



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y
AGRIMENSURA



**COMPARACIÓN DE LAS PRECIPITACIONES MEDIAS
MENSUALES, UTILIZANDO SISTEMA DE INFORMACIÓN DE
LAS IMÁGENES SATELITALES ESPACIALES, CON LAS
ESTACIONES METEOROLÓGICAS DE LA CUENCA DEL RIO
ILAVE – PUNO.**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. CHRISTIAN JHONATAN MAMANI CHOQUE

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO TOPÓGRAFO Y AGRIMENSOR**

PUNO – PERÚ

2021



DEDICATORIA

Mi especial gratitud a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de la carrera de mi vida por ser mi fortaleza en momentos de debilidad.

A toda mi familia y sobre todo a mis amados padres Josué Denilzon Mamani Mamani y Rosalía Choque Alvarado quienes a lo largo de mi vida me dieron siempre el respaldo moral necesario para poder tener una formación académico en todo momento.

A la persona que amo Yesenia quien estuvo a mi lado en todo momento brindándome su apoyo incondicional.



AGRADECIMIENTO

A mi alma mater, la Universidad Nacional del Altiplano, Facultad Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Ingeniería Topográfica y Agrimensura y a todos lo valiosos docentes por ser parte de las enseñanzas y consejos impartidos durante mi etapa de formación universitaria.



ÍNDICE GENERAL

Pág.

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

RESUMEN 11

ABSTRACT..... 12

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 15

1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 17

1.2.1. Definición del problema general 17

1.2.2. Definición de problemas específicos 17

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 18

1.4. LIMITACIONES DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 19

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN..... 19

1.5.1. Objetivo general 19

1.5.2. Objetivos específicos 19

CAPITULO II

REVISIÓN LITERARIA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN 20

2.1.1. Antecedentes internacionales 20

2.1.2. Antecedente nacional 21



2.1.3.	Antecedente local	24
2.2.	SUSTENTO TEÓRICO	26
2.2.1.	Precipitación.....	26
2.2.2.	Clasificación de la Precipitación.....	27
2.2.3.	Calculo de Precipitación	29
2.2.4.	Meteorología	34
2.2.5.	Obtención de datos de SENAMHI.....	36
2.2.6.	Fundamento de las precipitaciones del satélite TRMM 3b43v7.....	39
2.2.7.	Cuenca Hidrográfica	53
2.2.8.	Parámetros fisiográficos o geomorfológicos de las Cuencas.....	54
2.2.9.	Sistema de Información Geográfica.....	56

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.	UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	57
3.1.1.	Ubicación Política	57
3.1.2.	Ubicación del Ámbito de estudio.....	57
3.1.3.	Delimitación Hidrográfica de la cuenca.....	58
3.1.4.	Ubicación Hidrográfica	60
3.1.5.	Accesibilidad – Vías de Comunicación	60
3.2.	MATERIALES.....	62
3.2.1.	Información meteorológica observada	62
3.2.2.	Información meteorológica por satélite	62
3.2.3.	Información Cartográfica	63
3.2.4.	Equipos y materiales para el procesamiento	65
3.3.	TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	66



3.3.1. Tipo de la investigación	66
3.3.2. Diseño de la investigación	66
3.4. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	67
3.4.1. Población.....	67
3.4.2. Muestra.....	67
3.4.3. Proceso metodológico	72
3.5. MÉTODOS PARA EL PRIMER OBJETIVO ESPECIFICO	73
3.5.1. Análisis de datos meteorológicos observadas	73
3.5.2. Extracción de los datos del satélite TRMM 3B43v7	77
3.6. MÉTODO ESTADÍSTICO PARA EL SEGUNDO OBJETIVO ESPECIFICO.	77
CAPITULO IV	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1. Resultado del análisis de datos meteorológicos observados y TRMM 3b43v7 para el primer objetivo específico.....	82
4.1.1. Completación de datos pluviométricos.	82
4.1.2. Análisis visual de hidrogramas.	82
4.1.3. Análisis de doble masa.....	89
4.2. Resultados de la comparación para el segundo objetivo específico.....	95
4.2.1. Análisis visual de la comparación de precipitaciones.....	95
4.2.2. Análisis Comparativo estadístico.....	96
4.3. Discusión	104
V. CONCLUSIONES	106
VI. RECOMENDACIONES.....	107
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	108



ANEXOS..... 114

Área : Ciencias Naturales

Tema : Sistema de Información Geográfica

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 01 de marzo del 2021



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Precipitación de convección.....	27
Figura 2. Precipitación orográfica.	28
Figura 3. Precipitación ciclónica.	29
Figura 4. Pluviómetro.	30
Figura 5. Pluviógrafo.	32
Figura 6. Representación 2D a través de un PPI.	33
Figura 7. Casos de series de análisis de doble masa.....	39
Figura 8. Etapas del proceso de la teledetección.	41
Figura 9. Instrumentos que utiliza el algoritmo 3B43v7.	46
Figura 10. Radar de precipitación.....	48
Figura 11. Generador de imágenes por microondas.	49
Figura 12. Satélite de Alos Palsar.....	53
Figura 13. Delimitación de la cuenca del río Ilave desde un DEM.....	59
Figura 14. Mapa de ubicación de la cuenca del río Ilave.	61
Figura 15. Diseño de la investigación.....	67
Figura 16. Plano de ubicación de estaciones según SENAMHI.....	69
Figura 17. Puntos de extracción de datos de TRMM 3b43v7.	71
Figura 18. Desarrollo metodológico.	72
Figura 19. Agrupación de estaciones por Grupos.....	75
Figura 20. Serie de tiempo con datos del SENAMHI.	83
Figura 21. Serie de tiempo con datos TRMM3B43v7 de estaciones del Grupo 01.	84
Figura 22. Serie de tiempo con datos del SENAMHI de estaciones del Grupo 01.	84
Figura 23. Serie de tiempo con datos TRMM3B43v7 de estaciones del Grupo 02.	85
Figura 24. Serie de tiempo con datos del SENAMHI de estaciones del Grupo 02.	85
Figura 25. Serie de tiempo con datos TRMM3B43v7 de estaciones del Grupo 03.	86
Figura 26. Serie de tiempo con datos del SENAMHI de estaciones del Grupo 03.	86
Figura 27. Serie de tiempo con datos TRMM3B43v7 de estaciones del Grupo 04.	87
Figura 28. Serie de tiempo con datos del SENAMHI de estaciones del Grupo 04.	87
Figura 29. Serie de tiempo con datos TRMM3B43v7 de estaciones del Grupo 05.	88



Figura 30. Serie de tiempo con datos del SENAMHI de estaciones del Grupo 05.	88
Figura 31. Doble masa de datos del SENAMHI de las estaciones del Grupo 01.....	90
Figura 32. Doble masa de datos del TRMM3B43v7 de las estaciones del Grupo 01. ..	90
Figura 33. Doble masa de datos del SENAMHI de las estaciones del Grupo 02.....	91
Figura 34. Doble masa de datos del TRMM3B43v7 de las estaciones del Grupo 02. ..	91
Figura 35. Doble masa de datos del SENAMHI de las estaciones del Grupo 03.....	92
Figura 36. Doble masa de datos del TRMM3B43v7 de las estaciones del Grupo 03. ..	92
Figura 37. Doble masa de datos del SENAMHI de las estaciones del Grupo 04.....	93
Figura 38. Doble masa de datos del TRMM3B43v7 de las estaciones del Grupo 04. ..	93
Figura 39. Doble masa de datos del SENAMHI de las estaciones del Grupo 05.....	94
Figura 40. Doble masa de datos del TRMM3B43v7 de las estaciones del Grupo 05. ..	94
Figura 41. Grafica de series de tiempo de precipitaciones de Puno.	95
Figura 42. Grafica de series de tiempo de precipitaciones de Rincón de la cruz.	96
Figura 43 Grafica de matriz de dispersión en la estación de Puno.....	97
Figura 44. Diagrama de Cajas en la estación de Puno.....	98
Figura 45. Grafica de matriz de dispersión ajustada en la estación de Puno.....	98
Figura 46. Grafica de matriz de dispersión en la estación Rincón de la Cruz.	100
Figura 47. Diagrama de Cajas en la estación Rincón de la cruz.....	101
Figura 48. Grafica de matriz de dispersión ajustada en la estación Rincón de la Cruz.	101
Figura 49. Grafica de comparación de resultados del investigador con los antecedentes	105



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Ubicación geográfica de la cuenca del rio Ilave.	57
Tabla 2. Ubicación UTM WGS84 de la cuenca del rio Ilave.	58
Tabla 3. Parámetros fisiográficos de la Cuenca.	60
Tabla 4. Coordenadas geográficas y UTM de estaciones meteorológicas.....	68
Tabla 5. Coordenadas geográficas y UTM de centroide de pixeles del TRMM.	70
Tabla 6. Agrupación y coordenadas de estaciones meteorológicas.	74
Tabla 7. Indicadores estadísticos de comparación de la estación Puno.	99
Tabla 8. Indicadores estadísticos de la estación Rincón de la cruz	102
Tabla 9. Resumen de Indicadores estadísticos de la comparación.	103
Tabla 10. Resumen de resultados estadísticos en comparación.....	104



RESUMEN

La presente investigación se realizó con el objetivo de analizar y comparar las precipitaciones mensuales de las imágenes satelitales TRMM3B43v7 y las estaciones meteorológicas observadas por el SENAMHI, para la cuenca del río ILAVE – PUNO. La estimación de precipitación es una tarea complicada en regiones como es el caso del altiplano peruano, que se cuenta con pocas estaciones meteorológicas, los pluviómetros ofrecen información del punto in situ donde están ubicadas cada uno de ellas y por consecuencia la variabilidad espacial no puede ser representada adecuadamente, en el desarrollo de productos satelitales de precipitación permite obtener una estimación aproximada mas no exacta de la lluvia en zonas, siempre y cuando estos hayan sido previamente analizados y comparados con estaciones en tierra. Para el análisis de datos se aplicó el método de observación directa, utilizando los gráficos de series temporales y la consistencia de doble masa, donde los datos de satélite TRMM3B43v7 mostraron consistencia en las series históricas, teniendo resultados que son homogéneos por lo tanto se interpreta como bueno. En lo referente al segundo objetivo al realizar la comparación de los datos de las 12 estaciones cual como se muestra en los anexos, el resultado de los indicadores estadísticos, nos indican un índice de coeficiente de determinación (R^2) entre (0.6968 – 0.8606) que es valorado como “satisfactorio”, indicando un comportamiento similar estadísticamente, que las estimaciones de precipitación obtenidas de imágenes satelitales TRMM3B43v7 son un gran aporte significativo para representar correctamente la precipitación, comparado con los datos observadas por el SENAMHI en la cuenca del río Ilave.

Palabras Clave: Precipitaciones, TRMM3B43v7, estaciones meteorológicas.



ABSTRACT

The present investigation was carried out with the objective of analyzing and comparing the monthly precipitations of the TRMM3B43v7 satellite images and the meteorological stations observed by SENAMHI, for the ILAVE - PUNO river basin. The estimation of precipitation is a complicated task in regions such as the Peruvian highlands, which have few meteorological stations, the rain gauges offer information on the point in situ where each of them are located and consequently the spatial variability cannot be Represented adequately, in the development of satellite precipitation products, it allows obtaining an approximate but not exact estimate of rainfall in areas, as long as these have been previously analyzed and compared with ground stations. For data analysis, the direct observation method was applied, using time series graphs and double mass consistency, where the TRMM3B43v7 satellite data showed consistency in the historical series, having results that are homogeneous, therefore it is interpreted as Okay. Regarding the second objective, when comparing the data of the 12 stations, which, as shown in the annexes, the result of the statistical indicators, indicates an index of the coefficient of determination (R^2) between (0.6968 - 0.8606) that It is valued as “satisfactory”, indicating a statistically similar behavior, that the precipitation estimates obtained from TRMM3B43v7 satellite images are a great significant contribution to correctly represent the precipitation, compared to the data observed by SENAMHI in the Ilave river basin.

Keywords: Precipitation, TRMM3B43v7, weather stations.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Hidrológicamente se comprende por el recurso hídrico a la cantidad de agua que se tiene en un sistema hidrológico para suministrar la demanda actual y futura, esta cantidad podría provenir directamente de la lluvia o de los ríos, quebradas, lagunas y entre otros (Carita et al., 2009), a su vez la precipitación es una de las variables meteorológicas más importantes para determinar los procesos hidrológicos en una cuenca (Laura & Felipe, 2013), el agua al ser un bien natural y un bien social, tiene que distribuirse primeramente para satisfacer las necesidades humanas básicas (Copa Laruta, 2018).

En la cuenca Ilave las fuentes del recurso hídrico son limitados, principalmente en las zonas altas (Pari Carrion, 2015), el comportamiento de la precipitación pluvial en los últimos años resulta una pequeña disminución, ocasionando cambios en los patrones de lluvias por causas del cambio climático, así mismo en las zonas bajas se tiene una tendencia moderada de aumento, en zona media se tiene una moderada con descenso de lluvias, la zona alta presenta ausencia de lluvias (Noa Aliaga, 2016).

Se sabe que la precipitación constituye un aspecto principal en el ciclo del agua, la información de lluvia es necesaria para realizar cualquier proyecto similares a temas ambientales o recursos naturales (Calle Cordero, 2016), las mediciones de precipitación son llevadas a cabo mediante el empleo de estaciones pluviométricas de superficie (Copa Laruta, 2018), en estos tiempos se ha visto dificultoso obtener informaciones actuales en precipitaciones de distintos lugares a trabajar, por tanto, deben buscarse métodos alternativos más accesibles para adquirir estos datos.



Una de estas alternativas podría ser el TRMM3B43v7 (Tropical Rainfall Measuring Mission), satélite que fue lanzado el 27 de noviembre de 1997 a una altura de 350 km en una misión conjunta entre Estados Unidos y Japón.

El TRMM 3B43v7, es una conjunción de exploración espacial entre la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA) y la Agencia de Exploración Aeroespacial japonesa (JAXA), diseñada para monitorear y estudiar las lluvia tropicales y subtropicales, brindando información de alta cobertura espacial y alta resolución temporal (Parkinson et al., 2006), la lluvia del TRMM 3B43v7, utilizada en el presente trabajo, es producida por el algoritmo 3B43 versión 7, resolución espacial horizontal de $0.25^\circ \times 0.25^\circ$, cobertura geográfica de 50°S - 50°N en latitud y 180°W - 180°E en longitud, abarcando una mayor extensión e información espacio-temporal que las obtenidas por las estaciones meteorológicas convencionales, sin embargo la información que utilizan los algoritmos tiene una fuerte relación en términos físicos con los hidrometeoros, que resultan en el dato de precipitación, pero cada satélite individualmente provee información en intervalos de tiempo y espacio que no son suficientes para obtener un dato preciso de la ocurrencia de precipitación (Huffman & Bolvin, 2015).

Son fundamentales obtener estimaciones donde no se han colocado pluviómetros y en periodos de tiempo de los que no se tienen registros, caso real sucede en el área de estudio del presente proyecto, donde se aprecia poca presencia de estaciones por el centro de la misma, de esta manera se propone realizar un análisis de los datos de precipitaciones de dos tipos: datos in situ del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de Perú (SENAMHI) y datos obtenidos desde el satélite que opera bajo el proyecto TRMM3B43v7 (Tropical Rainfall Measuring Mission).



1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En este presente trabajo se plantea conocer la variación espacial de la precipitación en lugares que no existen estaciones meteorológicas empleadas para su medición, quien ha sido siempre un problema principalmente a las limitadas estaciones meteorológicas y su distribución en la Cuenca del rio Ilave.

Para ello se busca analizar el comportamiento de la precipitación del SENAMHI para luego ser comparar con las precipitaciones obtenidas por imágenes de satélite TRMM 3b43v7

En ciertas zonas del mundo, la información meteorológica es corto o no existen (Discharges et al., 2019), para la comprensión de su actuación espaciotemporal es muy importante, esencialmente en problemas climáticos (Carrasco et al., 2010).

En la actualidad la variación del cambio climático influye en la agricultura de las zonas andinas (Olivares et al., 2016) el autor concluye que, el cambio climático también modifica las precipitaciones, ocasionando problemas de deforestación, alteraciones antrópicas y sus consecuencias (Bonilla-ovallos & Mesa, 2017), como las sequías que son desastres muy complicados que afectan en distintos lugares del mundo (Acuña et al., 2015), y modificando sustancialmente el medio ambiente, las actividades humanas y su desarrollo social (Olivares et al., 2016) y en otros lugares existe efectos erosivos por las precipitaciones generando más problemas (Gaspari et al., 2007), por la falta de información pluviográfica con registros suficientemente prolongados (Scasserra, Daiana;Uriburu Quirno, 2016).

Para dar con el valor de la precipitación en una cuenca se utiliza constantemente la red de pluviómetros disponibles instalados superficialmente, la cual puede ser convencional o automática, en varios casos esta red es poca o no funcionan en los tiempos



operativos para la determinación de situaciones de desastres (Díaz, Gonzalo M. ;Cerrudo, Carolina G. ;Juarez, Sabrina H. ; Ferreira, 2019), la medición de precipitación en tierra es muy confusa, por su fisiografía y accesibilidad; no hay una buena distribución entre estaciones pluviométricas, razón a ello no se cuenta con datos de muchos lugares (Calle Cordero, 2016), donde la disponibilidad de información de alta resolución y de buena calidad es esencial (Carrasco et al., 2010).

En nuestro país; las estaciones pluviométricas que hay actualmente son pocas, con escaso registro histórico de datos y una gran cantidad de las existentes no funcionan correctamente (Cacñahuaray Huillcahuari, 2015), y están mal distribuidos, especialmente en países en desarrollo como el nuestro (Alexander et al., 2018), este problema es una limitante para la estudio hidrológica de una cuenca; no obstante, en estos últimos tiempos, el crecimiento de la tecnología de teledetección ha traído una oportunidad sin complejidad para la estimación de la precipitación (Chen & Li, 2016).

Se ha reconocido un problema en el régimen hídrico de caudales del río Ilave en el Altiplano peruano para el periodo 2011-2015, de acuerdo con el balance hidrológico realizado, el déficit hídrico se debe a la disminución de las precipitaciones (Zubieta et al., 2018), dice también que hay estaciones meteorológicas que registran precipitación, cuya captación de lluvia solo es representativa en un radio de 25 km² alrededor y que en varios lugares no se cumple con este criterio sobre todo en las zonas elevadas de la cuenca, existiendo vacíos que podrían influir directamente en la modelación hidrológica (Lujano Laura et al., 2015), un factor que imposibilita una toma de decisiones adecuada para una mejor gestión del riesgo de inundaciones es la escasa disponibilidad de información pluviométrica dado el bajo número de estaciones dentro de la cuenca (Alexander et al., 2018).



Ahora en estos tiempos, el progreso de productos satelitales de precipitación permite alcanzar una estimación cercana mas no exacta de las lluvias en lugares no cubiertas y de casi imposible llegar (indicándose en zonas altas y montañosas), con tal que estos datos hayan sido previamente validados en comparación con estaciones en superficie (Asurza Veliz, 2017), la información de precipitación que brinda los satélites podrían ser una única manera de elección en sitios y en áreas remotas (Discharges et al., 2019), en La actualidad varios organismos decidieron en considerar el uso de las informaciones de la precipitación a partir de series cosas que ocurren por carencia de estas, se deduce que esta herramienta es muy útil para conseguir información de sitios inaccesibles, o áreas de interés sin estaciones pluviométricas. (Coaquira Quispe, 2018)

1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.2.1. Definición del problema general

Este trabajo de investigación, parte de la siguiente interrogante:

- ¿Cuáles son las diferencias de las precipitaciones medias mensuales de las imágenes satelitales TRMM3B43v7 con las estaciones meteorológicas observadas por el SENAMHI para la cuenca del rio Ilave - Puno?

1.2.2. Definición de problemas específicos

Se plantearon las siguientes interrogantes específicas, a fin de definir y alcanzar objetivos claros en la presente investigación:

- ¿Los datos de precipitación directos (crudos) obtenidas mediante las estaciones meteorológicas y los datos extraídos de imágenes satelitales TRMM3B43v7 se podrá analizar de los años 2011 al 2018 para la cuenca del rio ILAVE – PUNO?



- ¿Es necesario realizar un análisis comparativo de las precipitaciones mensuales obtenidas a través de las imágenes satelitales TRMM3B43v7 con la información de las estaciones meteorológicas del SENAMHI de los años 2011 al 2018, como complemento a la escasez de información pluviométrica para la cuenca del río Ilave – Puno?

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación es pertinente, puesto que nace de la inaccesibilidad de datos de precipitación en lugares que no existen estaciones meteorológicas en la cuenca del río Ilave, porque la precipitación es un factor importante en el comportamiento del clima y de los fenómenos naturales, la estimación de precipitación es una tarea complicada en regiones como es el caso del altiplano peruano que se cuenta con pocas estaciones meteorológicas, los pluviómetros nos ofrecen información del punto in situ donde están ubicadas cada uno de ellas y por consecuencia la variabilidad espacial no puede ser representada adecuadamente, a razón de estos es que los productos de los satélites se han convertido en ventajosas instrumentos para valuar precipitaciones, son muy fundamentales para estimar datos de precipitaciones donde no se encuentran estaciones o cuando no se haya registrado los datos.

La determinación de la distribución espaciotemporal de las precipitaciones es importante para modelos hidrológicos, fluviales y de crecidas empleados en la predicción de eventos hidrometeorológicos, así como también para el análisis y pronóstico de sequías para la gestión de los recursos hídricos (Chen & Li, 2016), hasta el momento los pluviómetros ofrecen las mediciones más sencillas y confiables, pero sin embargo, los pluviómetros ofrecen mediciones puntuales, y las diferentes técnicas de interpolación para distribuir las espacialmente tienen asociados errores potenciales (Huffman & Bolvin, 2015), y los radares meteorológicos tienen la capacidad de proporcionar la estructura



interna espacial de las precipitaciones en tiempo real sobre áreas extensas, presentando como inconvenientes asociados a los errores debido a la intercepción del haz en zonas montañosas.

1.4. LIMITACIONES DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En el presente proyecto de investigación se tuvo limitaciones como:

Escasos datos actualizados del servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú (SENAMHI).

Datos incompletos del servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú (SENAMHI).

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. Objetivo general

Analizar y comparar las precipitaciones medias mensuales de las imágenes satelitales TRMM 3b43v7 y las estaciones meteorológicas observadas por el SENAMHI para la cuenca del río ILAVE – PUNO.

1.5.2. Objetivos específicos

Analizar las precipitaciones obtenidas a través de las imágenes satelitales TRMM 3b43v7 y las observadas por el SENAMHI de los años 2011 al 2018 para la cuenca del río ILAVE – PUNO.

Comparar las precipitaciones mensuales obtenidas a través de las imágenes satelitales TRMM 3b43v7 y las precipitaciones mensuales observadas por el SENAMHI de los años 2011 al 2018 para la cuenca del río Ilave – Puno.



CAPÍTULO II

REVISIÓN LITERARIA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Antecedentes internacionales

“Evaluación de Imágenes Satelitales de Precipitaciones (TRMM 3B43 mensual) en Región Costa , Sierra y Oriente del Ecuador”, tesis del pregrado presentado por (Castro Loaysa, 2014) en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad de Cuenca – Ecuador, donde se tuvo como objetivo evaluar las precipitaciones de las imágenes satelitales en base a la comparación de dichas estimaciones con los datos registrados en las estaciones meteorológicas del SENAMHI, el método de evaluación de imágenes consta de la precipitación media mensual multianual, errores estadísticos e índices de detección, las medidas de sesgo, raíz del error medio cuadrado y coeficiente de correlación de Pearson son utilizadas para comparar las estimaciones satelitales con las de los pluviómetros. Se encontró como resultados a la calidad de datos de las series de tiempo fue comprobada por proporcionalidad (comparación con estaciones cercanas) y homogeneidad (tendencia constante de la media en cada estación); además se verificó que las estaciones tuvieran un porcentaje de vacíos menor al 20%. Se encontró que la estacionalidad de la precipitación está representada adecuadamente por el producto satelital en forma cualitativa en todo el Ecuador. Cuantitativamente, los valores del algoritmo TRMM 3B43 son más acertados en las regiones Costa y Oriente que en la región andina.

