.235	386.925	208.8	2505.39
1999-2000	189.945	275.745	244.59	72.81	41.34	35.235	5.16	8.375	54.81	64.515	171.615	80.01	103.7	1244.15
2009-2010													75.1	1400.00
2017-2018	229.59	244.365	250.155	144.42	58.965	16.05	7.17	15.915	51.225	131.49	136.245	179.295	122.1	1464.89
PRECIPITACIÓN PROMEDIO (mm)	211.37	284.57	250.18	147.61	65.82	12.54	13.61	14.16	102.10	115.62	227.27	214.12	<u>766.3</u>	1658.95
<i>Desv. Est</i>	62.00	49.05	100.38	73.65	37.64	14.35	12.15	8.61	66.25	62.60	102.75	110.95	44.62	449.71
<i>Coef. De V. (%)</i>	29.33%	17.24%	40.12%	49.89%	57.19%	114.38%	89.24%	60.83%	64.89%	54.14%	45.21%	51.82%	5.82%	27.11%

FUENTE: Elaboración Propia

ANEXO 17. CÁLCULO DE LA TEMPERATURA PROMEDIO EN LA CUENCA DEL RÍO SANTA

AÑOS	MESES											PROMEDIO	
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE		DICIEMBRE
1998													12
2003	16.3	21	18	14	12	12	10	10	9	9	15	14	17.67
2009													15
2017	16.60	16.51	16.64	16.64	16.45	15.51	15.79	16.235	16.70	16.43	16.55	16.49	16.38
2018													15
TEMPERATURA PROMEDIO (°C)	16.45	18.76	17.32	15.32	14.22	13.76	12.89	13.12	12.85	12.71	15.78	15.25	<u>15.2</u>

FUENTE: Elaboración Propia

ANEXO 18. NÚMERO MÁXIMO DE HORAS DE SOL. Doorenbos y Pruitt, 1977.

Lat. Norte	En	Feb	Mar	Abr	May	Jn	Jul	Ag	Sep	Oc	Nov	Dic
Lat Sur	Jul	Ag	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
50	8,5	10,1	11,8	13,8	15,4	16,3	15,9	14,5	12,7	10,8	9,1	8,1
48	8,8	10,2	11,8	13,6	15,2	16,0	15,6	14,3	12,6	10,9	9,3	8,3
46	9,1	10,4	11,9	13,5	14,9	15,7	15,4	14,2	12,8	10,9	9,5	8,7
44	9,3	10,5	11,9	13,4	14,7	15,4	15,2	14,0	12,6	11,0	9,7	8,9
42	9,4	10,6	11,9	13,4	14,6	15,2	14,9	13,9	12,9	11,1	9,8	9,1
40	9,6	10,7	11,9	13,3	14,4	15,0	14,7	13,7	12,5	11,2	10,0	9,3
35	10,1	11,0	11,9	13,1	14,0	14,5	14,3	13,5	12,4	11,3	10,3	9,6
30	10,4	11,1	12,0	12,9	13,6	14,0	13,9	13,2	12,4	11,5	10,6	10,2
25	10,7	11,3	12,0	12,7	13,3	13,7	13,5	13,0	12,3	11,6	10,9	10,6
20	11,0	11,5	12,0	12,6	13,1	13,3	13,2	12,8	12,3	11,7	11,2	10,9
15	11,3	11,6	12,0	12,5	12,8	13	12,9	12,6	12,2	11,8	11,4	11,2
10	11,6	11,8	12,0	12,3	12,6	12,7	12,6	12,4	12,1	11,8	11,6	11,5
5	11,8	11,9	12,0	12,2	12,3	12,4	12,3	12,3	12,1	12,0	11,9	11,8
0° Ecuador	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1

ANEXO 19. NÚMERO MÁXIMO DE HORAS DE SOL. Allen et al, 1998.