“Estimaciones de precipitación por satélite en el área Subtropical de Sudamérica : análisis y validación”, tesis de pregrado presentado por (Paula et



al., 2015) en el departamento de Ciencias de la Atmosfera y los Océanos de la Universidad de Buenos Aires, donde evaluó el desempeño de las estimaciones de precipitación por satélite disponibles sobre Sudamérica realizando una validación cada 24 horas, y caracterizar los errores de acuerdo a los diferentes regímenes de precipitación. Los estadísticos clásicos que se utilizaron son: la raíz cuadrada del error cuadrático medio (RMSE), que proporciona una medida del valor medio de los errores de las estimaciones de precipitación, y el sesgo (BIAS), que representa el error sistemático de las mismas. Los resultados analizados, indicaron que las estimaciones de precipitación que incluyen datos de microondas resultaron de mejor calidad, y el ajuste con datos pluviométricos mejoró su rendimiento. Al sur de Sudamérica, CoSch se apartó favorablemente del resto de las estimaciones, 3B42 V7 obtuvo mejores resultados con respecto a 3B42 V6, mientras que 3B42 RT y CMORPH, mostraron un mayor grado de sobrestimación en los eventos más intensos de precipitación, con una subestimación de HYDRO en todos los trimestres y la mayoría de los umbrales.

2.1.2. Antecedente nacional

“Modelamiento hidrológico de la sub cuenca del río pachachaca con precipitación proveniente de satélite, departamento de Apurímac”, tesis de pregrado presentado por (Cuadros Loayza, 2020) en la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, con el objetivo de desarrollar el modelado hidrológico y evaluar la utilidad de la precipitación proveniente de satélite para estimar la oferta hídrica en la sub cuenca del río Pachachaca. mediante el método de corrección del sesgo usando precipitación observada homogénea estadísticamente en una serie histórica de datos diarios del 01/01/1998 al 31/12/2013, se ha calculado la corrección de los productos de



precipitación satelital encontrando estadísticamente que el producto PISCOcorr y los datos originales del producto PISCO se asemejan más a la precipitación observada.

“Estimación de precipitación por imagen satelital en la provincia de Huamanga, 2014 – 2016”, tesis del pre grado presentado por (Conde Carrión, 2018) en la Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, con el objetivo de evaluar las estimaciones de precipitación por satélite utilizando la serie de datos de las 5 estaciones meteorológicas activas de la provincia de Huamanga para el periodo 2014 al 2016. Los resultados obtenidos muestran que las estimaciones de precipitación de imágenes satelitales mensuales representan de forma cualitativa a la precipitación registrada en las estaciones meteorológicas. Además, los resultados de las medidas de evaluación de errores estadísticos resultaron satisfactorios para la escala mensual por lo que se concluye que cuantitativamente son calificados como satisfactorio pero que necesitan corrección, por eso se generó mapas de los coeficientes de regresión lineal para cada mes y para cada logaritmo GPM 3IMERG y TRMM 3B43 para el periodo 2014 – 2016 para poder corregir en zonas donde no se cuenta con estaciones meteorológicas.

“Respuesta Hidrológica Distribuida Mediante Precipitación por Satélite TRMM en la Cuenca Del Río Mantaro”, tesis del pre grado realizado por (Huaman, 2018), en la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Huancavelica, determino el desempeño del modelo distribuido en la respuesta hidrológica mediante precipitación obtenida por satélite TRMM en la cuenca del río Mantaro, asimismo determinar la incidencia de los factores de almacenamiento estático, evaporación, infiltración, escorrentía, percolación, Inter



flujo, flujo subterráneo profundo, flujo base, y velocidad de flujo en la respuesta hidrológica distribuida a través del proceso de calibración. Para lograr los objetivos planteados, se ha hecho uso del modelo distribuido TETIS, a partir del producto 3B42 (precipitación diaria) del satélite TRMM, distribuidos en 26 celdas, consideradas como estaciones sintéticas dentro de 18,279.0 km² de área. Asimismo, el control de caudales observados, se ha considerado la estación hidrométrica Mejorada, el mismo que cuenta con información diaria de caudales, perteneciente a Electroperú. Los resultados han sido evaluados de acuerdo al estadístico Nash-Sutcliffe. Mediante la etapa de calibración, el valor igualo a 0.7825, el mismo que califica como muy bueno.

“Validación y corrección de la precipitación estimada por satélite del producto CHIRPS, usando el modelo de redes neuronales artificiales en la cuenca del rio Vilcanota - Región Cusco”, tesis del pre grado presentado por (Delgado Quispe, 2019) en la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Andina del Cusco, evaluó la calidad de la precipitación estimada por satélite CHIRPS, con información grillada a una resolución espacial de 0.05° x 0.05° (~ 5*5 km), con respecto a la precipitación observada por los pluviómetros. Para la precipitación diaria CHIRPS, de 20 estaciones meteorológicas, se concluye que, a pesar de tener mayores probabilidades de acertar en la detección, todavía existe un gran porcentaje considerable que se manifiesta como falsa alarma, a pesar de que el 35% de las estaciones muestran sesgo muy bueno, la totalidad de estaciones muestra la eficiencia como insatisfactorio y correlación mala e incluso en ciertos casos no hay correlación, comparado con otros productos; PISCO es mejor que CHIRPS y CHIRPM. En la precipitación mensual, de 31 estaciones meteorológicas, en general, hay mayores Probabilidades de Detección que la



generación de Falsa Alarma, Sesgo muy bueno y bueno, Eficiencia muy buena y buena y Correlación excelente y buena. Se obtienen mejores resultados de sesgo, eficiencia y correlación en la variación estacional que anual. En la precipitación mensual, estacional y anual, PISCO tiene mejores indicadores que CHIRPS y CHIRPM, excepto en las estaciones que no se utilizó para la generación de PISCO.

2.1.3. Antecedente local

“Validación de la precipitación estimada por satélite TRMM y su aplicación en la modelación hidrológica del río Ramis Puno Perú”. Investigación presentada por (Lujano Laura et al., 2015), “. Artículo publicado por la revista *Investigación Alto Andino*, con el siguiente objetivo de validar las precipitaciones estimadas por satélite y su aplicación en la modelación hidrológica del río Ramis, se realizó mediante una comparación entre datos observados en ambos casos para el periodo enero de 1998 a diciembre 2013. Los resultados obtenidos indican en considerar fiable la lluvia estimada por satélite y se puedan utilizar como alternativa en zonas sin información, dado que el coeficiente de determinación en la validación de precipitaciones es igual a 0.86 con un sesgo porcentual de +21.7% y como datos de entrada en la modelación hidrológica para transformar lluvia en escorrentía, es aceptable con eficiencias de Nash-Sutcliffe igual 0.78 en la etapa de calibración y 0.75 en la validación. Se concluye que el producto de estimación satelital es válido en la cuenca del río Ramis.

“Análisis comparativo de precipitaciones medias mensuales utilizando datos de satélite TRMM 3b43 y estaciones meteorológicas en la cuenca Huancané Puno Perú” investigación presentada por (Coaquira Quispe et al., 2019) en la Revista científica de investigaciones ambientales, cuyo resumen es: El objetivo es



comparar los datos de precipitación obtenidos del satélite TRMM 3B43 con las precipitaciones registrados por las estaciones meteorológicas de SENAMHI. Y determinar la correlación existente entre los datos de precipitaciones de satélite TRMM 3B43 y Estaciones Meteorológicas de SENAMHI, al comparar la precipitación media mensual de satélite TRMM 3B43 con respecto a la precipitación media mensual registrada por SENAMHI los datos de precipitación de satélite TRMM 3B43 sin corregir nos muestran ($R^2 = 0.72$) así mismo una buena correlación ($r = 0.85$) pero no cuantifica adecuadamente la intensidad ($BIAS = + 21.61\%$). Sin embargo al realizar la corrección de datos inconsistente del satélite TRMM 3B43 las estimaciones de precipitaciones mejoran dando un coeficiente de determinación de ($R^2 = 0.90$), coeficiente de correlación ($r = 0.95$) y igualmente no cuantifica adecuadamente la intensidad ($BIAS = + 20.60\%$), en consecuencia los datos de precipitaciones medias mensuales de satélite TRMM 3B43 solo serán utilizados como datos complementarios a la escasa información registrada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).

Con el objetivo de evaluar la capacidad de los productos grillados de precipitación de la Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) y de la Global Precipitation Measurement (GPM), en su aplicación al modelamiento hidrológico en la Cuenca del río Huancané. Tesis de pregrado presentado por (Asurza Veliz, 2017) en la facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional Agraria la Molina, determina que IMERG representa correctamente los patrones de la precipitación ($R^2: 0.38$) pero no cuantifica adecuadamente la intensidad ($BIAS: - 32\%$). Por otro lado, el producto 3B42V7 capta muy bien la intensidad de lluvia en contraste con el 3B42RT que presenta elevadas sobrestimaciones. De igual manera, una evaluación inicial de los productos satelitales sin corregir utilizando



el modelo hidrológico agregado GR4J, evidencia que, en ausencia de datos observados, el producto 3B42V7 es la mejor opción para la estimación de las descargas. Finalmente, al realizar la corrección del sesgo por el promedio al producto IMERG, los resultados muestran que se mejora las estimaciones de la lluvia (R^2 : 0.9; BIAS: -10.1%) y en consecuencia, el IMERG corregido es el mejor producto satelital de precipitación para su aplicación al modelamiento hidrológico.

2.2. REFERENCIAS TEÓRICAS

2.2.1. Precipitación

Desde el punto de vista de la ingeniería hidrológica, la precipitación es la fuente primaria del agua en la superficie terrestre, y sus mediciones forman el punto de partida de la mayor parte de los estudios concernientes al uso y control del agua. En este capítulo se estudiarán dos aspectos fundamentales de la precipitación: por un lado, la manera en que se produce y algunos métodos con que se puede predecir dadas ciertas condiciones atmosféricas, para lo cual será necesario revisar algunos aspectos básicos de meteorología y, por otro, la manera en que se mide la precipitación y diversos criterios para el análisis, síntesis, corrección y tratamiento de los datos (Cahuana & Yugar, 2009).

La precipitación, es toda forma de humedad que, originándose en las nubes, llega hasta la superficie del suelo; de acuerdo a esta definición la precipitación puede ser en forma de lluvias, granizadas, garuas y nevadas. (Villón, 2002)

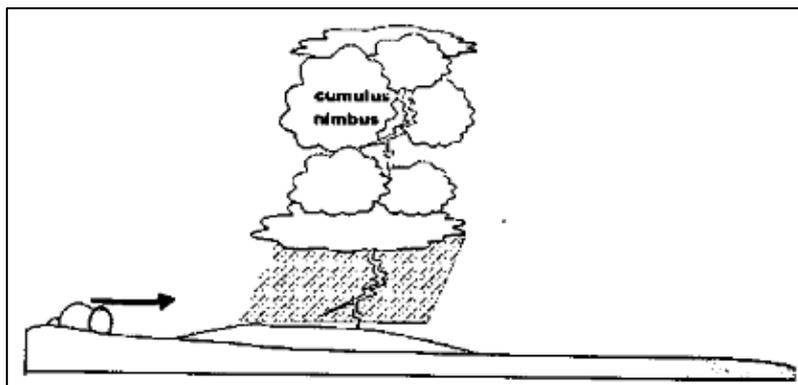
2.2.2. Clasificación de la Precipitación.

La formación de la precipitación, requiere de la elevación de una masa de agua en la atmosfera, de tal manera que se enfríe y parte de su humedad se condense. Atendiendo al factor que provoca la elevación del aire en la atmosfera, la precipitación se clasifica en:

Precipitación de convección. En tiempo caluroso una abundante evaporación a partir de la superficie del agua, formando grandes masas de vapor de agua, que, por estar más calientes, se elevan sufriendo un enfriamiento de acuerdo a las adiabática seca o humedad. Las masas de vapor se acumulan en los puntos llamados **células de convección**, a partir de este punto, estas masas pueden seguir elevándose hasta llegar a las grandes alturas, donde encuentran condiciones que provocan la condensación y la precipitación. Son precipitaciones propias de las regiones tropicales, donde las mañanas son muy calurosas, el viento es calmo y hay una predominancia de movimiento vertical del aire.

Figura 1

Precipitación de convección.



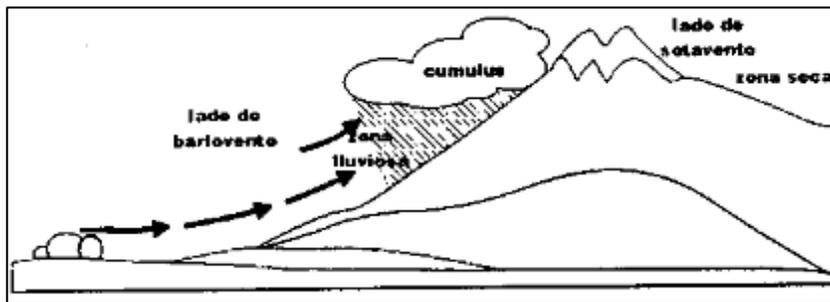
Nota. La figura representa a la precipitación de clase de convección.

(Villón, 2002)

Precipitación orográfica. Se producen cuando el vapor de agua que se forma sobre la superficie de agua es empujado por el viento hacia las montañas, aquí las nubes siguen por las laderas de las montañas, y ascienden a grandes alturas, hasta encontrar condiciones para la condensación y la consiguiente precipitación.

Figura 2

Precipitación orográfica.



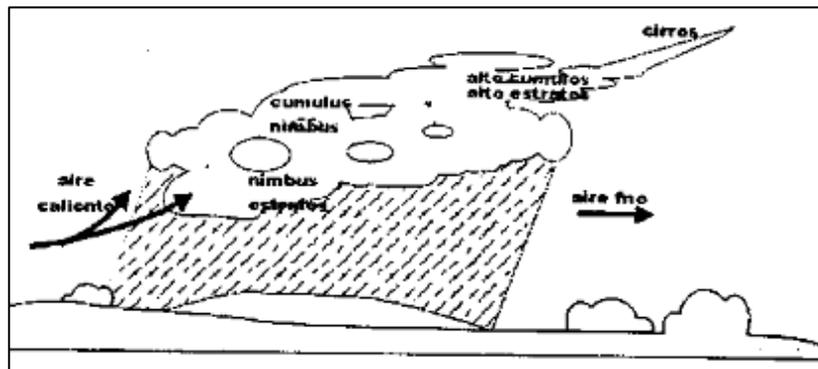
Nota. La figura representa a la precipitación de clase orográfica.

(Villón, 2002)

Precipitación ciclónica. Se producen cuando hay un encuentro de dos masas de aire, con diferente temperatura y humedad, las nubes más calientes son violentamente impulsadas a las partes más altas, donde pueden producirse la condensación y precipitación. Están asociadas con el paso de ciclones o zonas de baja presión.

Figura 3

Precipitación ciclónica.



Nota. La figura representa a la precipitación de clase ciclónica (Villón, 2002).

2.2.3. Cálculo de Precipitación

2.2.3.1. Precipitación Puntual

Los eventos de lluvia se miden y/o se registran en puntos denominados estaciones pluviométricas, en la cuenca de Ilave la precipitación media, estos puntos son medidos por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, mediante los cuales se efectúa un registro continuo. Los valores puntuales permiten determinar la frecuencia y carácter del evento en las inmediaciones del punto de medición. Los datos puntuales se usan colectivamente para estimar la variabilidad de la lluvia sobre el área.

2.2.3.2. Medición de Precipitación

La lluvia se mide en términos de la altura de lámina de agua (hp), y se expresa comúnmente en milímetro. Esta altura de lámina de agua, indica la altura del agua que se acumularía en una superficie horizontal, si la precipitación permaneciera en una superficie horizontal. Los aparatos

de medición, se basan en la exposición a la intemperie de un recipiente cilíndrico abierto en su parte superior, en el cual se recoge el agua producto de la lluvia u otro tipo de precipitación, registrando su altura. Los aparatos de medición, se clasifican de la siguiente manera:

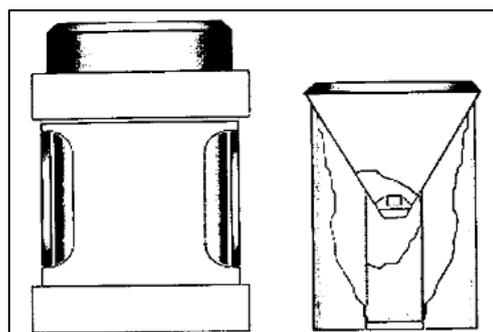
- Pluviómetros
- Pluviógrafos
- Radares
- Satélites

Pluviómetros:

Consiste en un recipiente cilíndrico de lámina. De aproximadamente 20 cm de diámetro y de 60 cm de alto. La tapa del cilindro es un embudo receptor, el cual se comunica con una probeta de sección 10 veces menor que de la tapa.

Figura 4

Pluviómetro.



Nota. La figura representa al aparato de medición de precipitación pluviométrico (Villón, 2002).



Esto permite medir la altura de lluvia en la probeta, con una aproximación hasta decimos de milímetros, ya que cada centímetro medido en la probeta, corresponde a un milímetro de altura de lluvia, para medirla se saca la probeta y se introduce una regla graduada, con la cual se toma la lectura generalmente se acostumbra realizar una lectura cada 24 horas (Villón, 2002).

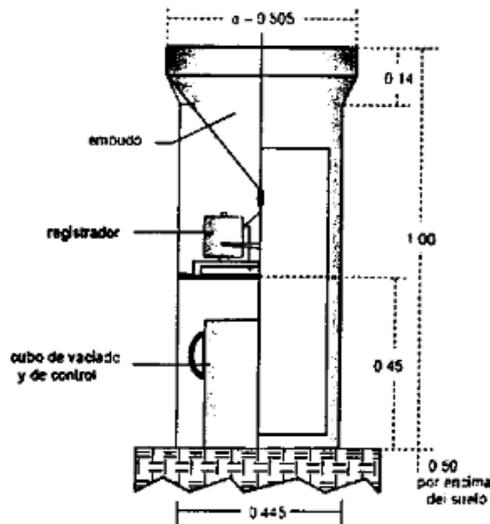
Pluviógrafo:

Es similar al pluviómetro con la adición de un sistema de registro continuo de alturas de lluvia, basado en flotadores que causan el desplazamiento de una aguja sobre un papel graduado, colocado sobre un cilindro giratorio ligado a un reloj.

Debido a la importancia de este dato, se debe tener especial cuidado en la elección del sitio para la instalación del aparato de medición, en cuanto a su facilidad de acceso, como de evitar factores que distorsionan la medición como cercanías de árboles o edificios y cumplir las normas que se han establecido.

Figura 5

Pluviógrafo.



Nota. La figura representa al aparato de medición de precipitación pluviométrico (Villón, 2002).

Radares Meteorológicas:

Los radares son instrumentos de monitoreo atmosférico de gran alcance que permiten la evaluación de intensidades de lluvia con una alta resolución (alrededor de 60 km), tanto en el tiempo como en el espacio (Moshinsky, 1995).

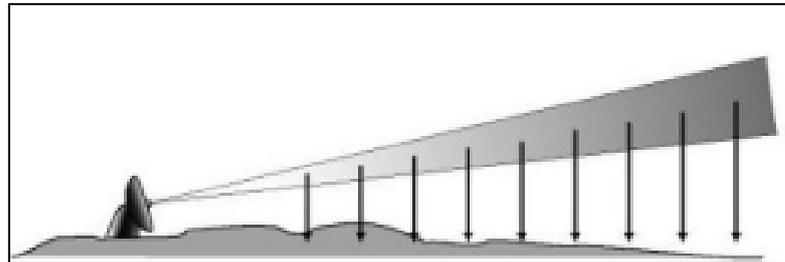
El radar meteorológico es un sistema que mide distancias, altitudes, intensidades y velocidades de formaciones meteorológicas a través de la potencia que reflejan las pequeñas gotas de agua presentes en la atmósfera.

La exploración de la atmósfera se realiza a través de una antena giratoria con varios ángulos de elevación, de esta manera se obtiene un volumen de reflectividades que, para su cómoda interpretación, debe ser

representado en el plano. Entre las formas más comunes de representación se tiene el indicador de posición en el plano y el indicador de posición en el plano a altitud constante, conocidos como PPI y CAPPI, respectivamente por sus siglas en inglés (Navas et al., 2015).

Figura 6

Representación 2D a través de un PPI.



Nota. La figura representa como trabaja los radares a través de representaciones 2D a través de un PPI (Navas et al., 2015).

Las primeras detecciones de ecos provenientes de precipitaciones se hacen en Inglaterra en 1940. Para ese entonces son definidas como un ruido indeseable en la señal. “Radar echoes from atmospheric phenomena” (Bent, 1943) es la primera publicación que hace referencia a la detección de lluvia con el radar.

Satélites:

Los productos de precipitación basados en satélites han facilitado cada vez más la estimación de precipitaciones en gran parte del mundo y se han convertido en una alternativa complementaria para aplicaciones hidrometeorológicas y estudios sobre el clima en regiones no monitoreadas. Entre ellas se encuentran los datos del Tropical Rainfall Measuring Mission.



2.2.3.3. Recopilación de información

La institución oficial encargada para la medición, recopilación y distribución de información hidrometeorológica en nuestro país es el SENAMHI (Servicio Nacional de meteorología e Hidrología) con su página oficial de acceso a datos meteorológicos <https://www.senamhi.gob.pe/?p=descarga-datos-hidrometeorologicos>.

A ello se adiciona también instituciones y paginas oficiales para obtener información de precipitación como: INRENA, ANA, Ministerio de Agricultura y base de datos de la NASA <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>.

2.2.4. Meteorología

Es la ciencia encargada del estudio de la atmósfera, de sus propiedades y de los fenómenos que en ella tienen lugar, los llamados meteoros. El estudio de la atmósfera se basa en el conocimiento de una serie de magnitudes, o variables meteorológicas, como la temperatura, la presión atmosférica o la humedad, las cuales varían tanto en el espacio como en el tiempo

2.2.4.1. Meteorología Dinámica

Es el estudio de los procesos termo hidrodinámicos determinantes de los movimientos del aire y de los fenómenos por ellos producidos. Dentro de la meteorología dinámica se ha desarrollado, a partir del final del decenio de los cuarenta el estudio de modelos numéricos, para simular los procesos atmosféricos y para la predicción meteorológica numérica. Gracias a la rapidez de cálculo permitida en los ordenadores modernos, se están aplicando las teorías de la Meteorología dinámica directamente a



situaciones meteorológicas existentes para calcular su desarrollo futuro.

La Meteorología dinámica cubre los movimientos a todas las escalas (Jimenez, 2004).

2.2.4.2. Meteorología Física

Este campo abarca la termodinámica, la física de las nubes, la radiación, la composición química, y los fenómenos ópticos, eléctricos y acústicos de la atmosfera. Por aceptación general, no incluye la teoría matemática de los movimientos atmosféricos ni las fuerzas que los originan (que caen dentro del campo de la meteorología dinámica). La meteorología física y dinámica que suele ser tratada tanto en una rama como en la otra. Todas estas materias han recibido mucha atención en estos últimos años. Los expertos en meteorología física tienen la ventaja de que a la mayor parte de los problemas a tratar les pueden aplicar técnicas de la física experimental, y la mayoría de los experimentos pueden ser realizados tanto en el laboratorio como en la atmosfera libre (Draghici et al., 2001).

2.2.4.3. Meteorología Sinóptica

Es esta la rama de la meteorología donde se efectúan el análisis y el estudio de la atmosfera a fin de entender su comportamiento y predecir su evolución futura. Las ciencias básicas de la meteorología sinóptica son la meteorología dinámica y física, siendo sus herramientas básicas los mapas del tiempo con observaciones síncrona que describen el estado físico tridimensional de la atmósfera.



2.2.4.4. Instrumentos Meteorológicos

Este campo añade a los instrumentos utilizados para detectar, localizar y medir (cualitativa o cuantitativamente) uno o varios elementos meteorológicos. Su importancia creciente se debe a la aparición de una variedad, cada vez más extensa de instrumentos. Los instrumentos meteorológicos abarcan desde los más sencillos encontrados en la mayor parte de las estaciones meteorológicas, tales como los barómetros, barógrafos y anemómetros, hasta los tipos más complejos, como son los radares, las estaciones meteorológicas automáticas y los satélites meteorológicos (Draghici et al., 2001).

2.2.5. Obtención de datos de SENAMHI

2.2.5.1. SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología)

Organismo público executor adscrito al Ministerio del Ambiente, tiene como misión generar y proveer información y conocimiento meteorológico, hidrológico y climático para la sociedad peruana de manera oportuna y confiable, contribuyendo de esta manera a la reducción de los impactos negativos producidos por los fenómenos naturales de origen hidrometeorológico con su página oficial de acceso a datos meteorológicos <https://www.senamhi.gob.pe/?p=descarga-datos-hidrometeorologicos>.



2.2.5.2. Completación de Datos.

El país tiene limitaciones en la disponibilidad de datos ya sea hidrométrico y la mayor parte de las cuencas hidrográficas no se encuentran instrumentadas. Muchas estaciones de precipitaciones tienen periodos faltantes en sus registros, debido a que el observador se ausenta o fallas instrumentales a menudo es necesario estimar algunos de estos valores faltantes.

Existen muchas formas de cumplir estas deficiencias, el grado de aceptación de uno de estos métodos depende de la cantidad de observaciones faltantes en un registro de datos de precipitaciones o descarga.

En el programa a utilizarse para la completación de datos fue el HEC-4.

Para cada estación y mes con registro incompleto, la búsqueda es hecha por largos registros entre las estaciones utilizadas, para encontrar lo que se más contribuyen a aumentar la fiabilidad de la computarizada estadística desde el registro incompleto. La desviación media y estándar se a continuación se ajusta.

2.2.5.3. Series temporales

Una serie temporal se define como una colección de observaciones de una variable recogidas secuencialmente en el tiempo. Estas observaciones se suelen recoger en instantes de tiempo equiespaciados. Si los datos se recogen en instantes temporales de forma continua, se debe o bien digitalizar la serie, es decir, recoger sólo los valores en instantes de



tiempo equiespaciados, o bien acumular los valores sobre intervalos de tiempo.

El estudio de una serie temporal puede tener distintas motivaciones. El tipo de análisis, así como los modelos en los que basemos el estudio, dependerán en gran medida del tipo de preguntas que queramos responder.

2.2.5.4. Análisis de correlación

El análisis de correlación se realiza para una serie circular discreta con la finalidad de determinar dependencia entre los registros.

2.2.5.5. Análisis de consistencia de doble masa

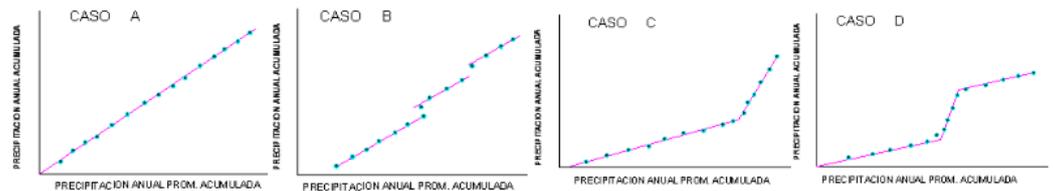
El análisis de consistencia de doble masa, relaciona la precipitación acumulada de una estación X (estación que se analiza) con el correspondiente valor medio de la precipitación acumulada de un grupo de estaciones vecinas. Si la estación que se analiza ha sido bien observada, los puntos deberán alinearse en una recta, pero si existe algún quiebre, o cambio de pendiente en la recta, ello indicará que la estadística de la estación analizada debe ser corregida.

Los registros a corregir serán, por lo general, los más antiguos y se harán con base en los registros más recientes, ya que se considera que los datos de los últimos años son realizados con una mejor técnica que la empleada en sus predecesores.

Los casos más frecuentes se ilustran a continuación:

Figura 7

Casos de series de análisis de doble masa.



Nota. La figura representa 4 diferentes casos de representación de análisis de doble masa.

Caso A: La serie de puntos encaja perfectamente en una línea recta, lo que indica proporcionalidad, y, por lo tanto, la estación que se analiza es consistente.

Caso B: *Series de rectas paralelas.* Lo cual nos indica proporcionalidad, aunque existan años que estén medidos por exceso o defecto.

Caso C: *Cuando se forman dos rectas de diferentes pendientes,* se tiene un caso típico de error sistemático. La corrección se realiza por la relación de pendientes del tramo más antiguo ya que la experiencia demuestra en un 80% el periodo más moderno es el correcto.

Caso D: *La estación presenta un tramo central de mayor o menor pendiente;* en el 95 % de los casos, dicho tramo se midió incorrectamente, por lo que habrá que corregirlo para homogeneizar la serie.

2.2.6. Fundamento de las precipitaciones del satélite TRMM 3b43v7

2.2.6.1. Principios y fundamentos de la teledetección

La Percepción Remota o Teledetección (remote sensing) es la ciencia y el arte de obtener información útil (espacial, espectral y temporal) de un objeto, área o fenómeno a través del análisis e interpretación de datos



de imágenes adquiridos por un equipo que no está en contacto físico con el objeto, área o fenómeno bajo investigación (Copa Laruta, 2018).

La Teledetección se define como el conjunto de conocimientos y técnicas utilizados para determinar características físicas y biológicas de objetos mediante mediciones a distancia, sin el contacto material con los mismos (Darteyre, 1992). La percepción remota no engloba sólo procesos que permiten obtener una imagen desde el aire o el espacio, sino también su posterior tratamiento en el contexto de una determinada aplicación.

En otras palabras, la Teledetección se describe como la técnica de adquisición y posterior tratamiento de datos de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales, en virtud de la interacción electromagnética existente entre la tierra y el sensor, siendo la fuente de radiación ya sea proveniente del sol (Teledetección pasiva) o del propio sensor (Teledetección activa) (Copa Laruta, 2018).

Para interpretar los conceptos de Teledetección que hemos detallado anteriormente podemos asimilarlos a nuestra observación de un objeto.

Existen dos tipos de percepción remota:

Percepción Pasiva: es cuando se utilizan fuentes de radiación de energía natural como la radiación solar y la radiación emitida por la interacción tierra atmósfera.

Percepción Activa: se presenta cuando la irradiación utilizada proviene de una fuente artificial, por ejemplo, desde el mismo sensor.

Un sistema de teledetección se encuentra compuesto esencialmente por 2 elementos: la plataforma (satélite) y el sensor (sensor remoto), sin

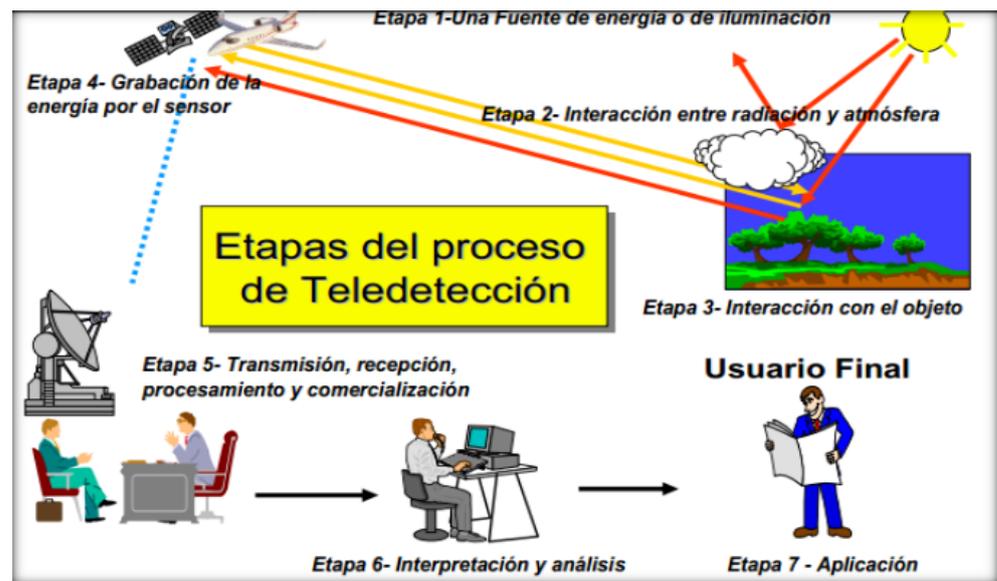
restarle importancia a los demás elementos como el objeto, la fuente de energía, el sistema de transmisión y la función del usuario. A continuación, se presentan en detalle los dos elementos esenciales, línea base de esta investigación y algunos programas espaciales de teledetección (Copa Laruta, 2018).

2.2.6.2. Componentes de un Sistema de Teledetección

Para el proceso de la Teledetección se incluyen siete etapas que son las siguientes:

Figura 8

Etapas del proceso de la teledetección.



Nota. La figura representa las etapas que tiene la teledetección para el procesamiento de datos (Vera, 2008).

Etapa 1.- Fuente de energía o iluminación. - El principio de todo proceso de teledetección se encuentra necesariamente una fuente de energía para “iluminar” la superficie terrestre, que podrá ser el sol o una



energía generada por el propio sensor, que se encuentra en una plataforma, ya sea un avión o satélite.

Etapa 2- Interacción entre radiación y atmósfera. - Durante el trayecto entre la fuente de energía y los objetos, la radiación interactúa con la atmósfera. Una segunda interacción ocurre durante el trayecto entre los objetos y el sensor.

Etapa 3- Interacción con el objeto. - Una vez llegada al objeto, la energía interactúa con la superficie del objeto y esta interacción depende de las características de la radiación y de la superficie.

Etapa 4- Grabación de la energía por el sensor. - Una vez que la energía es emitida por el objeto, esta debe ser captada a distancia (por un sensor que no está en contacto con el objeto) para ser grabada en el sistema del sensor/plataforma.

Etapa 5- Transmisión, recepción, procesamiento. - La energía grabada por el sensor es transmitida o entregada a una estación de recepción donde la información es traducida en imágenes (digitales o fotográficas), generalmente en relación directa con la comercialización.

Etapa 6- Interpretación y análisis. - Se requiere una interpretación visual y/o digital de la imagen procesada para extraer la información deseada sobre el objeto.

Etapa 7- Aplicación. - La última etapa del proceso consta en utilizar la información extraída de la imagen para conocer mejor el objeto de manera que permita la resolución de un problema en particular.



2.2.6.3. Satélites

Los satélites originalmente son considerados como cuerpos encargados de realizar un movimiento alrededor de un objeto de mayor tamaño. Existen los naturales como las lunas y los artificiales construidos por el hombre. Estos últimos son los que observan el planeta mediante sensores multiespectrales, realizando tareas como: localizar recursos naturales, vigilar las condiciones de los cultivos, el grado de deforestación, el avance de la contaminación en los mares y muy importante, conocer el comportamiento de variables meteorológicas como: precipitación, temperatura, radiación solar, entre otras (Copa Laruta, 2018).

El primer satélite con finalidad de aplicación exclusivamente meteorológica fue lanzado en abril de 1960, el TIROS-1 (Televisión Infrared Observation Satellite) por la NASA.

La clasificación de los satélites se realiza de acuerdo a su órbita. La órbita de un satélite es el camino que sigue alrededor de la Tierra. Estas órbitas se definen de acuerdo con la capacidad y el objeto de la misión del satélite. La selección de la órbita puede variar en términos de altitud (su altura sobre la superficie de la Tierra) y su rotación con respecto a la Tierra. Según su órbita los satélites se clasifican en dos tipos:

Satélites de órbita geoestacionaria

Satélites de órbita polar

Existen además satélites que no tienen órbitas polares ni geoestacionarias. En estos casos el recorrido de la órbita ha sido modificado para satisfacer requerimientos específicos de la ciencia. El TRMM es un ejemplo de este tipo de satélite. Está posicionado a 350 Km.



Por encima de la superficie terrestre y su órbita forma un ángulo de 35° sobre y debajo de la línea del ecuador, para mejorar la frecuencia de muestreo de la lluvia tropical (Copa Laruta, 2018).

2.2.6.4. Satélites meteorológicos

Los satélites meteorológicos proporcionan datos actualizados permanentemente, de las condiciones meteorológicas que afectan a grandes áreas geográficas.

Los satélites reciben la radiación electromagnética que emite y refleja la Tierra. La primera proviene de ella misma y la segunda proviene del Sol, pero se refleja en la superficie terrestre y en la atmósfera antes de alcanzar el satélite.

Los satélites captan determinadas frecuencias de esta radiación, de distinta intensidad dependiendo de las condiciones atmosféricas, para posteriormente procesar los datos y elaborar las imágenes que se recibirán en las estaciones en tierra, donde serán interpretadas.

Un satélite meteorológico cuenta con la instrumentación adecuada para captar información acerca de diversas propiedades del planeta Tierra, pero principalmente capta la radiación electromagnética de tipo visible e infrarrojo. A partir de esta información se elaboran dos tipos de imágenes de satélite, que reciben el nombre de la banda del espectro a la que corresponden (Copa Laruta, 2018).

2.2.6.5. Plataforma TRMM

Esta misión está enfocada al estudio y análisis de las precipitaciones, o variables relacionadas, sobre las regiones comprendidas entre los trópicos.

Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)

El Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM), es una misión conjunta entre la NASA y la Agencia de Exploración Aeroespacial de Japón (JAXA). Fue diseñado para monitorear y estudiar la lluvia tropical y la liberación de energía asociada que ayuda a impulsar la circulación atmosférica global, dando forma tanto al clima como al clima en todo el mundo, lanzada el 27 de noviembre de 1997, a bordo de un cohete japonés H-II. El TRMM 3B43v7 orbita no es síncrono solar e inicialmente estaba a una altitud de 350 km, hasta que el satélite fue impulsado a 402 km en el 22 de agosto de 2001. Los objetivos del TRMM 3B43v7 se centran en la lluvia y la energía, incluido el calor latente de condensación. Los principales instrumentos de lluvia en TRMM 3B43v7 son el generador de imágenes de microondas TRMM 3B43v7 (TMI), el radar de precipitación (PR) y el escáner de infrarrojos y visible (VIRS). Además, el satélite TRMM 3B43v7 lleva dos instrumentos EOS relacionados: las nubes y el sistema de energía radiante de la Tierra (CERES) y el sensor de imágenes de rayos (LIS). (Parkinson et al., 2006)

Algoritmo 3B43v7: La lluvia del TRMM, utilizada en el presente trabajo, es producida por el algoritmo 3B43v7, con resolución temporal mensual, de $0.25^\circ \times 0.25^\circ$, cobertura geográfica de $50^\circ\text{S} - 50^\circ\text{N}$ en latitud y $180^\circ\text{W} - 180^\circ\text{E}$ en longitud, abarcando una mayor extensión e

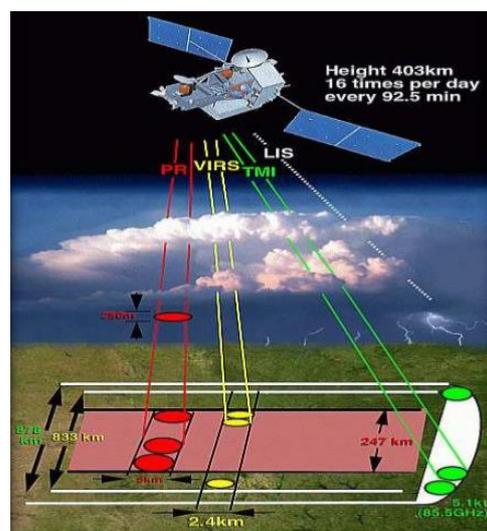
información espacio-temporal que las obtenidas por las estaciones meteorológicas convencionales, sin embargo la información que utilizan los algoritmos tiene una fuerte relación en términos físicos con los hidrometeoros, que resultan en el dato de precipitación, pero cada satélite individualmente provee información en intervalos de tiempo y espacio que no son suficientes para obtener un dato preciso de la ocurrencia de precipitación.

Según (Parkinson et al., 2006) **se tiene 5 Instrumentos:**

- Las nubes y el sistema de energía radiante de la Tierra (CERES)
- Sensor de imágenes de rayos (LIS)
- Radar de precipitación (PR)
- Generador de imágenes de microondas TRMM 3B43 (TMI)
- Escáner visible e infrarrojo (VIRS)

Figura 9

Instrumentos que utiliza el algoritmo 3B43v7.





Nota. La figura representa los instrumentos que utiliza el algoritmo 3B43v7 para llegar a desarrollar las imágenes satelitales que esta brinda.

Fuente: <http://trmm.gsfc.nasa.gov/>.

CERES

El instrumento CERES se describe en la sección Aqua

Las nubes y el sistema de energía radiante de la Tierra Radiómetro de banda ancha de tres canales ($0,3 > 100 \mu\text{m}$, $0,3\text{--}5 \mu\text{m}$, $8\text{--}12 \mu\text{m}$) diseñado para medir los principales elementos del balance de radiación de la Tierra.

LIS

Sensor de imágenes de rayos

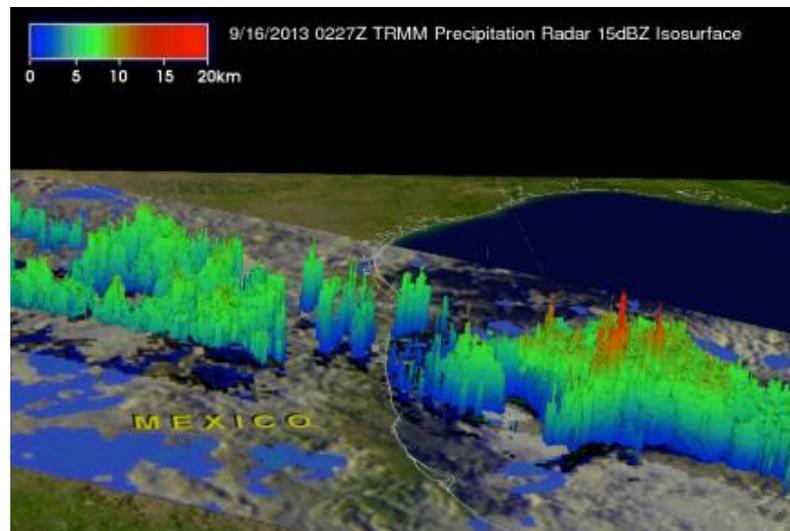
Investiga la distribución y variabilidad de los rayos sobre la Tierra con resolución espacial a escala de tormenta. Sistema de imágenes con filtro / telescopio fijo ($0,777 \mu\text{m}$) con resolución espacial de 5 km y resolución temporal de 2 ms en un área de imagen de $600 \text{ km} \times 600 \text{ km}$.

PR

Radar de precipitación

Figura 10

Radar de precipitación.



La figura 10 muestra cómo se representan las lluvias en un PR (radar de precipitación) (Mehta, 2016).

Mide la distribución tridimensional (3-D) de la lluvia tanto en tierra como en el océano, y define la profundidad de la capa de precipitación. Un radar de escaneo electrónico que funciona a 13,8 GHz; Campo de visión instantáneo de 4,3 km en el nadir; Franja de 220 km. Proporcionado por JAXA.

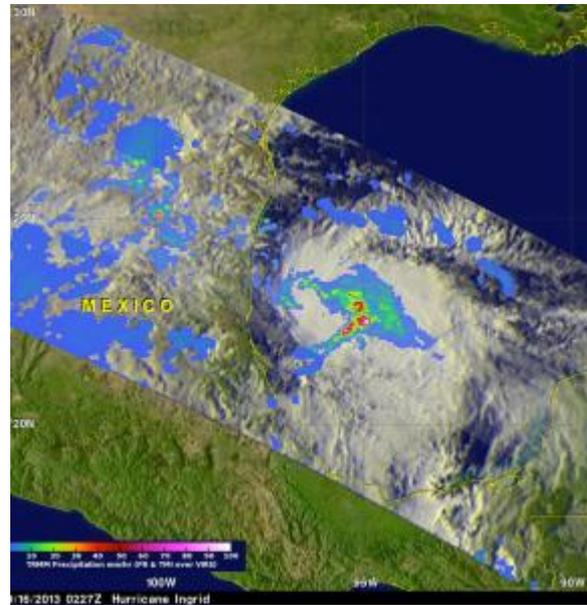
TMI

Generador de imágenes por microondas TRMM

Proporciona información sobre el contenido de precipitación de la columna integrada, el agua líquida de las nubes, el hielo de las nubes, la intensidad de la lluvia y los tipos de lluvia.

Figura 11

Generador de imágenes por microondas.



Nota. La figura representa información sobre el contenido de precipitación de la columna integrada por agua (Mehta, 2016).

TMI es un radiómetro de microondas pasivo diseñado para proporcionar información cuantitativa de lluvia en una amplia franja. Al medir cuidadosamente las diminutas cantidades de energía de microondas emitidas por la Tierra y su atmósfera, TMI puede cuantificar el vapor de agua, el agua de las nubes y la intensidad de la lluvia en la atmósfera. Es un instrumento relativamente pequeño que consume poca energía. Esto, combinado con la amplia franja y la buena información cuantitativa con respecto a la lluvia, convierte a TMI en el “caballo de batalla” del paquete de medición de lluvia en TRMM (Mehta, 2016)..

Un generador de imágenes de microondas pasivo de barrido cónico de nueve canales que realiza mediciones de 10 a 85 GHz, 37 a Resolución de 4,6 km respectivamente, cubriendo una franja de 760 km.

VIRS

Escáner visible e infrarrojo

Proporciona observaciones de alta resolución de la cobertura de nubes, el tipo de nubes y la temperatura / altura de las nubes. Un radiómetro de imagen transversal de cinco canales (0.62, 1.63, 3.78, 10.83 y 12,03 μm) con una resolución nominal de 2 km en el nadir y una franja de 720 km (Fattorelli, 1995).

2.2.6.6. Sensores Remotos

Los Sensores Remotos son instrumentos especializados que permiten obtener información de un objeto área o fenómeno, a través del análisis de datos adquiridos mediante un dispositivo, el cual no está en contacto directo con el objeto, área o fenómeno que ese está investigando.

La obtención de los datos involucra el uso de instrumentos llamados sensores capaces de ver o captar las relaciones espectrales y espaciales de objetos y materiales observables a una considerable distancia de aquellos.

Un sensor es el aparato que reúne la tecnología necesaria para captar imágenes a distancia y que es transportado en una plataforma. Puede captar información en diferentes regiones del espectro y son diseñados para que capten regiones específicas, que se denomina canales o bandas.

2.2.6.7. Imágenes de Satélite

Las imágenes de satélite representan las formas de captura indirecta de la información espacial, almacenadas como matrices, cada

elemento de imagen (llamado "píxel") tiene un valor proporcional a la reflectancia del suelo para el área de la imagen.

Píxel: Es la unidad visual más pequeña que se puede representar en una imagen de satélite. El sensor detecta la radiancia media de un objeto sobre la superficie equivalente al tamaño del píxel. Este valor se traduce a un valor numérico al que llamamos nivel digital, a partir del cual se realiza el tratamiento o procesamiento digital de las imágenes. Cada píxel tiene un valor numérico entero o real, que corresponde al nivel digital (ND) percibido, el cual se traduce en un valor de gris en la pantalla o nivel visual. El arreglo de varios píxeles genera la imagen que se puede interpretar como una matriz con coordenadas fila, columna.

Resolución de las Imágenes

La salida de radiación de la superficie terrestre (emitida o reflejada), es un fenómeno continuo en cuatro dimensiones (espacio, tiempo, longitud de onda y radiancia). Un sensor debe muestrear en este continuo discretizándolo (Copa Laruta, 2018). El modo en cómo se llevará cabo define los cuatro tipos de resolución con los que se trabaja en Teledetección:

Resolución espacial. Tamaño que representa cada elemento de la imagen (píxel), es decir, el área espacial a que corresponde la información.