Latitud Sur:	Jul.	Ag.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	En.	Feb.	Mar.	Ab.	May.	Jun.
Latitud N												
(*)	Ene.	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
50	8,3	9,8	11,6	13,5	15,2	16,1	15,7	14,3	12,3	10,4	8,7	7,9
48	8,6	10	11,6	13,4	15	15,8	15,5	14,1	12,3	10,6	9	8,2
46	8,8	10,1	11,6	13,3	14,8	15,5	15,2	14	12,3	10,7	9,2	8,5
44	9,1	10,3	11,6	13,2	14,6	15,3	15	13,8	12,3	10,7	9,4	8,7
42	9,3	10,4	11,7	13,2	14,4	15	14,8	13,7	12,3	10,8	9,6	9
40	9,5	10,5	11,7	13,1	14,2	14,8	14,6	13,6	12,2	10,9	9,7	9,2
38	9,6	10,6	11,7	13	14,1	14,6	14,4	13,5	12,2	11	9,9	9,4
36	9,8	10,7	11,7	12,9	13,9	14,4	14,2	13,4	12,2	11,1	10,1	9,6
34	10	10,8	11,8	12,9	13,8	14,3	14,1	13,3	12,2	11,1	10,2	9,7
32	10,1	10,9	11,8	12,8	13,6	14,1	13,9	13,2	12,2	11,2	10,3	9,9
30	10,3	11	11,8	12,7	13,5	13,9	13,8	13,1	12,2	11,3	10,5	10,1
28	10,4	11	11,8	12,7	13,4	13,8	13,6	13	12,2	11,3	10,6	10,2
26	10,5	11,1	11,8	12,6	13,3	13,6	13,5	12,9	12,1	11,4	10,7	10,4
24	10,7	11,2	11,8	12,6	13,2	13,5	13,3	12,8	12,1	11,4	10,8	10,5
22	10,8	11,3	11,9	12,5	13,1	13,3	13,2	12,8	12,1	11,5	10,9	10,7
20	10,9	11,3	11,9	12,5	12,9	13,2	13,1	12,7	12,1	11,5	11	10,8
18	11	11,4	11,9	12,4	12,8	13,1	13	12,6	12,1	11,6	11,1	10,9
16	11,1	11,5	11,9	12,4	12,7	12,9	12,9	12,5	12,1	11,6	11,2	11,1
14	11,3	11,6	11,9	12,3	12,6	12,8	12,8	12,5	12,1	11,7	11,3	11,2
12	11,4	11,6	11,9	12,3	12,6	12,7	12,6	12,4	12,1	11,7	11,4	11,3
10	11,5	11,7	11,9	12,2	12,5	12,6	12,5	12,3	12,1	11,8	11,5	11,4
8	11,6	11,7	11,9	12,2	12,4	12,5	12,4	12,3	12	11,8	11,6	11,5
6	11,7	11,8	12	12,1	12,3	12,3	12,3	12,2	12	11,9	11,7	11,7
4	11,8	11,9	12	12,1	12,2	12,2	12,2	12,1	12	11,9	11,8	11,8
2	11,9	11,9	12	12	12,1	12,1	12,1	12,1	12	12	11,9	11,9
0	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

ANEXO 20. CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN PROMEDIO EN LA CUENCA DEL RÍO SANTA.

	set	oct	nov	dic	ene	Feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	Total
<i>temp</i>	12.85	12.71	15.78	15.25	16.45	18.76	17.32	15.32	14.22	13.76	12.89	13.12	178.42
<i>i</i>	4.18	4.11	5.70	5.41	6.07	7.40	6.56	5.45	4.87	4.63	4.20	4.31	62.86
<i>ETP sin corr</i>	46.17	45.43	62.56	59.46	66.55	80.84	71.84	59.89	53.66	51.06	46.40	47.59	
<i>n° días mes</i>	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	28.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	
<i>n° horas luz</i>	11.83	12.13	12.43	12.53	12.43	12.23	12.03	11.73	11.44	11.34	11.44	11.64	
<u>ETP corr.</u> <u>(mm/mes)</u>	<u>45.53</u>	<u>47.46</u>	<u>64.81</u>	<u>64.16</u>	<u>71.23</u>	<u>76.91</u>	<u>74.44</u>	<u>58.57</u>	<u>52.84</u>	<u>48.24</u>	<u>45.69</u>	<u>47.68</u>	<u>697.56</u>

FUENTE: Elaboración Propia

ANEXO 21. DATOS DE DEMANDA PROMEDIO EN EL 2015 EN LA CUENCA DEL RÍO SANTA.

DEMANDA EXISTENTE PROMEDIO

(MMC)

POBLACIONAL												
ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	PROMEDIO
2.1	1.81	2.1	2.1	2.4	1.97	1.82	1.82	1.73	1.82	2.06	2.21	23.940
AGRICOLA												
ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SET	OCT	NOV.	DIC.	PROMEDIO
125.45	118.35	96.2	120.1	123.26	118.79	114.59	115.5	120.08	127.58	148.75	160.9	1489.55
INDUSTRIAL												
ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SET	OCT	NOV.	DIC.	PROMEDIO
0.17	0.15	0.17	0.16	0.17	0.16	0.17	0.17	0.16	0.17	0.16	0.17	1.98
MINERÍA												
ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SET	OCT	NOV.	DIC.	PROMEDIO
0.29	0.26	0.29	0.28	0.29	0.28	0.29	0.29	0.28	0.29	0.28	0.29	3.41
ENERGÉTICO												
ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SET	OCT	NOV.	DIC.	PROMEDIO
0.0165	0.009	0.0165	0.015	0.0165	0.015	0.0165	0.0165	0.015	0.0165	0.015	0.0165	0.185
OTROS												
ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SET	OCT	NOV.	DIC.	PROMEDIO
2.26	2.06	2.26	2.2	2.26	2.2	2.26	2.26	2.2	2.26	2.2	2.26	26.68

FUENTE: Elaboración Propia en base al Informe Final de la Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca Santa, 2015.

ANEXO 22. DATOS DE DEMANDA PROMEDIO EN EL 2018 EN LA CUENCA DEL RÍO SANTA.

DEMANDA EXISTENTE:

<i>POBLACIONAL</i>	AGRÍCOLA	INDUSTRIAL	MINERA	ENERGÉTICO	OTROS	TOTAL
23.96	1489.76	1.99	3.41	0.19	26.62	1545.93
<i>MMC o Hm3</i>	MMC o Hm3	MMC o Hm3	MMC o Hm3	MMC o Hm3	MMC o Hm3	MMC o Hm3

FUENTE: Elaboración Propia en base al Diagnóstico Hídrico Rápido de La Cuenca Del Río Santa como Fuente de Agua y Servicios Ecosistémicos Hídricos para la EPS SEDALIB S.A, 2018.

ANEXO 23. BALANCE HÍDRICO SUPERFICIAL PROMEDIO DE LA CUENCA DEL RÍO SANTA.

	set	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	TOTAL	PROMEDIO
<i>ETP (mm)</i>	40.72	47.74	65.07	64.44	71.50	77.12	74.69	58.82	53.10	48.49	45.95	47.94	695.6	57.97
<i>P (mm)</i>	102.10	115.62	227.27	214.12	211.37	284.57	250.18	147.61	65.82	12.54	13.61	14.16	1659.0	138.25
<i>ETR (mm)</i>	40.71997	47.74	65.07	64.44	71.50	77.12	74.69	58.82	53.10	12.54	13.61	14.16	593.5	49.46
<i>Déficit (mm)</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	35.95	32.33	33.79	102.1	8.51
<i>Reserva útil (mm)</i>	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00
<i>Var. De Reserva (mm)</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00
<i>Infiltración o Excedentes (mm)</i>	61.38	67.88	162.20	149.68	139.86	207.45	175.49	88.78	12.72	0.00	0.00	0.00	1065.4	88.79
<i>Lluvia Útil (mm)</i>	61.38	67.88	162.20	149.68	139.86	207.45	175.49	88.78	12.72	0.00	0.00	0.00	1065.4	88.79
<i>Escorrentía Superficial (mm)</i>	61.38	67.88	162.20	149.68	139.86	207.45	175.49	88.78	12.72	0.00	0.00	0.00	1065.4	<u>88.79</u>

FUENTE: Elaboración Propia.

ANEXO 24. CÁLCULO DE OFERTA HÍDRICA PROMEDIO TOTAL.

Y=	Escurrimiento Superficial	88.56	mm	OFERTA HÍDRICA TOTAL:		
<i>t=</i>	Año (Dato para conversión)	864000	año	$Q = Y (A*10000) / t$		
<i>A=</i>	Área de la Cuenca en estudio	10838.33	km ²	11108.9858	millones de m ³ /año	Hm ³

FUENTE: Elaboración Propia.