Resolución temporal. Indica el intervalo de tiempo necesario entre cada imagen obtenida.

Resolución espectral. Indica la anchura espectral y número de bandas para las cuales es sensible el sensor. Cada banda corresponde a un

canal de información, de forma que, a mayor número de bandas más variables de caracterización.

Resolución radiométrica. Es indicativa de la sensibilidad del sensor, es decir, su capacidad de diferenciar variaciones de intensidad de la señal captada. Se expresa mediante el número de bits necesarios para registrar la información de cada píxel. Cuanto mayor sea la resolución radiométrica, la imagen captada contendrá un mayor nivel de detalle.

2.2.6.8. Modelos digitales de elevación (MDE)

Un modelo digital de elevación (MDE), es una representación numérica de la elevación (Z) sobre un plano (X, Y), ubicada dentro de un marco geodésico (Loaiza, 2017). Un MDE puede ser generado de diferentes fuentes como: la conversión analógica digital de mapas cartográficas o curvas de nivel, obteniendo así un modelo TIN (Triangular irregular Network, redes irregulares de triángulos), también se puede generar MDE en base de datos obtenidos de teledetección como por ejemplo aplicando métodos de procesamiento de imágenes satelitales o fotogrametría y de radares de apertura sintética (Jiang; Zhang;Ming, 2008).

Sin embargo, en la actualidad los MDE más precisos provienen de las mediciones LIDAR (Sellers et al, 2015).

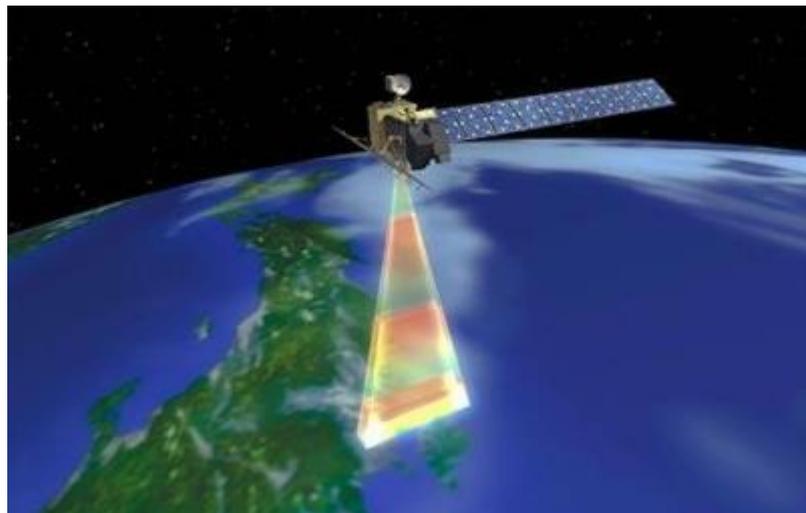
2.2.6.9. Alos Palsar

El satélite avanzado de observación terrestre (ALOS), también llamado DAICHi, desarrollado por la agencia de exploración aeroespacial

de Japón (JAXA), fue lanzado desde el Centro Espacial de Tanegashima en Japón, el 24 de enero del 2006 (JAXA, 2008). ALOS contiene tres sensores, dos captan imágenes ópticas (PRISM y AVNIR-2), y el tercero es un radar de banda L de apertura sintética (JAXA, 2008). Este sistema tenía como fin obtener información fiable de la superficie terrestre, incluyendo la cartografía, observación regional, monitorear desastres y recursos naturales.

Figura 12

Satélite de Alos Palsar.



Nota. La figura representa como se desarrolla el satélite de Alos Palsar en las imágenes que ellas ofrecen (Mehta, 2016).

2.2.7. Cuenca Hidrográfica

Espacio geográfico cuyos aportes hídricos naturales son alimentados exclusivamente por las precipitaciones y cuyos excedentes en agua o en materias sólidas transportadas por el agua forman, en un punto espacial único, una desembocadura.(Cahuana & Yugar, 2009)



La cuenca hidrográfica o de drenaje de una corriente, es el área de terreno donde todas las aguas caídas por precipitación, se unen para formar un solo curso de agua. Cada curso de agua tiene una cuenca bien definida. (Villón, 2002)

2.2.7.1. Cuenca

La cuenca de drenaje de una corriente, es el área de terreno donde todas las caídas por precipitación, se unen para formar un solo curso de agua. Cada curso de agua tiene una cuenca bien definida, para cada punto de su recorrido. (Villón, 2002)

Es una zona de la superficie terrestre en donde las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida. (Cahuana & Yugar, 2009)

2.2.8. Parámetros fisiográficos o geomorfológicos de las Cuencas

Según máximo Villon (2002). Entre los parámetros fisiográficos principales de una cuenca hidrológica tenemos los siguientes: área de la cuenca, perímetro de la cuenca, longitud del río principal, forma de la cuenca (ancho promedio de la cuenca, coeficiente de compacidad, factor de forma, y rectángulo equivalente), sistema de drenaje (grado de ramificación, densidad de drenaje, frecuencia de ríos) y pendiente de la cuenca (pendiente media del río principal) y altura media del río principal.

El estudio sistemático de los parámetros fisiográficos o geomorfológicos de las cuencas es de gran utilidad práctica en la ingeniería hidrológica, pues con base en ellos se puede lograr una transferencia de información de un sitio donde existe poca información; bien sea por error en los datos, por carencia total de



información de registros hidrológicos, a otro; siempre que exista una semejanza geomorfológica y climática entre las zonas en cuestión.

Existen diversos parámetros fisiográficos que permiten describir a una cuenca, sin embargo, los más importantes son:

La superficie de la cuenca (A), es uno de los parámetros fisiográficos más importante en un análisis hidrológico. Está definida como la proyección horizontal de toda el área de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido a un mismo punto de salida.

Perímetro (P), es la longitud del contorno del área de la cuenca, definida también como línea de división del agua. Este parámetro es importante, pues en conexión con el área puede dar una idea respecto a la forma de la cuenca.

Longitud mayor del río (L), es la longitud del curso de agua más largo desde la cabecera de la cuenca hasta la salida o desembocadura de ésta; este parámetro viene a ser la longitud del río principal.

Ancho promedio (A), es la relación entre el área (A) y la longitud mayor del curso de agua (L) de una cuenca.

Pendiente media del cauce (S_c), el agua superficial concentrada en los lechos fluviales, escurre con una velocidad que depende directamente de la pendiente o declive del lecho del río; así a mayor pendiente mayor será la velocidad de escurrimiento. Siendo esto fundamental en la planificación de obras como: puentes, captación, controles de agua, ubicación de posibles centrales hidroeléctricas, etc.



2.2.9. Sistema de Información Geográfica

En los últimos momentos, la denominada revolución informática, con las nuevas herramientas nos permite aprovechar la vasta cantidad de información, entre estas se tiene los Sistemas de Información Geográfica y la Teledetección que surgen como alternativas casi imprescindibles, a los métodos tradicionales de recopilación y procesamiento de información espacial. La técnica del SIG permite abordar la tarea de integración entre una y diversas variables de componentes espaciales y darles múltiples aplicaciones.

Menciona que con el ingreso de las computadoras y el desarrollo de los programas, el SIG, es definido como un sistema de hardware, software y procedimientos analíticos que integra modernas técnicas de mapeo computarizado con potentes operadores analíticos de base de datos geográficos o espaciales, capaces de efectuar consultas y transformaciones sobre el espacio constituyéndose en una herramienta versátil, eficiente y oportuna para el planeamiento regional urbano-rural y la toma de decisiones, cuyas principales funciones se resumen: entrada, manejo, análisis y salida de datos (Berry, 1992).



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1.1. Ubicación Política

La presente investigación se realizó en:

Región : Puno

Provincia : Chucuito, El Collao y Puno.

Distrito : Huacullani, Juli, Capaso, Mazocruz, Conduriri, Ilave, Acora,
Platería, Chucuito, Laraqueri, Puno y San Antonio.

Cuenca : Ilave

3.1.2. Ubicación del Ámbito de estudio

Tabla 1

Ubicación geográfica de la cuenca del río Ilave.

Coordenadas Geográfica			
Latitud Sur	Longitud Oeste	Altura Elipsoidal	Zona
16° 29' 38.01 "	69° 53' 49.13"	4798.00	19 SUR

Nota. Esta tabla muestra la ubicación geográfica en coordenadas geográficas de la Cuenca del río Ilave, estos mismos corresponden al centroide.

Tabla 2

Ubicación UTM WGS84 de la cuenca del río Ilave.

Coordenadas UTM (WGS84)			
Norte	Este	Altitud	Zona
8176267.273	404235.039	4798.00	19 K SUR

Nota. Esta Tabla muestra una ubicación en coordenadas UTM (WGS84) pertenecientes al centroide de la Cuenca del río Ilave procesadas desde el modelo digital de elevación Alos Palsar.

3.1.3. Delimitación Hidrográfica de la cuenca

Para la delimitación hidrográfica de la Cuenca del río Ilave se explica mediante procesamiento del modelo de elevación digital (DEM) de Alos Palsar. Para ello se utilizó el software ArcGIS versión 10.5 en la cual se realizó los siguientes procesos ya mencionados:

➤ **Obtención de datos DEM y procesamiento**

Una vez obtenido los datos de la página web <https://search.asf.alaska.edu/#/>. Se procedió al procesamiento de los datos, el proceso consistió en rellenar los vacíos “No Data” y los picos y sumideros que trae el DEM original, con FILL.

➤ **Dirección de flujo**

Una vez obtenido el DEM corregido, se procedió el cálculo de la dirección de flujo.

➤ **Acumulación de flujo**

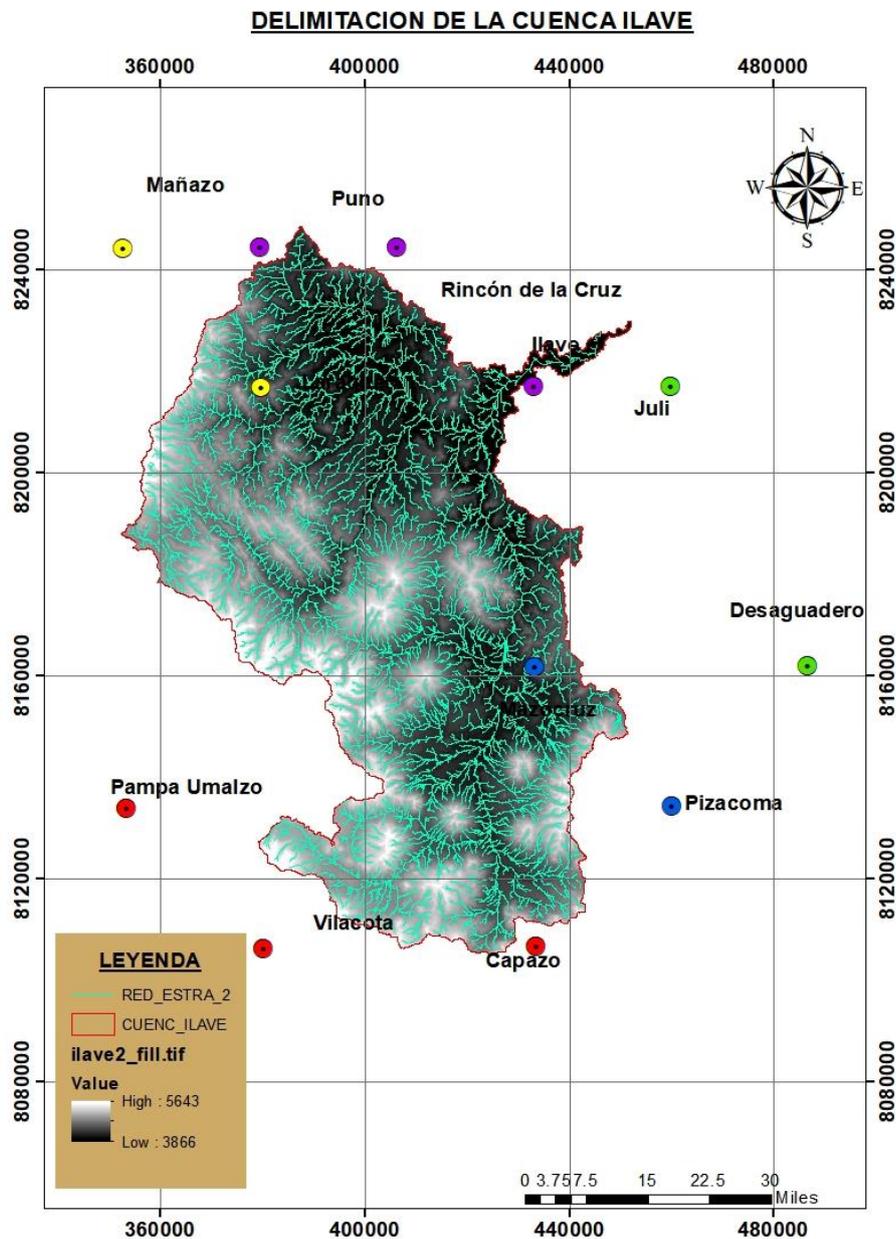
Una vez obtenido el DEM corregido, se realizó el cálculo de acumulación de flujo y cálculo del umbral.

➤ **Generación de cuenca**

Con los datos obtenido en los procesos anteriores se continuo con la obtención de la cuenca.

Figura 13

Delimitación de la cuenca del rio Ilave desde un DEM.



Se muestra la delimitación de la cuenca del río Ilave desde el modelo digital de elevación de imágenes satelitales Alos Palsar.

Tabla 3

Parámetros fisiográficos de la Cuenca.

Parámetros	Valor	Medida
Superficie de la Cuenca	7,791.00	Km ²
Perímetro de la Cuenca	631.97	Km
Longitud mayor del río	211.00	Km
Ancho promedio	66.50	Km
Pendiente media de la Cuenca	0.005	m/m
Cota máxima de la Cuenca	5,643.00	msnm
Cota mínima de la Cuenca	3,866.00	msnm

3.1.4. Ubicación Hidrográfica

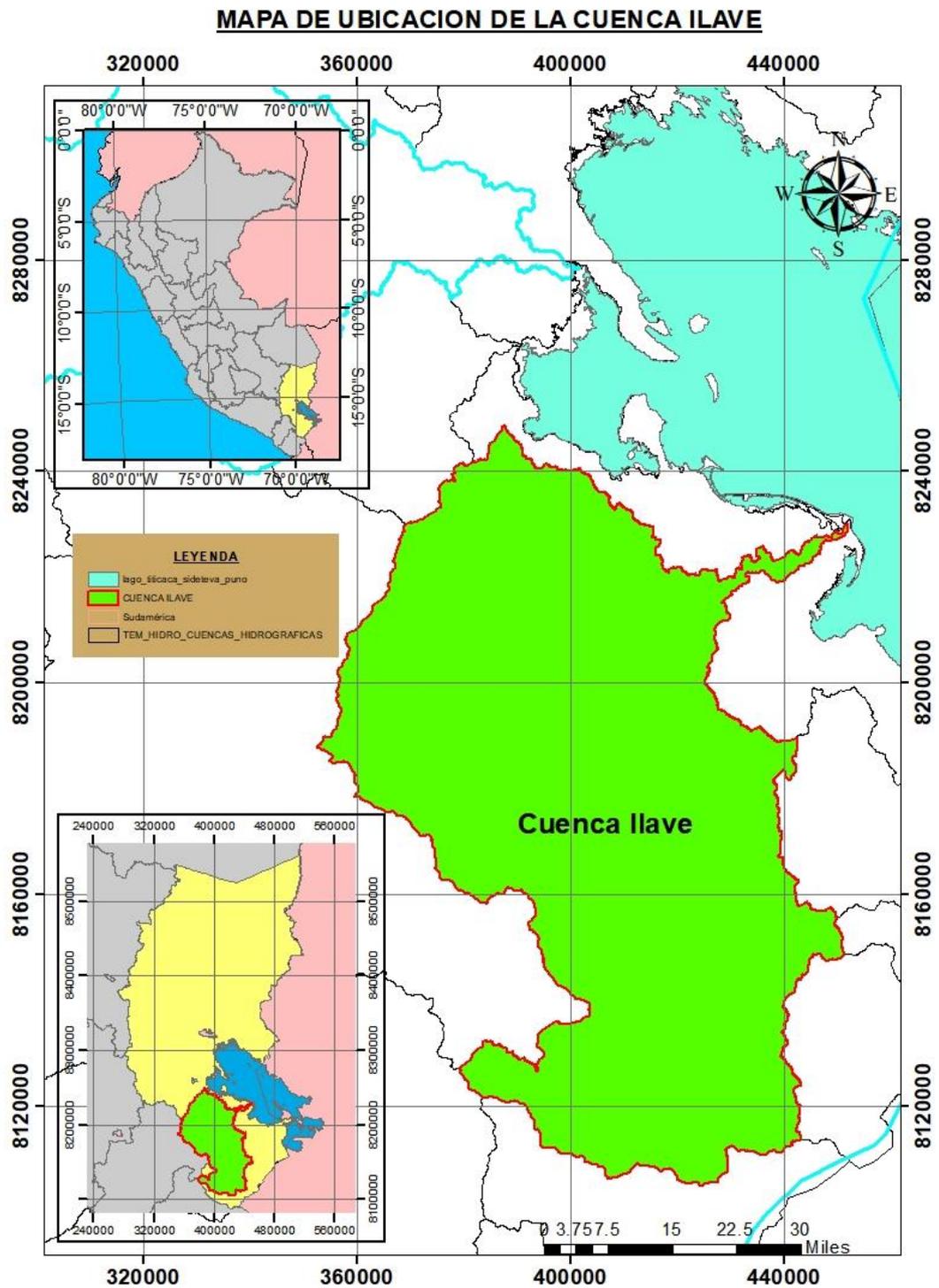
Según la Autoridad Nacional del Agua en el año 2008, la cuenca en estudio se encuentra ubicada en la Región Hidrográfica del Titicaca, La cuenca del río Ilave esta jerarquizada en el nivel 3 con código 016.

3.1.5. Accesibilidad – Vías de Comunicación

La ciudad de Ilave es el centro urbano más relevante en la cuenca del río Ilave, prácticamente las vías de acceso en una unidad móvil desde la ciudad de Ilave hacia a cualquier lugar de la cuenca es accesible.

Figura 14

Mapa de ubicación de la cuenca del río Ilave.



Nota. La figura representa la ubicación de la cuenca del río Ilave, desde el plano del País, Región y Zonal.



3.2. MATERIALES

3.2.1. Información meteorológica observada

La información meteorológica se solicitó al SENAMHI como se puede visualizar en el Anexo 6, respuesta a la solicitud se tomó la plataforma virtual del Servicio Nacional de Meteorología e hidrología (SENAMHI), con su página oficial de acceso a datos meteorológicos <https://www.senamhi.gob.pe/?p=descarga-datos-hidrometeorologicos>, para su respectiva descarga de datos se procedió:

Paso 1: Estando en la página oficial del SENAMHI, se inicia con la búsqueda de estaciones dentro y alrededores de la cuenca del río Ilave que estén actualmente funcionando.

Paso 2: Al seleccionar la estación meteorológica, te mostrará el histograma.

Paso 3: Luego aparece descargar datos de precipitación.

Los datos de precipitación que nos brinda el SENAMHI en formato Excel que son diarios acumulados con unidad de medida en mm, de cada estación meteorológica con diferente tiempo de observación.

Las estaciones que se tomaron en cuenta son: Capazo, Vilacota, Pampa Umalzo, Laraqueri, Puno, Rincon De La Cruz, Ilave, Juli, Desaguadero, Pizacoma, Mazo Cruz y Mañazo, se puede ver en el anexo 2.

3.2.2. Información meteorológica por satélite

Para los datos mensuales TRMM 3B43v7 de las imágenes satelitales se descargaron del sitio web online libremente disponibles desde la base de datos de



la NASA. <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/> donde al ingresar a la página se debe de seguir con los siguientes pasos:

Paso 1: Seleccionar que tipo de información se requiere, en nuestro caso fue “mapa, acumulado”

Paso 2: Selección de rango de fechas, se puso el primer día del mes hasta el último del mes a requerirse.

Paso 3: Seleccionar la región o forma del área de estudio, en nuestro caso fue el área de estudio de la cuenca del río Ilave.

Paso 4: Identificar el producto TRMM con algoritmo de 3B43 versión 7.

Paso 5: Finalmente se presiona “trazar datos y descargar en formato NetCDF.

La selección de imágenes del TRMM 3B43v7 nos brindan información de Precipitación mensual acumulada (mm), se puede ver en el anexo 3.

3.2.3. Información Cartográfica

El material experimental cartográfico que se utilizó durante el desarrollo de la investigación son los siguientes:

Paso 1. Obtención del DEM

Se obtuvo los DEMs directamente de las imágenes Alos Palsar desde la página virtual <https://search.asf.alaska.edu/#/>.

Paso 2. Definir proyección del DEM

En este caso el modelo digital que se obtuvo ya tenía una proyección que corresponde a WGS_1984_UTM_Zone_19S, en caso de no contar se la puede definir desde la caja de herramientas ArcToolbox, se define la proyección tanto en el sistema de coordenadas entrante (en caso de no tener) como el de salida.



Paso 3. Eliminar imperfecciones del DEM

Una vez definida la proyección se usó la herramienta Fill, que permite rellenar vacíos en la superficie del ráster para quitar imperfecciones en la información del DEM, tan solo es necesario trabajar con el DEM generado en el paso anterior.

ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Hydrology > Fill

Paso 4. Definir la dirección de la red hídrica

Por medio de la herramienta Flow Direction, se creó un ráster con la dirección de flujo de cada una de sus celdas hasta su vecina cuesta abajo, aquí se seleccionó el ráster generado con Fill.

ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Hydrology > Flow Direction

Paso 5. Determinar la acumulación la red hídrica

Ahora con la herramienta Flow Accumulation, se creó un ráster del flujo acumulado para cada una de sus celdas, la entrada de esta herramienta es el archivo ráster generado con la herramienta Flow Direction.

ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Hydrology > Flow Accumulation

Paso 6. Delimitando automáticamente la cuenca hidrográfica

Para delimitar la cuenca hidrográfica se lo realizo apoyándose en las siguientes herramientas:

Basin, elabora un ráster delineando todas las cuencas hidrográficas en base a la red de drenaje, el ráster de entrada es el creado con la herramienta Flow Direction.

ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Hydrology > Basin



Como siguiente paso ese transformo el ráster que se generó con Basin a vector (shapefile), con la herramienta Raster to Polygon (Raster to Features).

ArcToolbox > Conversion Tools > From Raster > Raster to Polygon

Se recorto la cuenca hidrográfica, aquí solo basta con usar la herramienta Clip de Geoprocessing.

ArcToolbox > Analysis Tools > Extract > Clip

Paso 7. Construir automáticamente la red hídrica

Con el famoso Raster Calculator, para ello se tomó en cuenta el tamaño del pixel (tamaño del DEM), para este ejemplo al construir la red hídrica primaria se puede determinar los valores del ráster Flow Accumulation, y para la secundaria (tanto en la primaria como secundaria jugar con los valores).

ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Map Algebra > Raster Calculator

Paso 8. Resultados

Finalmente, se procedió a recortar los shapefiles de la red hídrica (construida anteriormente), con ayuda de la herramienta Clip, tomando como entrada la red de polilíneas y cortar con el perímetro de la cuenca determinada anteriormente (sexto paso), ver en la figura 13.

ArcToolbox > Analysis Tools > Extract > Clip

3.2.4. Equipos y materiales para el procesamiento

Materiales y equipos de gabinete:

- Laptop
- Impresora.
- Fotografías Digitalizadas



- Bibliografía necesaria

Softwares utilizados:

- Arc Gis 10.5
- Microsoft Office Word
- Microsoft Office Excel
- Rstudio
- Minitab

3.3. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.3.1. Tipo de la investigación

La investigación es de tipo descriptivo comparativo que consiste en las diferencias que existen entre datos de precipitación provenientes de dos diferentes tipos de fuentes de información como el servicio nacional meteorológico e hidrológico y las imágenes satelitales TRMM3B43v7.

Describirán detalladamente los procesos explicados en la parte metodológica, como también los resultados obtenidos de la comparación de las precipitaciones obtenidas mediante las estaciones meteorológicas como las de las imágenes de satélite TRMM3B43v7

Por su ubicación temporal corresponde a una investigación histórica.

3.3.2. Diseño de la investigación

Se empleará la metodología de Investigación Aplicada, en la que la manipulación de datos se hará de forma no experimental, debido a que no se someterán a pruebas que modifiquen su consistencia.

Los datos a utilizarse en la presente investigación corresponden a datos retrospectivos.

El método y diseño es de carácter comparativo, este trabajo presenta los siguientes puntos.

Figura 15

Diseño de la investigación.



Donde:

M : Muestra de estudio

(=) : Igual

≠ : Diferente

3.4. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.4.1. Población

Se utilizo como población de la investigación a la cuenca del rio llave con un área de 7791.00 km² y un perímetro de 631.97 km, un total de doce estaciones meteorológicas ubicados dentro y fuera de la jurisdicción de la cuenca del rio llave.

3.4.2. Muestra

La muestra que se considero fue un periodo de registro de las 12 estaciones con datos de precipitación observadas y satélites que se procesaron a nivel

mensual comprendidos desde enero 2011 a diciembre del 2018. Los datos recopilados son registros meteorológicos de 8 años.

Tabla 4

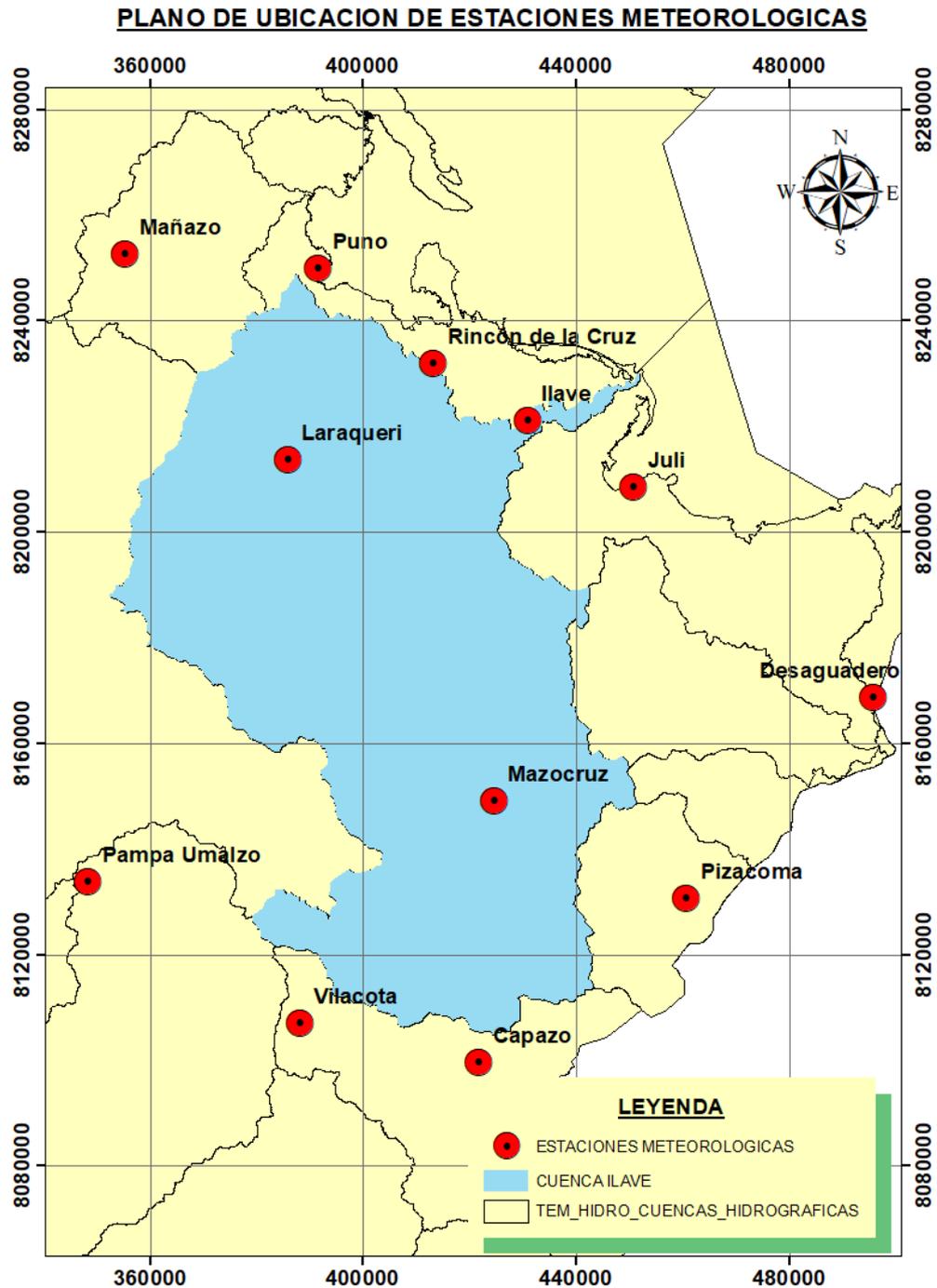
Coordenadas geográficas y UTM de estaciones meteorológicas.

N.º	ESTACIÓN	COORDENADAS GEOGRÁFICAS		COORDENADAS UTM (WGS84)		ALTITUD
		LATITUD S	LONGITUD W	NORTE	ESTE	
		1	PUNO	15°49' 34.5"	70°0' 43.5"	
2	RINCON DE LA CRUZ	15° 59' 24.6"	69° 48' 34.6"	8231937.13	413241.13	3880.00
3	ILAVE	16° 3' 35.8"	69° 38' 25.4"	8221195.27	431019.57	3861.00
4	JULI	16° 12' 13.6"	69° 27' 35.7"	8208468.60	450842.53	3830.00
5	DESAGUADERO	16° 33' 49.8"	69° 2' 14.4"	8168747.95	495857.00	3808.00
6	MAÑAZO	15° 47' 58"	70° 20' 22.2"	8252723.44	355407.10	3924.00
7	LARAQUERI	16° 8' 9.3"	70° 2' 45.2"	8213657.74	385967.18	3928.00
8	MAZOCRUZ	16° 44' 20"	69° 42' 55.6"	8149061.24	424737.79	3975.00
9	PIZACOMA	16° 54' 25.3"	69° 22' 6.8"	8130693.26	460750.24	3930.00
10	PAMPA UMALZO	16° 52' 30"	70° 25' 25"	8133726.09	348358.99	4609.00
11	VILACOTA	17°4' 43.69"	70° 2' 34.99"	8107052.51	388211.12	4465.00
12	CAPAZO	17°11' 15.8 "	69°44' 7.8 "	8099529.66	421787.57	4530.00

Nota: Se muestra las coordenadas geográficas y coordenadas UTM (WGS84) pertenecientes a las estaciones meteorológicas que están a cargo del SENAMHI.

Figura 16

Plano de ubicación de estaciones según SENAMHI.



Nota. La figura representa la ubicación de estaciones meteorológicas según SENAMHI, se identifican con puntos rojos en el plano.

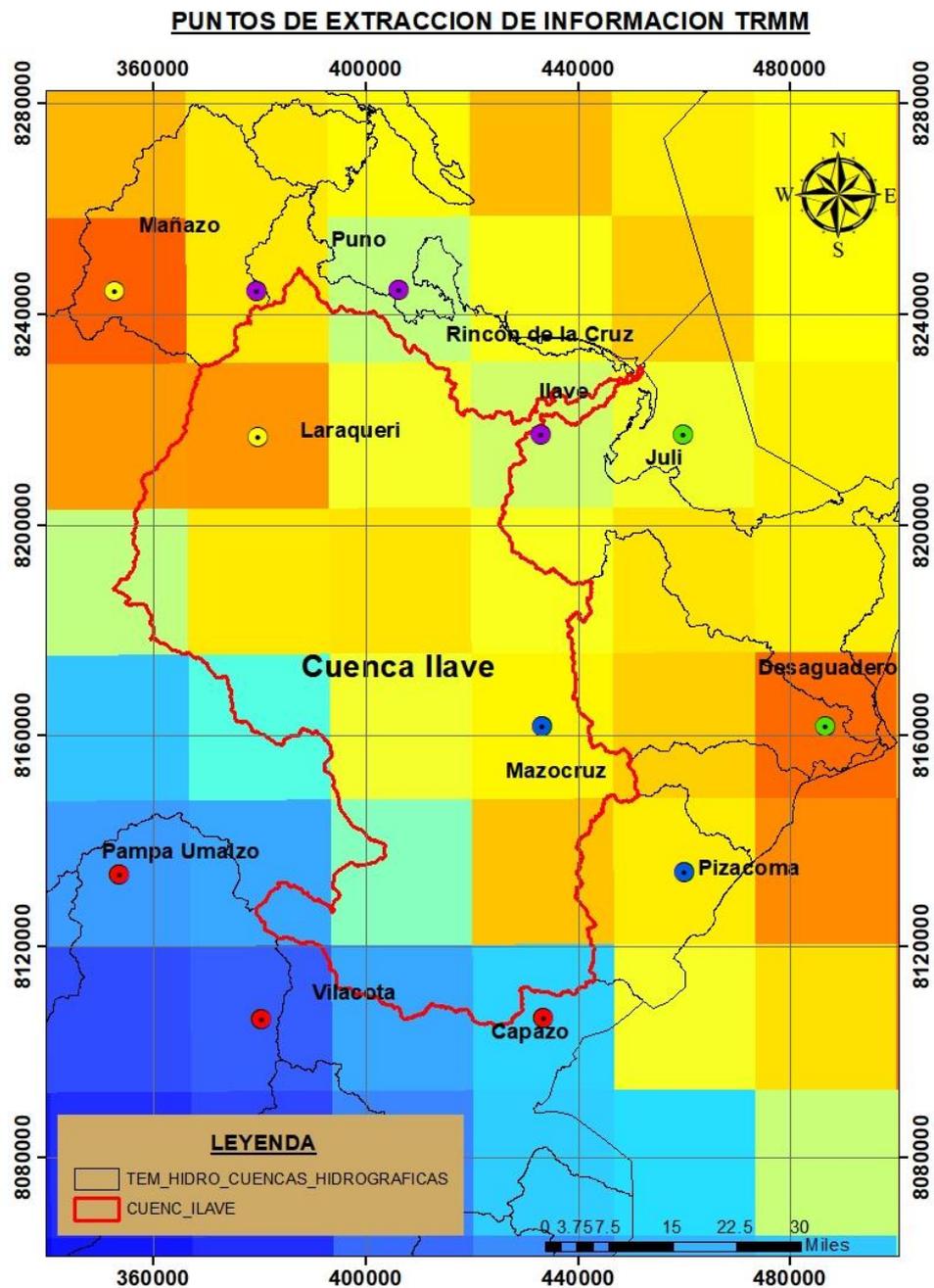
Tabla 5*Coordenadas geográficas y UTM de centroide de pixeles del TRMM.*

N.º	ESTACIÓN	COORDENADAS GEOGRÁFICAS		COORDENADAS UTM (WGS84)		ALTITUD
		LATITUD	LONGITUD	NORTE	ESTE	
1	PUNO	15° 52' 30" S	70° 7' 30" W	8244567.86	379553.31	3812
2	RINCON DE LA CRUZ	15° 52' 30" S	69° 52' 30" W	8244695.67	406321.28	3880
3	ILAVE	16° 7' 30" S	69° 37' 30" W	8217136.50	433170.87	3861
4	JULI	16° 7' 30" S	69° 22' 30" W	8217201.30	459902.96	3830
5	DESAGUADERO	16° 37' 30" S	69° 7' 30" W	8161924.42	486668.41	3808
6	MAÑAZO	15° 52' 30" S	70° 22' 30" W	8244408.08	352783.38	3924
7	LARAQUERI	16° 7' 30" S	70° 7' 30" W	8216909.70	379703.02	3928
8	MAZOCRUZ	16° 37' 30" S	69° 37' 30" W	8161824.56	433340.98	3975
9	PIZACOMA	16° 52' 30" S	69° 22' 30" W	8134235.06	460057.18	3930
10	PAMPA UMALZO	16° 52' 30" S	70° 22' 30" W	8133762.76	353532.10	4609
11	VILACOTA	17° 7' 30" S	70° 7' 30" W	8106270.76	380324.63	4465
12	CAPAZO	17° 7' 30" S	69° 37' 30" W	8106509.98	433516.14	4530

Nota. Esta tabla muestra las coordenadas geográficas y coordenadas UTM (WGS84) del centroide de cada pixel, dentro de cada pixel de la imagen se encontraba la ubicación de cada una de las estaciones meteorológicas del SENAMHI.

Figura 17

Puntos de extracción de datos de TRMM 3b43v7.



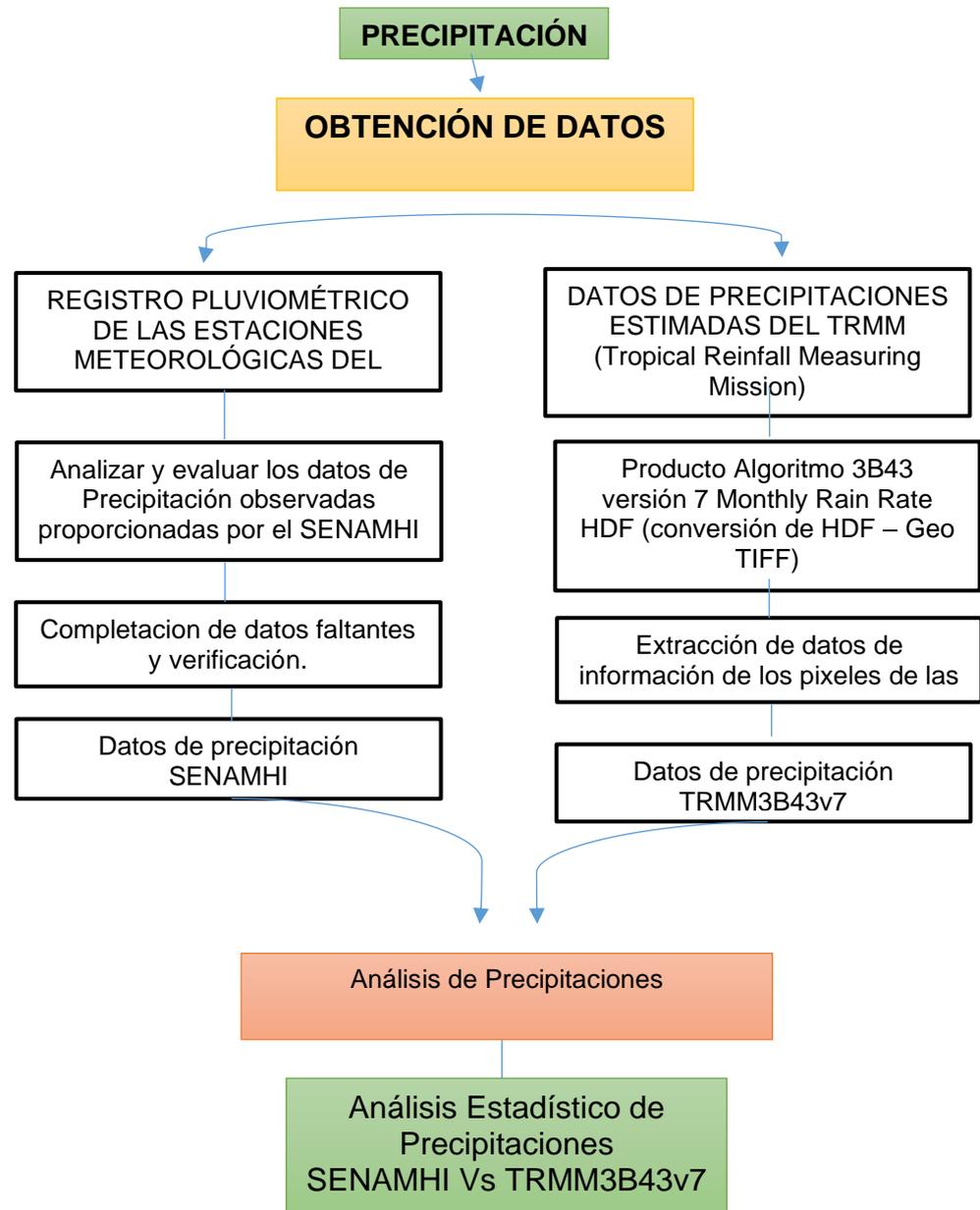
Nota. La figura representa los puntos de extracción de datos de precipitaciones medias mensuales del TRMM3B43v7 desde el centroide de cada pixel, como se visualiza en el mapa cada punto perteneciente a cada estación meteorológica.

3.4.3. Diagrama del proceso metodológico

El proyecto se desarrolló en base a los principios de la investigación aplicada.

Figura 18

Desarrollo metodológico.





En una primera etapa, se parte de los registros diarios de precipitación disponibles en la red de estaciones meteorológicas del SENAMHI. Mediante análisis con herramientas hidrológicas y estadísticas, se llega a elaborar las series de datos mensuales de precipitación, obtenidas de las 12 estaciones meteorológicas seleccionadas para el presente estudio.

En la segunda etapa, se realizará la estimación de la precipitación de manera novedosa y tiene su origen en la necesidad de disponer de mayor número de registros de precipitación, Los registros provienen, en este caso, de información suministrada por imágenes de satélite TRMM3B43v7.

3.5. METODOLOGÍA PARA EL PRIMER OBJETIVO ESPECIFICO

3.5.1. Análisis de datos meteorológicos observadas

Para el análisis de datos meteorológicos observados después de haber obtenido de la página, se hizo el tratamiento de estos datos acumulando para que así se tenga precipitaciones medias mensuales con ayuda del Excel.

3.5.1.1. Adición de datos faltantes

Las datas obtenidas del SENAMHI visualmente no presentaron vacíos significativos de información en los registros históricos, ver en el Anexo 1, identificado con color amarillo. Por ello se empleó de inmediato un método estadístico para completar los pocos datos faltantes de las series históricas que se emplearon.

Tabla 6

Agrupación y coordenadas de estaciones meteorológicas.

Nº	Grupo	Estaciones	Norte	Este
1		Puno	8250022.65	391617.70
2	1	Rincón de la Cruz	8231937.13	413241.13
3		Ilave	8221195.27	431019.57
4	2	Juli	8208468.60	450842.53
5		Desaguadero	8168747.95	495857.00
6	3	Mañazo	8252723.44	355407.10
7		Laraqueri	8213657.74	385967.18
8	4	Mazo cruz	8149061.24	424737.79
9		Pizacoma	8130693.26	460750.24
10		Pampa Umalzo	8133726.09	348358.99
11	5	Vilacota	8107052.51	388211.12
12		Capazo	8099529.66	421787.57

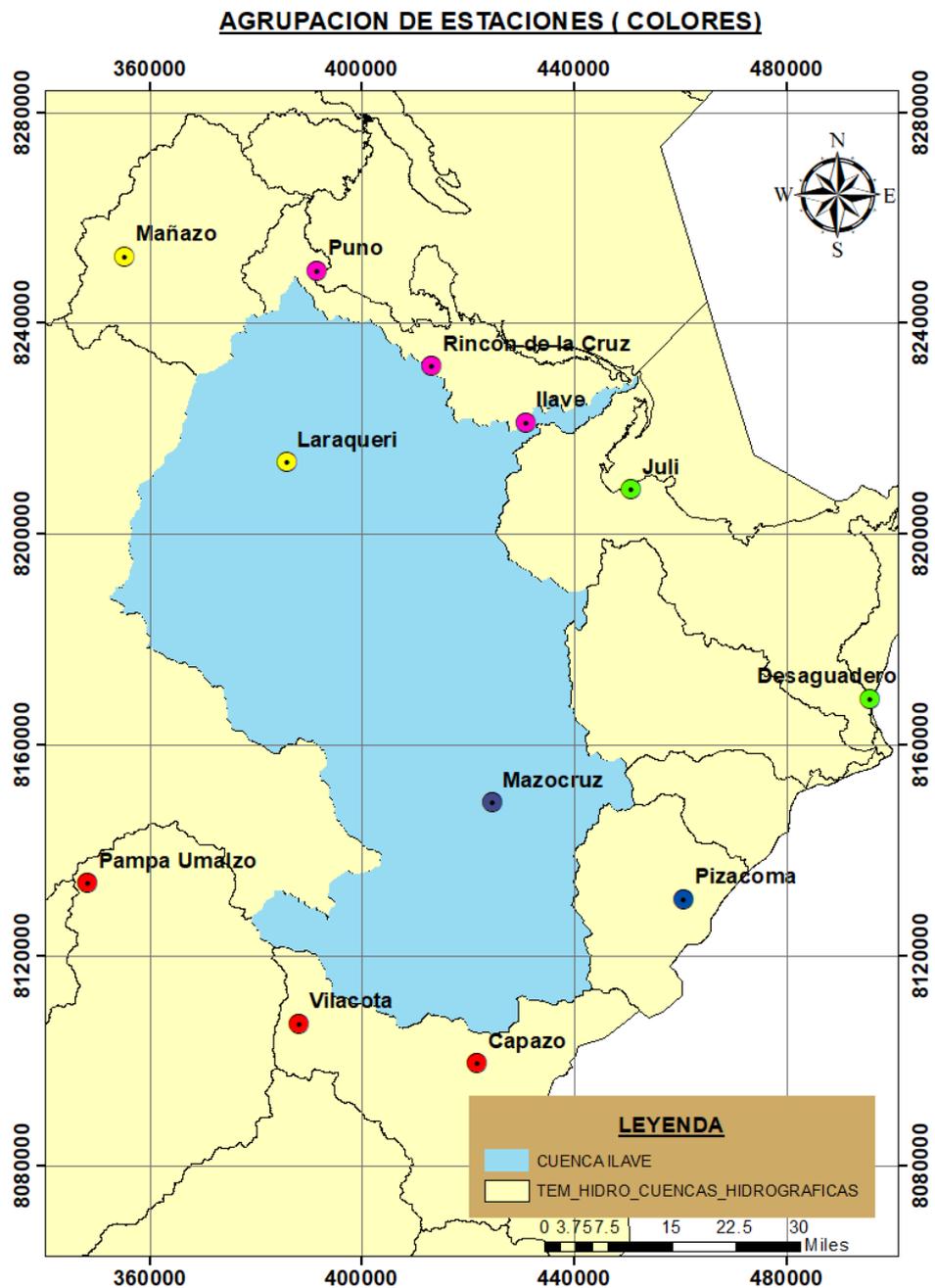
Nota. La tabla muestra para una buena ubicación geográfica las coordenadas geográficas y coordenadas UTM (WGS84) pertenecientes

Para el proceso de completación de datos se comenzó a formar grupos por similitud geográfica y climática, como se muestra en la tabla 6 y la figura 19.

El proceso de completación y extensión de la información pluviométrica máxima en 24 horas se realizó con el software HEC-4, instalado como un módulo o componente del programa de cómputo “SIH”. El HEC -4 realiza una correlación múltiple cruzada entre los datos de precipitación mensual de todas las estaciones, buscando el coeficiente de correlación más adecuado.

Figura 19

Agrupación de estaciones por Grupos.



Nota. La figura representa la agrupación de estaciones meteorológicas según su cercanía entre ellas diferenciados en la imagen con 5 diferentes colores de puntos.



Método de correlación múltiple

La completación de datos se realizó entre estaciones pertenecientes y cercanas a la cuenca. Para obtener una base de datos de uso común se completó la serie de datos utilizando el método de correlación múltiple.

Este método es recomendable para la estimación de datos mensuales y anuales de la estación en estudio, en base a datos pluviométricos consistentes de una estación cercana. Se estableció una correlación como la siguiente expresión.

$$Y = a + b*X1 + c*X2 + \dots + n*Xi$$

Donde:

Y: valor de precipitación estimada.

Xi: valor de precipitación en estaciones con información completa.

a,b,c: constantes de regresión.