ANEXO 25. CÁLCULO DE LA OFERTA HÍDRICA NETA PROMEDIO.

OHT= OFERTA 11108.9858 Hm3 OFERTA HÍDRICA
HÍDRICA TOTAL NETA:
PROMEDIO

$R_{ff} =$	Factor de Reducción por fuentes Frágiles (%)	25	%	$OHT - (OHT * (R_{ff} + R_{re}))$		
$R_{re} =$	Factor de Reducción por Régimen de estiaje (%)	25	%	5554.49	millones de m ³ /año	Hm ³

FUENTE: Elaboración Propia.

ANEXO 26. BALANCE MEDIO ANUAL DE LA CUENCA Y DE LOS SUBSISTEMAS IMPORTANTES SIN AFECTACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO.

Subsistema	Oferta natural	Entrada de aguas arriba	Other supply	Suministro desde acuífero	Demanda Poblacional		Demanda agrícola		Demanda Ind&Minera		Retornos	Variación de reservas	Salida a aguas abajo	Salida acuífero
					Servi	Déficit	Servida	Déficit	Servida	Déficit				
Recreta	93.96				0.00	0.00	22.83	12.19	0.00	0.00	9.13	0.16	80.10	
Olleros	149.27				0.00	0.00	3.45	0.00	0.00	0.00	1.38		147.20	
Rajucolta	59.27				0.00	0.00	6.46	0.01	0.00	0.00	2.59	0.13	55.27	
Quilcay	235.70			0.03	0.80	0.00	32.12	0.01	0.00	0.00	13.38		216.19	
Chancos	248.09				0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.02		248.08	
Chinchayhuasi	34.33		2.10		0.00	0.00	7.35	6.48	2.10	0.00	2.94		29.92	
San Luis - Yungar	35.39				0.00	0.00	15.68	27.48	0.00	0.00	6.27		25.98	
Ampu	83.09				0.00	0.00	20.04	19.04	0.00	0.00	8.02		71.07	
Shupluy	36.87				0.41	0.00	12.24	8.18	0.00	0.00	5.18		29.40	
Llanganuco	79.32				0.00	0.00	0.94	0.00	0.00	0.00	0.37	0.90	77.87	
Parón	42.34	5.25			0.00	0.00	40.46	6.85	0.00	0.00	16.18		23.32	
Colcas	168.07				0.00	0.00	61.17	0.93	0.00	0.00	24.47		131.37	
Los Cedros	71.33				0.00	0.00	5.94	0.00	0.00	0.00	2.37		67.77	
Collota - Quitaracsa	311.19				0.00	0.00	3.59	0.00	0.00	0.00	1.44		309.04	
Corongo	287.66		0.16		0.16	0.00	24.07	0.00	0.00	0.00	9.63		273.22	
Chuquicara	1080.19				1.41	0.00	81.20	1.51	2.58	0.07	35.27		1030.27	
La Balsa	1398.19	1198.28	17.88		17.82	0.00	129.10	37.50	1.88	0.47	53.00	0.04	2518.38	
Medio Bajo Santa	367.97	4130.92			0.00	0.00	2049.12	77.17	0.00	0.00	0.00	1.88	2447.89	
Bajo Santa (Valle)	6.20	2447.89		4.49	12.21	0.00	184.70	21.61	4.49	0.00	67.92		2323.04	2.07
CUENCA TOTAL	4788.45	7782.33	20.14	4.52	32.81	0.00	2700.45	218.96	11.07	0.54	259.56	3.11	10105.37	2.07

FUENTE: Informe Final de la Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca Santa, ANA, 2015.

CONSTANCIA DE REVISIÓN DEL PROYECTO DE TESIS

El asesor Eduar José Rodríguez Beltrán, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de Ingeniería Civil, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo del proyecto de investigación del(os) estudiante(s):

- Edward Andy Marín Melo

Por cuanto, **CONSIDERA** que el proyecto de investigación titulado: Balance Hídrico Superficial de la Cuenca del Río Santa para aspirar al título profesional por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al(los) interesado(s) para su presentación.



Ing. Mg. Eduar José Rodríguez Beltrán

Asesor