3.5.1.2. Análisis de hidrogramas

En este trabajo de investigación se ha realizado una gráfica de hidrogramas de estaciones pluviométricas con ayuda del programa Excel.

El método de observación directa fue lo que se utilizó para el presente análisis gráfico que permite detectar la presencia de saltos o tendencias de manera subjetiva, de encontrarse un salto se procede a su análisis de significancia estadística para luego corregir la serie.

Esta fase complementaria en analizar visualmente la distribución temporal de toda la información hidrometeoro lógica disponible para detectar la regularidad o la irregularidad de los mismos.



3.5.1.3. Análisis de consistencia de doble masa

El método clásico de crítica de datos anuales o mensuales consiste en efectuar análisis de dobles masas entre los valores de las estaciones tomadas, para detectar eventuales heterogeneidades.

Para el análisis de doble masa se realizó por cada grupo de estaciones meteorológicas, con el fin de obtener una comparación adecuada de las series de precipitaciones anuales de cada estación, este procedimiento se pudo desarrollar con el programa Excel.

3.5.2. Extracción de los datos del satélite TRMM 3B43v7

Una vez obtenido el dato en formato NetCDF, mediante el Programa ArcGIS se procedió a la conversión de cada uno de los datos mensuales archivados en el formato NetCDF en imágenes ráster GeoTIFF. Para ello se realizaron una serie de procesos intermedios:

-Importación de los datos NetCDF a ArcGis y selección de las bandas de datos de interés. Para el presente trabajo se importó únicamente la banda correspondiente a los datos de precipitación.

-La extracción de la data de precipitación se hizo a nivel estación-píxel, es decir, un valor de lluvia correspondiente a un valor de píxel de acuerdo a la ubicación de cada estación meteorológica. Todo ello se realizó en el programa ArcGIS.

3.6. SEGUNDO OBJETIVO ESPECIFICO.

Para iniciar la comparación de datos de precipitaciones observadas por el SENAMHI y las imágenes satelitales TRMM3B43v7, fueron primordiales tener los datos analizados de ambas fuentes, para así de igual manera realizar el análisis de series

temporales entre ambas fuentes. Una vez consolidados los análisis se inicia con los indicadores estadísticos para la comparación de las informaciones.

a. El coeficiente de correlación de Pearson (CC)

Muestra cómo de estrecha es la relación lineal que existe entre los pares de datos formados por el modelo y las determinaciones reales. El coeficiente varía entre -1 y 1, mientras el coeficiente es lo más cercano a 1 o -1 se puede concluir que es mayor la relación entre las variables y mientras más cercano a 0 es menor será la relación.

$$R = CC = \frac{\sum_{i=1}^n [(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})]}{(\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2})(\sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2})}$$

Donde:

x_i : representa el valor observado,

y_i : representa el valor del TRMM 3B43V7,

\bar{x} : promedio de los datos observados

\bar{y} : promedio de los datos TRMM 3B43V7

Según (Barria Sandoval, 2010). El (CC) fue clasificado bajo los criterios de:

$0.2 \leq CC \leq 0.3$	coeficiente de correlación muy bajo
$0.4 \leq CC \leq 0.5$	coeficiente de correlación bajo.
$0.6 \leq CC \leq 0.7$	coeficiente de correlación alto.
$0.8 \leq CC \leq 1.0$	coeficiente de correlación muy alto.

Los valores que resultan en las sumatorias se desarrollaron en Excel y se pueden identificar en el Anexo 05.



- **Estación Puno:**

$$CC_{PUNO} = \frac{297174.2400}{(\sqrt{438070.1396})(\sqrt{260060.0121})}$$

$$CC_{PUNO} = \frac{297174.2400}{337527.0742}$$

$$CC_{PUNO} = 0.8804456374$$

- **Estación Rincón de la Cruz:**

$$CC_{RINCON DE LA CRUZ} = \frac{275745.7400}{(\sqrt{520379.4599})(\sqrt{209681.4730})}$$

$$CC_{RINCON DE LA CRUZ} = \frac{275745.7400}{330323.9798}$$

$$CC_{RINCON DE LA CRUZ} = 0.8347736067$$

b. El coeficiente de determinación (R²)

El coeficiente de determinación describe la proporción de la varianza en los datos observados que puede ser explicada por el modelo

El R² es simplemente el cuadrado del coeficiente de correlación de Pearson.

$$R^2 = \frac{\{\sum_{i=1}^n [(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})]\}^2}{(\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2)(\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2)}$$

$$R^2 = CC^2$$

Donde:

x_i : representa el valor observado,

y_i : representa el valor del TRMM 3B43V7,

\bar{x} : promedio de los datos observados

\bar{y} : promedio de los datos TRMM 3B43V7

La clasificación del coeficiente de determinación (R^2) fueron bajo criterios de (Andersen et al., 2001).

$R^2 < 0.65$	insatisfactorio.
$0.65 < R^2 < 0.85$	satisfactorio.
$0.85 < R^2 < 0.95$	alto.
$0.95 < R^2$	muy alto.

Hallaremos el coeficiente de determinación (R^2) utilizando la segunda fórmula entre precipitaciones medias mensuales de datos observados por el SENAMHI y las del TRMM3B43V7, los datos se aprecian en los Anexo 05.

- **Estación Puno:**

$$R^2_{PUNO} = CC_{PUNO}^2$$

$$R^2_{PUNO} = 0.8804456374^2$$

$$R^2_{PUNO} = 0.775184521$$

- **Estación Rincón de la Cruz:**

$$R^2_{RINCON DE LA CRUZ} = CC_{RINCON DE LA CRUZ}^2$$

$$R^2_{RINCON DE LA CRUZ} = 0.8347736067^2$$

$$R^2_{RINCON DE LA CRUZ} = 0.696846974$$

c. El coeficiente de determinación ajustado (R^2 ajust)

En un modelo de regresión lineal, el R^2 ajust es una medida de bondad que considera el número de variables existentes en el modelo.

En palabras más simples, el R cuadrado ajustado nos dice qué porcentaje de variación de la variable dependiente es explicado colectivamente por todas las variables independientes.



$$R^2_{ajust} = \left[1 - \left(\frac{n-1}{n-k-1} \right) \right] * (1 - R^2)$$

Donde:

R^2 : representa el valor del coeficiente de determinación,

n : 96, representa el número de observaciones de muestra,

k : representa el número de variables independientes.

Hallaremos el coeficiente de determinación ajustado (R^2 ajust) entre precipitaciones medias mensuales de datos observados por el SENAMHI y las del TRMM3B43V7.

- **Estación Puno:**

$$R^2_{ajust_{PUNO}} = 1 - \left(\frac{96-1}{96-1-1} \right) * (1 - 0.775184521)$$

$$R^2_{ajust_{PUNO}} = 1 - 0.227207133$$

$$R^2_{ajust_{PUNO}} = 0.772792867$$

- **Estación Rincón de la Cruz:**

$$R^2_{ajust_{RINCON DE LA CRUZ}} = 1 - \left(\frac{96-1}{96-1-1} \right) * (1 - 0.6968)$$

$$R^2_{ajust_{RINCON DE LA CRUZ}} = 1 - 0.3063780582$$

$$R^2_{ajust_{RINCON DE LA CRUZ}} = 0.6936219418$$



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presenta los resultados de la investigación titulada: Comparación de las precipitaciones medias mensuales, utilizando sistema de información de las imágenes satelitales espaciales, con las estaciones meteorológicas de la cuenca del río Ilave - puno.

4.1. Para el primer objetivo específico.

Como etapa preliminar al análisis comparativo, esta sección detallará el análisis de las variables. La información de estas variables corresponde a los datos de precipitación total acumulada en 24 horas, recopilados de doce estaciones meteorológicas. Los acumulados mensuales de estas variables, fueron sometidas a una completación de datos para los datos del SENAMHI donde en un inicio se veía datos faltantes, posterior a ello una evaluación visual (gráfica – series temporales) y doble masa.

4.1.1. Completación de datos pluviométricos.

El Hec-4 realiza una correlación múltiple cruzada entre los datos de precipitación mensual de todas las estaciones agrupadas, buscando el coeficiente de correlación más adecuado. Los hidrogramas resultantes de la completación y extensión de las series mensuales se muestran en el *Anexo 3*, donde muestran los resultados de la completación de datos.

4.1.2. Análisis visual de hidrogramas.

Para el presente trabajo de investigación se ha realizado una gráfica de series de tiempos de estaciones pluviométricas.

Llamado también el análisis gráfico que permite detectar la presencia de saltos o tendencias de manera subjetiva, de encontrarse un salto se procede a su análisis de significancia estadística para luego corregir la serie.

Esta fase complementaria fue realizada en el programa Minitab para luego analizar visualmente la distribución temporal de toda la información hidrometeorológica disponible para detectar la regularidad o la irregularidad de los mismos.

Figura 20

Serie de tiempo con datos del SENAMHI.

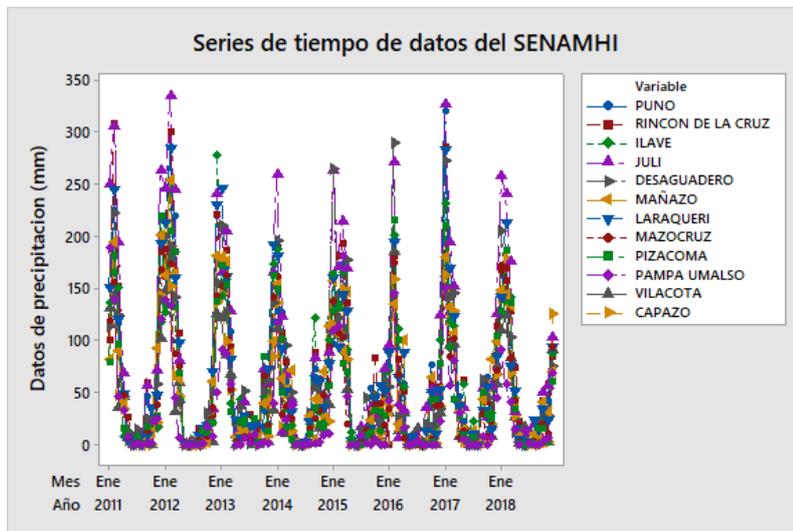
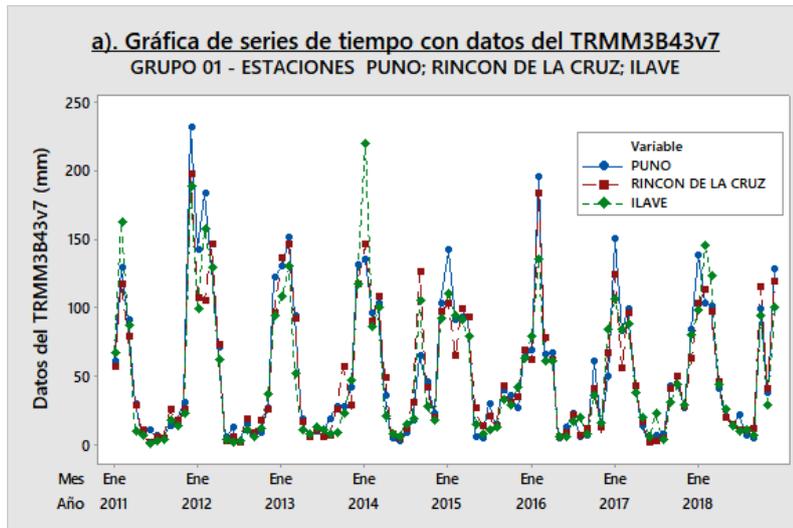


Figura 21

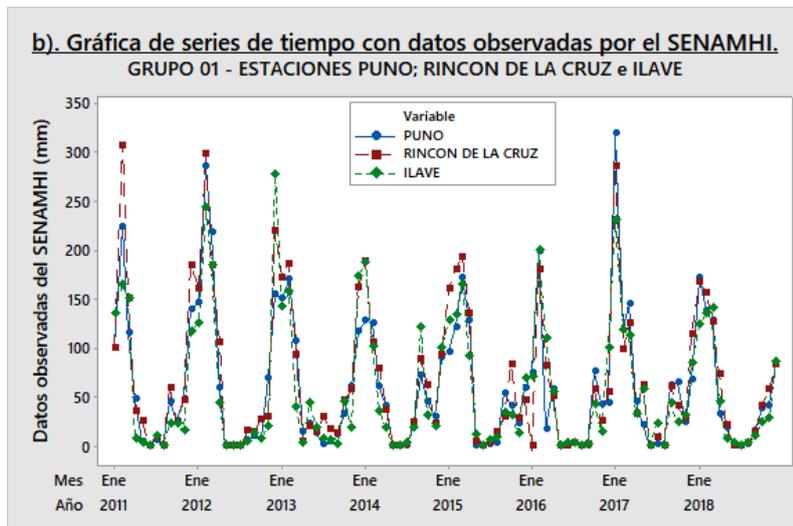
Serie de tiempo con datos TRMM3B43v7 de estaciones del Grupo 01.



Nota. Representa la serie de tiempo de precipitaciones del TRMM3B43v7 de las estaciones meteorológicas de Puno, Rincón de la Cruz e Ilave que corresponden al grupo 01.

Figura 22

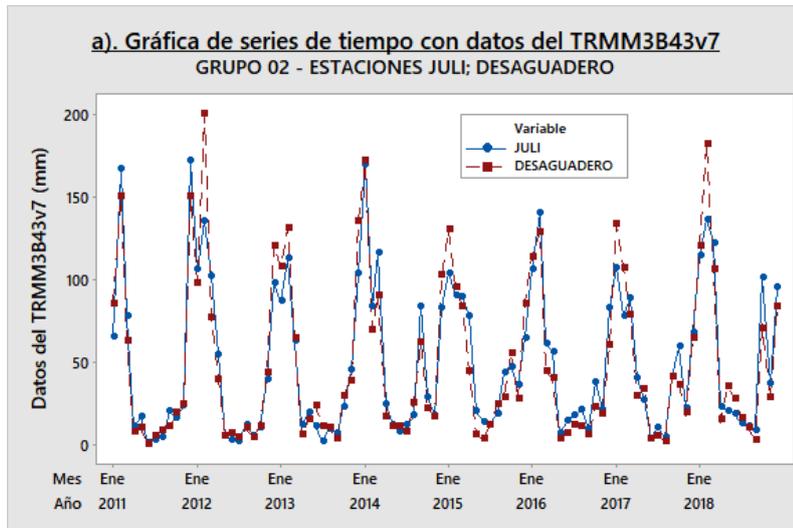
Serie de tiempo con datos del SENAMHI de estaciones del Grupo 01.



Nota. Se visualiza la serie de tiempo de precipitaciones del SENAMHI de las estaciones meteorológicas de Puno, Rincón de la Cruz e Ilave que corresponden al grupo 01.

Figura 23

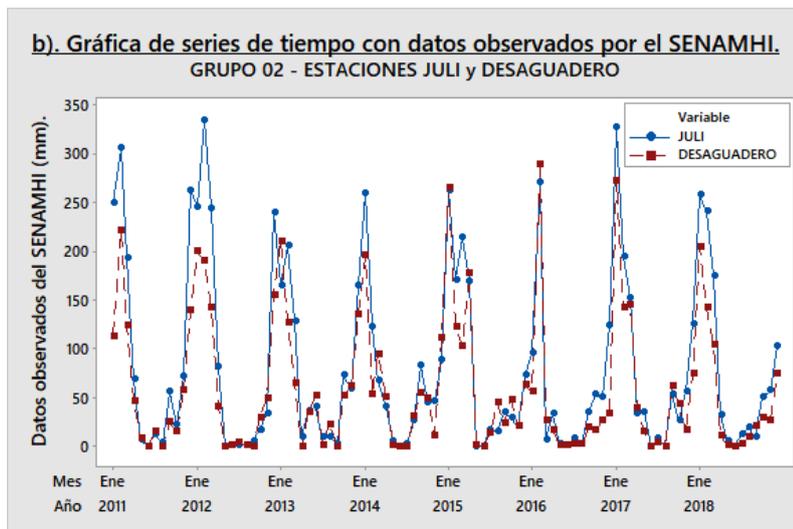
Serie de tiempo con datos TRMM3B43v7 de estaciones del Grupo 02.



Nota. Se representa la serie de tiempo de precipitaciones del TRMM3B43v7 de las estaciones meteorológicas de Juli y Desaguadero, visualizando un buen comportamiento entre ellos, que corresponden al grupo 02.

Figura 24

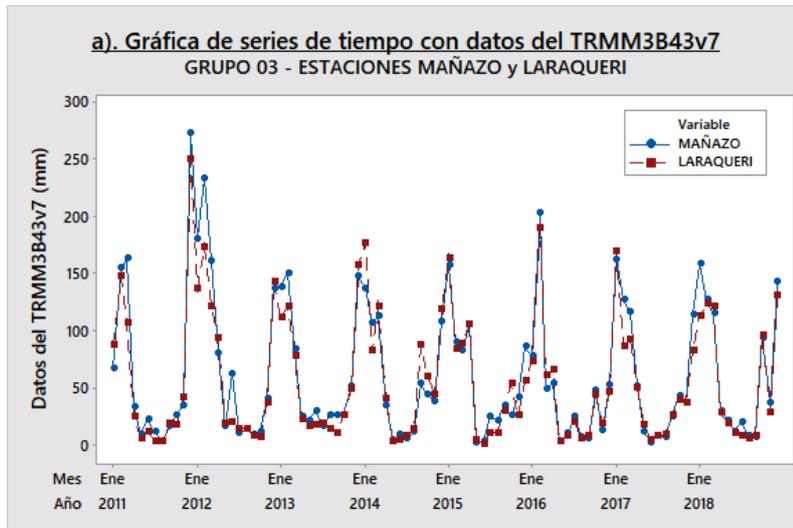
Serie de tiempo con datos del SENAMHI de estaciones del Grupo 02.



Nota. Representa la serie de tiempo de precipitaciones del SENAMHI de las estaciones meteorológicas de Juli y Desaguadero, visualizando un buen comportamiento entre ellos, que corresponden al grupo 02.

Figura 25

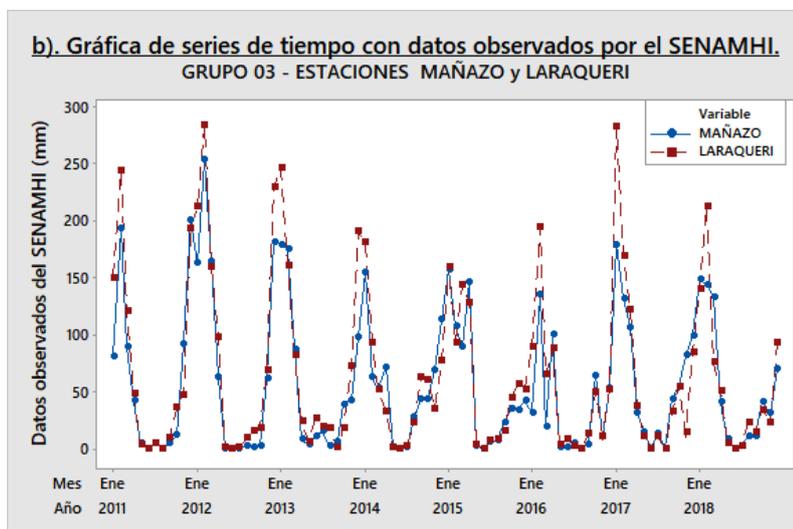
Serie de tiempo con datos TRMM3B43v7 de estaciones del Grupo 03.



Nota. Se visualiza la serie de tiempo de precipitaciones del TRMM3B43v7 de las estaciones meteorológicas de Mañazo y Laraqueri que corresponden al grupo 03.

Figura 26

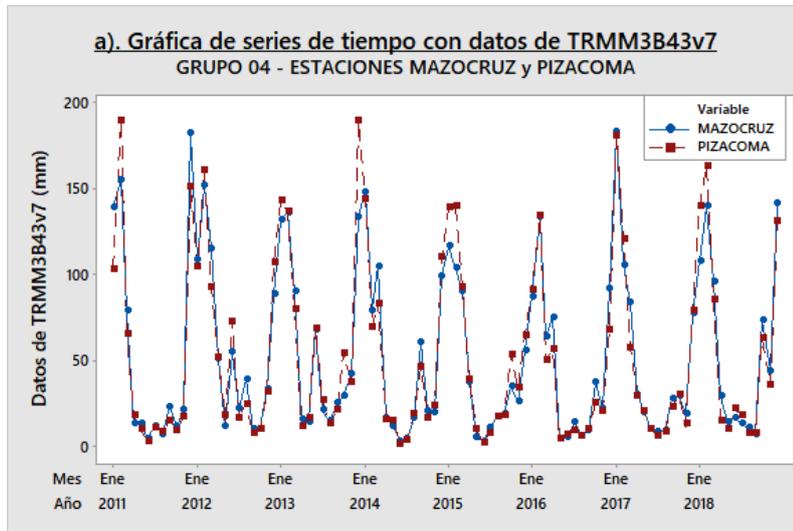
Serie de tiempo con datos del SENAMHI de estaciones del Grupo 03.



Nota. representa la gráfica de la serie de tiempo de precipitaciones del SENAMHI de las estaciones meteorológicas de Mañazo y Laraqueri que corresponden al grupo 03.

Figura 27

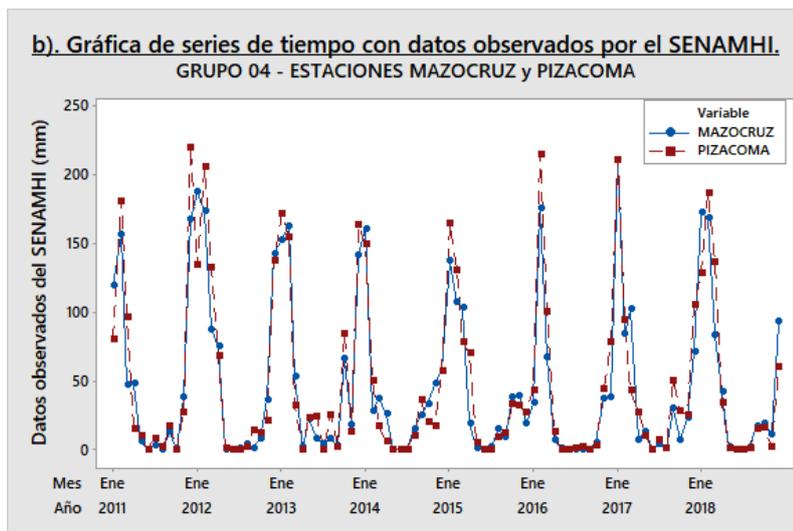
Serie de tiempo con datos TRMM3B43v7 de estaciones del Grupo 04.



Nota. Nos representa la serie de tiempo de precipitaciones del TRMM3B43v7 de las estaciones meteorológicas de Mazocruz y Pizacoma que corresponden al grupo 04.

Figura 28

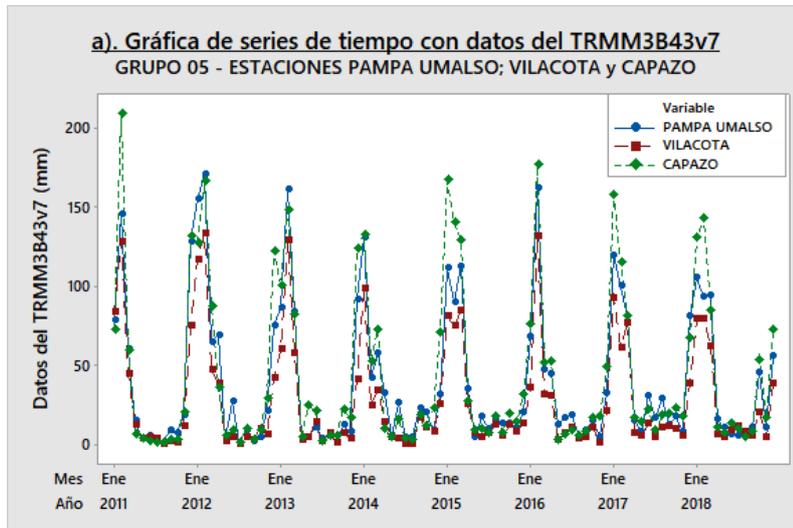
Serie de tiempo con datos del SENAMHI de estaciones del Grupo 04.



Nota. Representación de la serie de tiempo de precipitaciones del SENAMHI de las estaciones meteorológicas de Mazocruz y Pizacoma que corresponden al grupo 04.

Figura 29

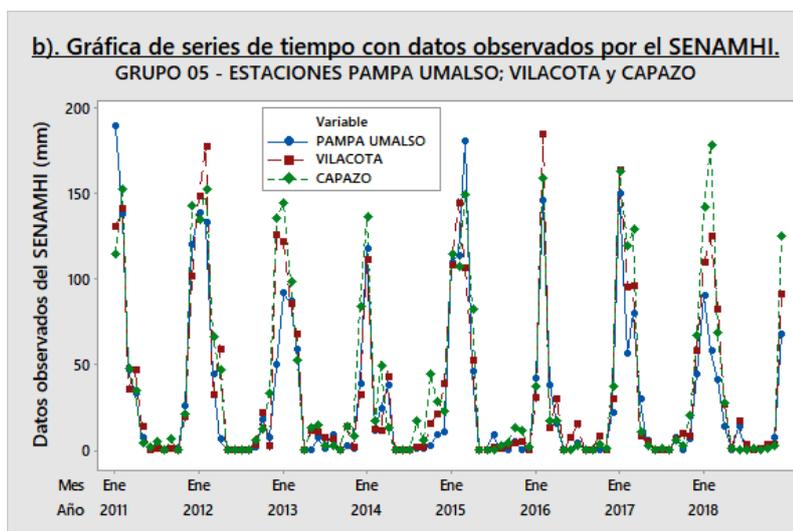
Serie de tiempo con datos TRMM3B43v7 de estaciones del Grupo 05.



Nota. La figura representa la serie de tiempo de precipitaciones del TRMM3B43v7 de las estaciones meteorológicas de Capazo, Vilacota y Pampa Umalso correspondientes al grupo 05.

Figura 30

Serie de tiempo con datos del SENAMHI de estaciones del Grupo 05.



Nota. Representación de la serie de tiempo de precipitaciones del SENAMHI de las estaciones meteorológicas de Capazo, Vilacota y Pampa Umalso correspondientes al grupo 05.



En cuanto a los datos representados en gráficas de series de tiempo de precipitaciones de datos del SENAMHI de las estaciones meteorológicas y datos del TRMM3B43v7 se pudo analizar visualmente que las proporcionalidades en todas las estaciones presentan buenas correlaciones entre todas las estaciones, sin saltos y quiebres que representen en las series mensuales, lo cual se aprecia en las gráficas.

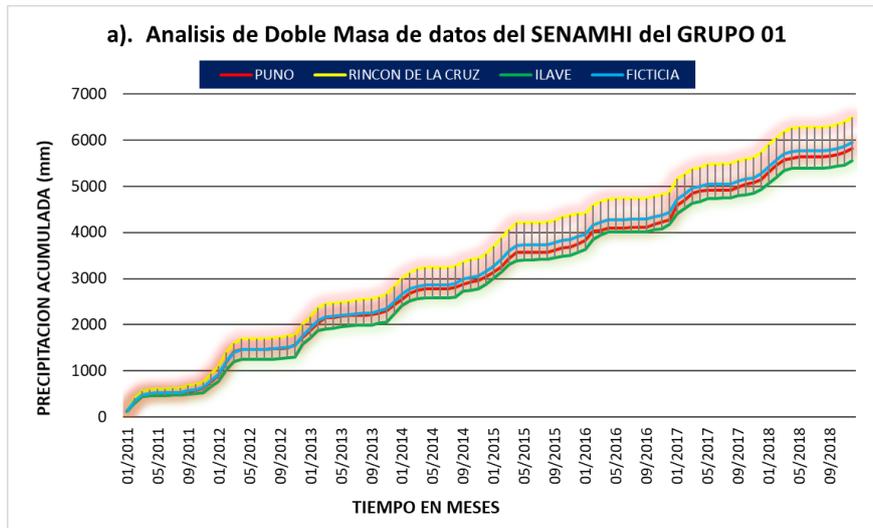
4.1.3. Análisis de doble masa.

Para el análisis de doble masa, se mantuvo en 05 grupos las estaciones meteorológicas, con el fin de obtener una comparación adecuada de las series de precipitaciones mensual de cada estación, los cuadros y los gráficos se muestran en el siguiente.

La utilización de las curvas de masa para analizar la proporcionalidad en todas las estaciones se distribuyó en 05 grupos cercanos entre sí. Asimismo, se presenta una buena correlación entre todas las estaciones, sin saltos y quiebres que representen una no homogeneidad en las series mensuales, lo cual se aprecia en las gráficas de doble masa.

Figura 31

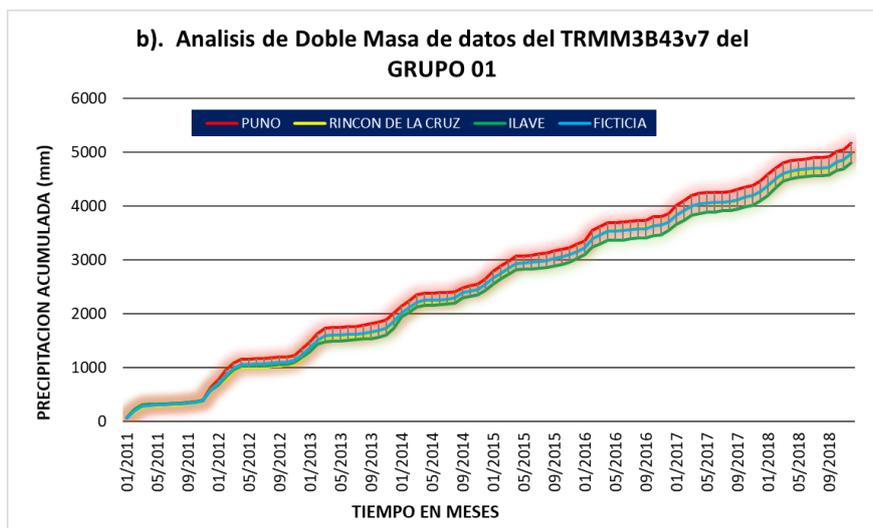
Doble masa de datos del SENAMHI de las estaciones del Grupo 01.



Nota. Se representa la curva de doble masa de las precipitaciones observadas del SENAMHI de las estaciones Puno, Rincón de la cruz e Ilave, donde se aprecia una buena homogeneidad de líneas en la gráfica.

Figura 32

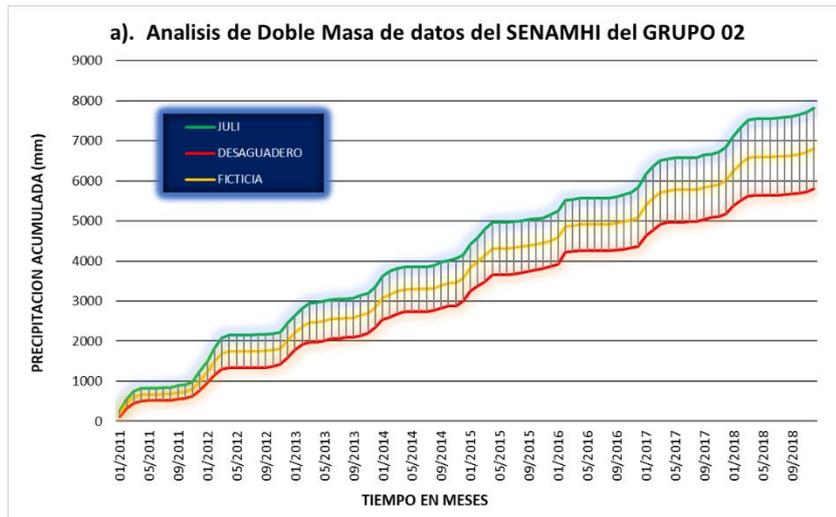
Doble masa de datos del TRMM3B43v7 de las estaciones del Grupo 01.



Nota. Se visualiza la curva de doble masa de las precipitaciones observadas del TRMM3B43v7 de las estaciones Puno, Rincón de la cruz e Ilave, donde se aprecia un buen comportamiento de datos en la gráfica.

Figura 33

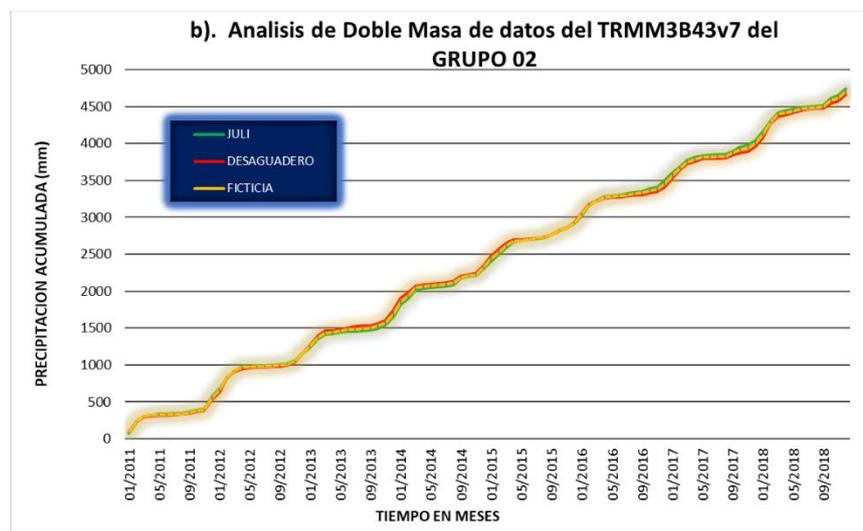
Doble masa de datos del SENAMHI de las estaciones del Grupo 02.



Se representan la curva de doble masa de las precipitaciones observadas del SENAMHI de las estaciones de Juli y Desaguadero.

Figura 34

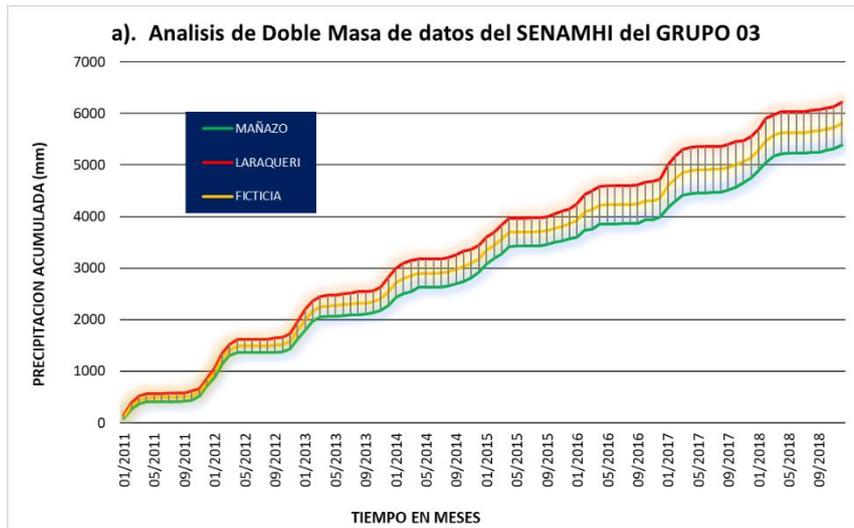
Doble masa de datos del TRMM3B43v7 de las estaciones del Grupo 02.



La figura representa la curva de doble masa de las precipitaciones observadas del TRMM3B43v7 de las estaciones de Juli y Desaguadero, donde se aprecia una buena homogeneidad de líneas en la gráfica, también se aprecia la línea Ficticia donde representa la media de los datos.

Figura 35

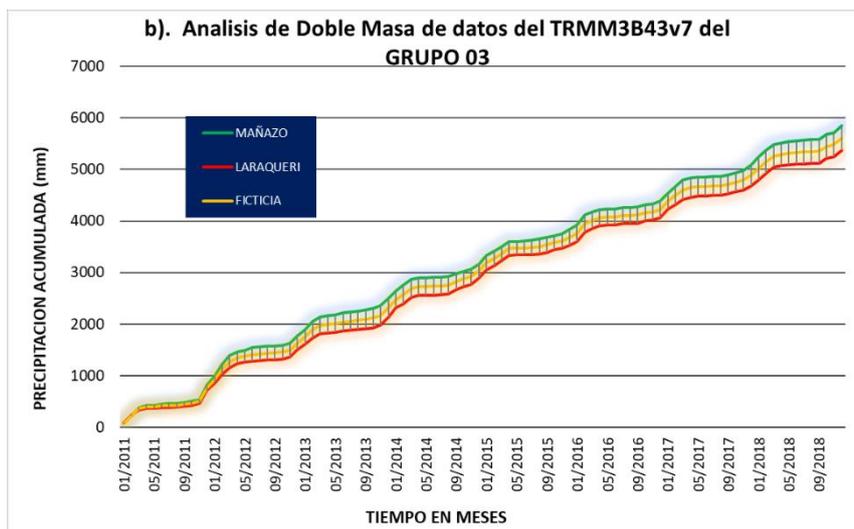
Doble masa de datos del SENAMHI de las estaciones del Grupo 03.



Nota. Es representada la curva de doble masa de las precipitaciones observadas del SENAMHI de las estaciones Mañazo y Laraqueri, donde se aprecia una relación de líneas con la línea Ficticia en la gráfica.

Figura 36

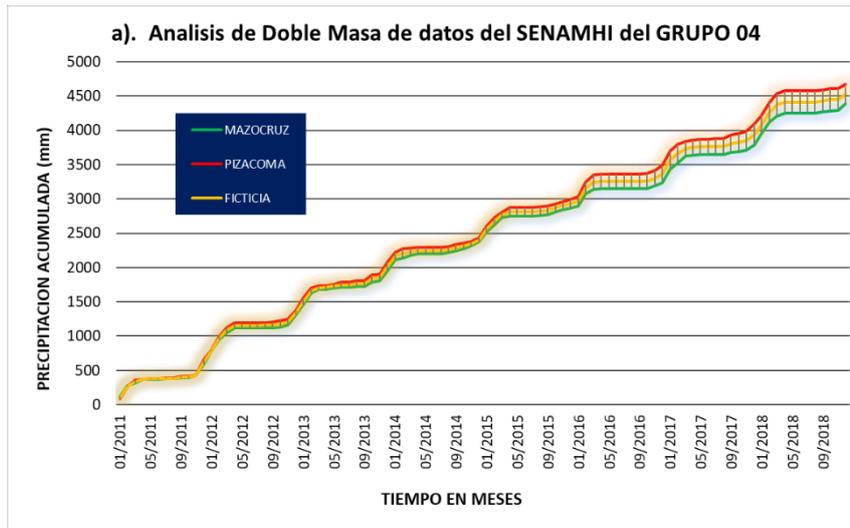
Doble masa de datos del TRMM3B43v7 de las estaciones del Grupo 03.



Nota. Representación de la curva de doble masa de las precipitaciones observadas del TRMM3B43v7 de las estaciones Mañazo y Laraqueri, donde se aprecia una buena homogeneidad de líneas con la línea Ficticia en la gráfica.

Figura 37

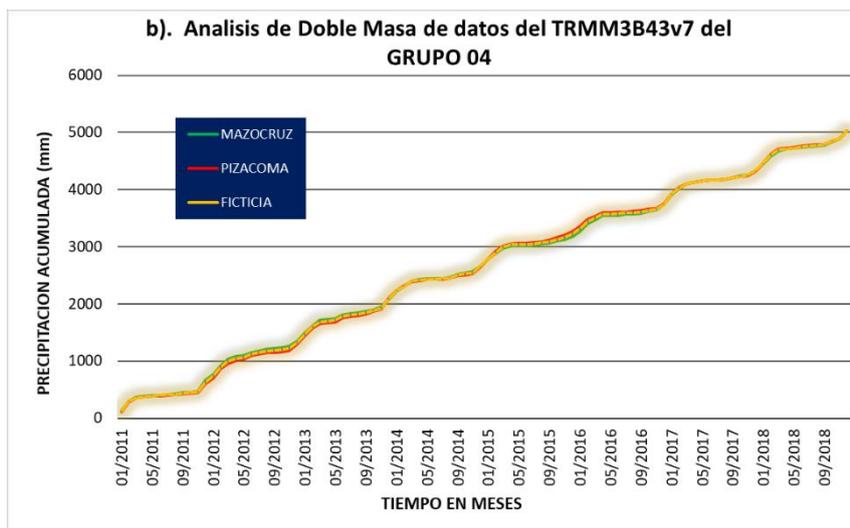
Doble masa de datos del SENAMHI de las estaciones del Grupo 04.



Nota. Se representa la curva de doble masa de las precipitaciones observadas del SENAMHI, de las estaciones de Mazocruz y Pizacoma, donde se aprecia una homogeneidad de líneas en la gráfica.

Figura 38

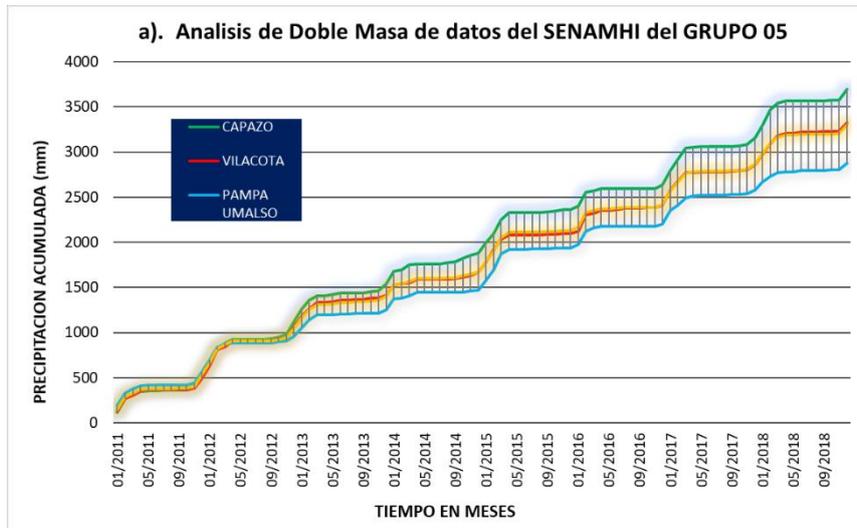
Doble masa de datos del TRMM3B43v7 de las estaciones del Grupo 04.



Nota. En la figura se representa la curva de doble masa de las precipitaciones observadas del TRMM3B43v7, de las estaciones de Mazocruz y Pizacoma, donde se aprecia una buena homogeneidad de líneas en la gráfica.

Figura 39

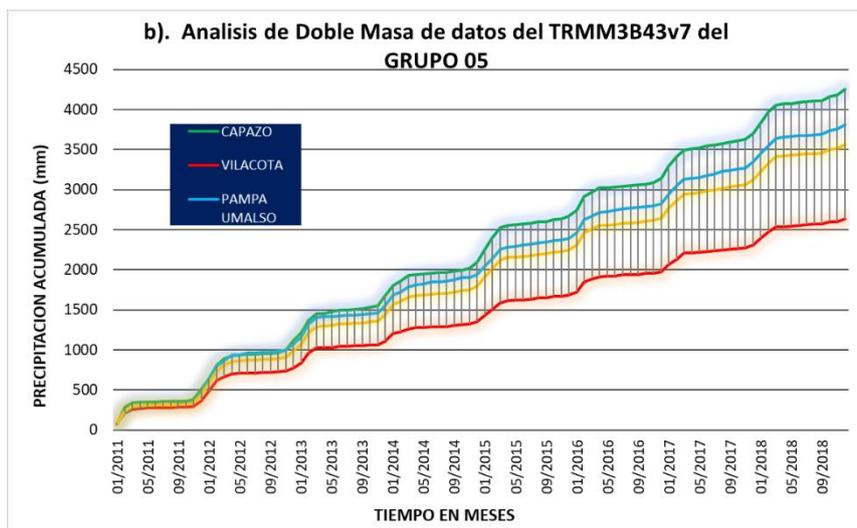
Doble masa de datos del SENAMHI de las estaciones del Grupo 05.



Nota. Se representa la curva de doble masa de las precipitaciones observadas del SENAMHI, de las estaciones Capazo, Vilacota y Pampa Umalso, donde se aprecia una relación baja de líneas en la gráfica.

Figura 40

Doble masa de datos del TRMM3B43v7 de las estaciones del Grupo 05.



Nota. La figura nos representa la curva de doble masa de las precipitaciones observadas del TRMM3B43v7, de las estaciones Capazo, Vilacota y Pampa Umalso, donde se aprecia una buena homogeneidad de líneas en la gráfica.

4.2. Segundo objetivo específico.

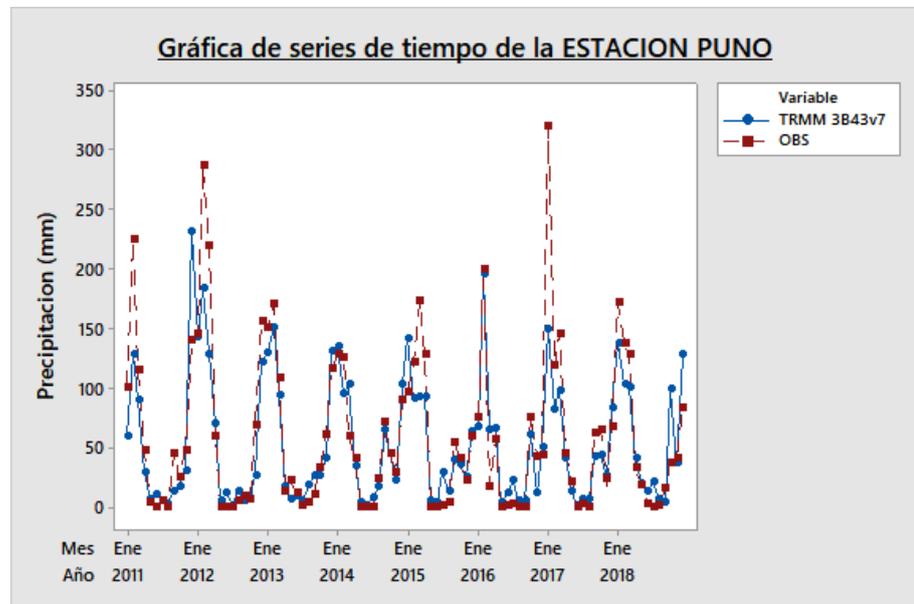
4.2.1. Análisis visual de la comparación de precipitaciones.

En un paso inicial, se realiza el análisis visual comparativo de las series generadas con los datos de precipitaciones tanto de las estaciones meteorológicas, como el de las imágenes de satélite TRMM 3b43v7.

a) Estación Puno

Figura 41

Grafica de series de tiempo de precipitaciones de Puno.

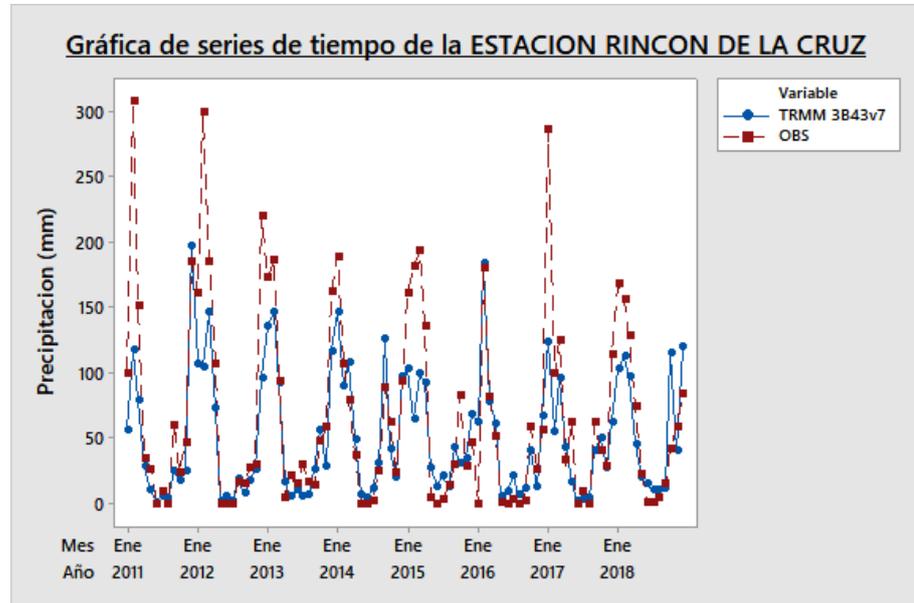


Se observa que los valores son similares en mayor parte de la serie histórica, tanto en lo que respecta meses de avenidas y estiaje lo que nos representa la gráfica de la serie de tiempo entre los datos del TRMM3B43v7 y los datos observados del SENAMHI de la estación Puno, donde se aprecia una buena homogeneidad de líneas en la gráfica.

b) **Estación Rincón de la cruz**

Figura 42

Grafica de series de tiempo de precipitaciones de Rincón de la cruz.



Se visualiza que los valores similares en mayor parte de la serie histórica, tanto en lo que respecta meses de avenidas y estiaje, en cambio en enero y febrero se tiene una aislación de secuencias, donde se aprecia una buena homogeneidad de líneas en la gráfica, estos corresponden a la serie de tiempo de datos de precipitación extraídas del satélite TRMM 3B43v7 y las observadas del SENAMHI de la estación meteorológica de Rincón de la cruz.

4.2.2. Análisis Comparativo estadístico.

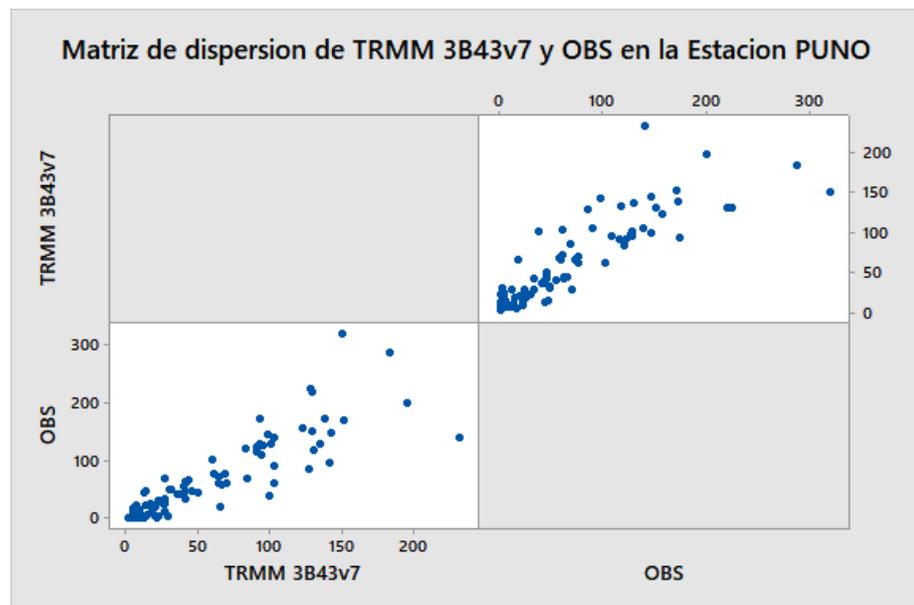
Para este objetivo se utilizó las evaluaciones estadísticas como el coeficiente de correlación (CC) y el coeficiente de determinación (R2), con los cuales se llegó a cumplir el objetivo planteado, desde los programas Minitab y Rstudio.

a. Estación Puno

Se procede a generar las gráficas de matriz de dispersión, diagrama de cajas y el comportamiento de la regresión lineal entre datos de precipitaciones medias mensuales observadas por el SENAMHI con las extraídas de imágenes satelitales del TRMM3B43v7, ambas fuentes de información tanto de las estaciones meteorológicas como de las imágenes de satélite TRMM3B43v7 son tomadas de un solo punto.

Figura 43

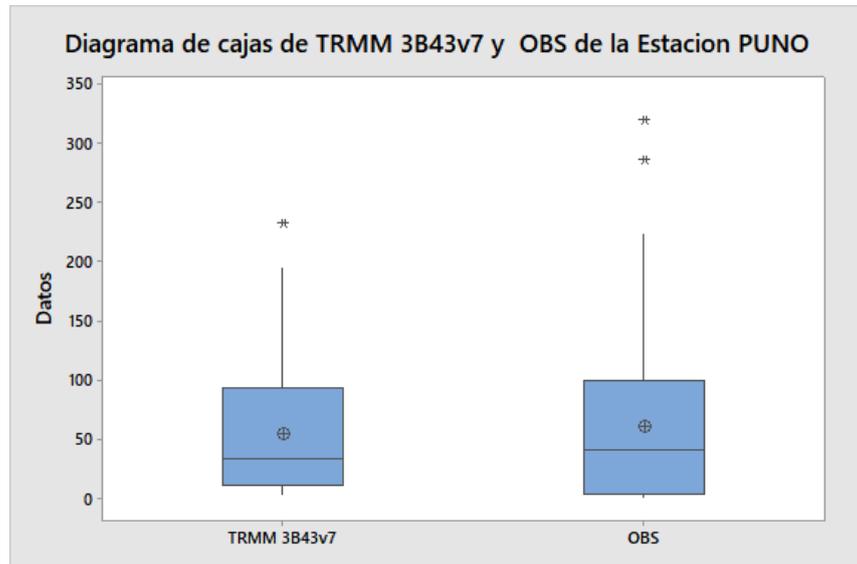
Gráfica de matriz de dispersión en la estación de Puno.



Nota. Observamos la matriz de dispersión para las precipitaciones medias mensuales extraídas del satélite TRMM 3B43v7 y las precipitaciones medias mensuales analizadas observadas por el SENAMHI en la estación de Puno.

Figura 44

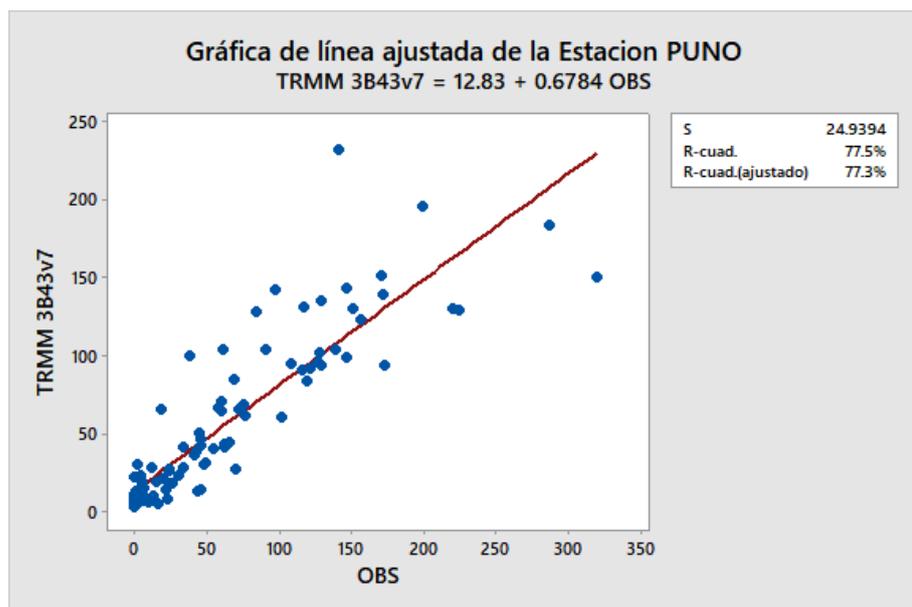
Diagrama de Cajas en la estación de Puno.



Nota. Se puede ver que el diagrama de cajas para las precipitaciones medias mensuales observadas del SENAMHI y las del TRMM3B43v7 en la Estación Puno, son similares cuando estas son presentadas en tiempos similares.

Figura 45

Grafica de matriz de dispersión ajustada en la estación de Puno.



Nota. En la figura se puede observar gráficamente el comportamiento de la regresión lineal, así como también el valor del coeficiente de determinación (r^2) de 77.50% que existe entre ambas fuentes de datos para la correlación entre las precipitaciones medias mensuales extraídas del satélite TRMM3B43v7 y las precipitaciones medias mensuales analizadas observadas por el SENAMHI en la estación de Puno.

Tabla 7

Indicadores estadísticos de comparación de la estación Puno.

INDICADORES ESTADÍSTICOS	
CC	0.88
R2	0.7752
R2 Ajustado	0.7728

Nota. La tabla 7 muestra los resultados que se obtuvieron según los criterios para evaluar la bondad de ajuste de los indicadores.

En la tabla 7 al evaluar ambas bases históricas con el indicador estadístico CC se tiene como indicador a un 0.88 correspondiendo a un resultado “bueno”, y teniendo un R2 de 0.7752 indicando un coeficiente de determinación satisfactorio.

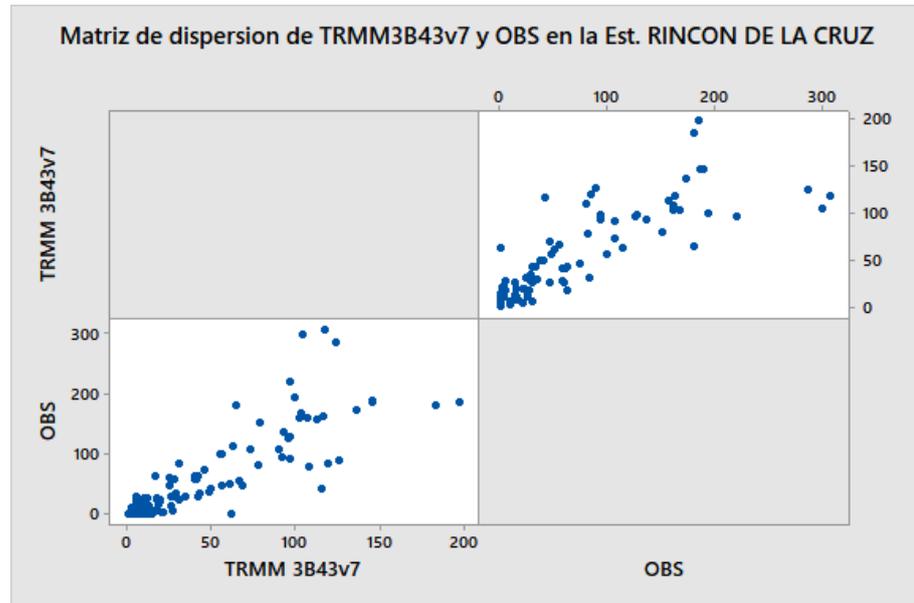
c) **Estación Rincón de la cruz**

Se procede a generar las gráficas de matriz de dispersión, diagrama de cajas y el comportamiento de la regresión lineal entre datos de precipitaciones medias mensuales observadas por el SENAMHI con las extraídas de imágenes satelitales del TRMM3B43v7, ambas fuentes de

información tanto de las estaciones meteorológicas como de las imágenes de satélite TRMM3B43v7 son tomadas de un solo punto.

Figura 46

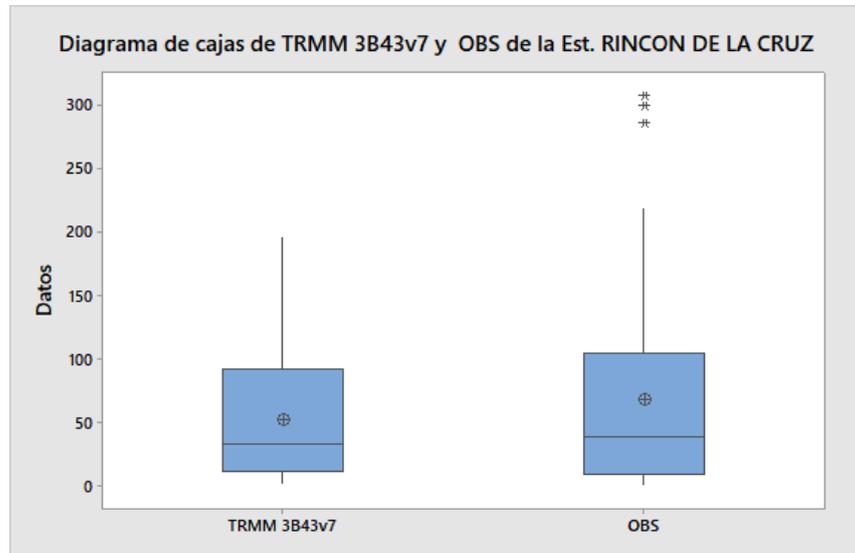
Grafica de matriz de dispersión en la estación Rincón de la Cruz.



Nota. En la figura se observa la matriz de dispersión para las precipitaciones medias mensuales extraídas del satélite TRMM3B43v7 y las precipitaciones medias mensuales analizadas observadas por el SENAMHI en la estación Rincón de la cruz.

Figura 47

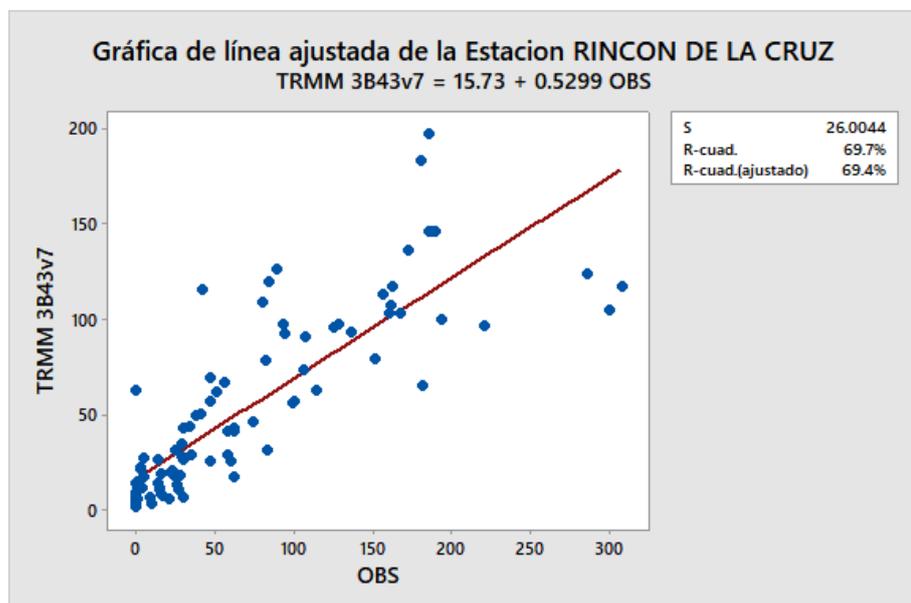
Diagrama de Cajas en la estación Rincón de la cruz.



Nota. En la figura 47 se puede ver que el diagrama de cajas para las precipitaciones medias mensuales observadas del SENAMHI y las del TRMM3B43v7 en la Estación Rincón de la cruz, son similares como se muestran.

Figura 48

Grafica de matriz de dispersión ajustada en la estación Rincón de la Cruz.



Nota. Se observa la matriz de dispersión ajustada con su respectiva ecuación cuadrática para una mejor correlación entre las precipitaciones medias mensuales extraídas del satélite TRMM 3B43v7 y las precipitaciones medias mensuales analizadas observadas por el SENAMHI en la estación Rincón de la cruz, a la vez se puede observar el r^2 de 69.70 %.

Tabla 8

Indicadores estadísticos de la estación Rincón de la cruz

INDICADORES ESTADÍSTICOS	
CC - R	0.835
R2	0.6968
R2 Ajustado	0.6936

Nota. Esta tabla 8 muestra los resultados según los criterios para evaluar la bondad de ajuste de los indicadores.

En la tabla 8 al evaluar ambas bases históricas con el indicador estadístico CC se tiene como indicador a un 0.835 correspondiendo a un resultado “bueno” y teniendo un R2 de 0.6968 indicando un coeficiente de determinación satisfactorio.

Tabla 9*Resumen de Indicadores estadísticos de la comparación.*

Estaciones	Resumen de Indicadores Estadísticos		
	R2 (%)	R2 AJUSTADO (%)	CC - R
PUNO	77.52	77.28	0.88
RINCON DE LA CRUZ	69.68	69.36	0.835
ILAVE	75.34	75.08	0.868
JULI	77.32	77.08	0.879
DESAGUADERO	73.9	73.62	0.86
MAÑAZO	82.09	81.9	0.906
LARAQUERI	80.1	79.89	0.895
MAZOCRUZ	78.59	78.36	0.886
PIZACOMA	81.18	80.98	0.901
PAMPA UMALZO	77.01	76.76	0.878
VILACOTA	86.06	85.92	0.928
CAPAZO	84.35	84.19	0.918

Nota. La tabla 9 muestra el resumen de todos los resultados obtenidos según criterios para evaluar la bondad de ajuste de los indicadores.

Los resultados obtenidos en cada estación donde en la estación Puno, Rincón de la Cruz, Ilave, Juli, Desaguadero, Mañazo, Laraqueri, Mazocruz, Pizacoma, Pampa Umalso, Vilacota y Capazo se tiene el indicador estadístico de R2 (0.7752, 0.6968, 0.7534, 0.7732, 0.7390, 0.8209, 0.8010, 0.7859, 0.8118, 0.7701, 0.8606 y 0.8435) respectivamente, es considerado como “satisfactorio” por estar dentro del rango (0.6968 – 0.8606), por ende, se acepta e indica un comportamiento similar estadísticamente.

Teniendo estos resultados los datos estimados por las imágenes satelitales del satélite TRMM 3B43v7 son de aporte significativo para representar correctamente la precipitación en la cuenca del río Ilave.

4.3. Discusión

Los resultados obtenidos en la presente investigación en comparación de datos de precipitación mensual de las estimaciones por satélite TRMM producto 3B43 versión 7 considerados para el periodo enero 2011 a diciembre de 2018, indican un comportamiento similar al observado. Los indicadores de coeficiente de determinación R2 comprenden entre 0.6968 y 0.8606, considerados como “satisfactorios” dentro de ellos se aprecia a la estación meteorológica Vilacota que nos da como resultado un R2 de 0.86 que es considerado como “bueno”, tal como se muestra en las figuras correspondientes en el Anexo 3 de cada estación meteorológica.

Tabla 10

Resumen de resultados estadísticos en comparación.

Autor	Lugar	Tipo de imagen	Cantidad de Estaciones	R2	CC - R
Coaquira*	Cuenca del río Huancané	TRMM 3B43	7	0.85 - 0.87	0.92 - 0.94
Asurza*	Cuenca del río Huancané	TRMM 3B42RT 3B42V7	11	0.9	
Lujano*	Cuenca Ramis	TRMM 3B43	8	0.49 - 0.91	
Cuadros*	sub cuenca del río Pachachaca	TRMM	57		0.98-1.00
Copa*	Altiplano Central Peru	TRMM	37	0.9	0.80 - 0.91
Calle*	4 regiones de Bolivia	TRMM 3B43v7	183	0.41 - 0.90	0.64 - 0.95
Mamani**	Cuenca del río Ilave	TRMM 3B43v7	12	0.67 - 0.86	0.84 - 0.93

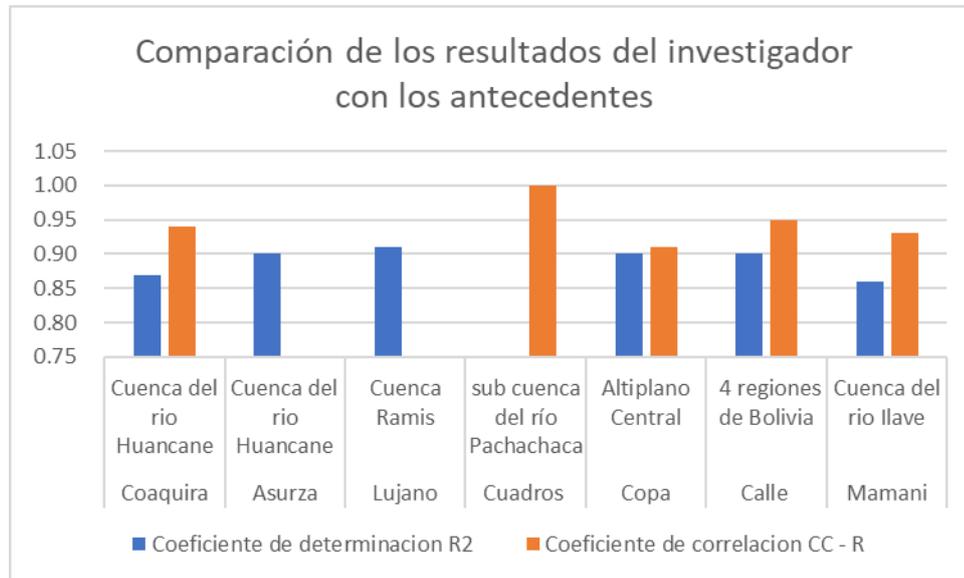
Nota: comparación de los resultados del investigador con los resultados de los antecedentes.

(*) Resultados de autores que se encuentran en los antecedentes

(**) Resultados del investigador

Figura 49

Grafica *de* comparación de resultados del investigador con los antecedentes



En observación de los resultados que tuvo cada autor en las investigaciones que tomamos como antecedentes, se visualiza que nuestros resultados con respecto a los indicadores estadísticos (R2 y R) que se tomaron como alternativa de medición de las comparaciones realizadas en antecedentes y actual investigación, se encuentra dentro del rango de resultados que se obtuvieron en anteriores investigaciones, por ende interpretamos que nuestra investigación se acepta, lo que quiere decir por un porcentaje mayor de significativos satisfactorios se determina que las estimaciones de precipitación obtenidas de imágenes satelitales son un aporte significativo para representar correctamente la precipitación en la cuenca de Ilave.

V. CONCLUSIONES

Primera

En la presente investigación se utilizó 24 series mensuales de precipitación del SENAMHI y TRMM3B43v7 (enero 2011 – diciembre 2018) ubicados en la Cuenca del río Ilave, la calidad de la información fue analizada por proporcionalidad (comparación entre estaciones cercanas en 05 grupos) y homogeneidad (consistencia de doble masa); estas muestran que son similares para ambos productos sin saltos y quiebres, en temporada de lluvias se ven ciertas diferencias, mientras que en la época seca estas diferencias son menores, además se verificó en grupos que en un 80 % de los datos del SENAMHI y TRMM3B43v7 son homogéneos.

Segunda

La comparación de datos de precipitaciones mensuales obtenidas a través de las imágenes satelitales TRMM3B43v7 y las precipitaciones mensuales observadas por el SENAMHI (enero 2011 – diciembre 2018) para la cuenca del río Ilave – Puno. El producto TRMM3B43v7, presenta una buena bondad de ajuste y estimación adecuada de precipitaciones, con resultados del coeficiente de determinación (r^2) es considerado como “satisfactorio” por estar dentro del rango (0.6968 – 0.8606), por ende, indica un comportamiento similar estadísticamente que podemos apreciar en la tabla 9, sobre todo en la estación de Vilacota que nos da como resultado un R^2 de 0.86 que es considerado como “bueno”, las estimaciones de precipitación obtenidas de imágenes satelitales son un gran aporte significativo para representar correctamente la precipitación, comparado con los datos observados por el SENAMHI.



VI. RECOMENDACIONES

Primera

Las entidades formuladoras de proyectos en campos hidrológicos y otros similares deben de tomar en cuenta que el uso de instrumentos digitales extraídos de imágenes satelitales que estiman datos de precipitaciones es de gran importancia, teniendo en cuenta siempre el análisis de consistencia antes de ser utilizados, ya que estas contribuyen en lugares y zonas que no existen instrumentos físicos para obtener los datos reales en la cuenca Ilave.

Segunda

Se recomienda la aplicación de los datos estimados por las imágenes satelitales TRMM 3B43v7 en diferentes campos donde no exista mediciones pluviométricas y donde lo requieran en la jurisdicción de la cuenca Ilave -Puno, monitorear y/o realizar mantenimiento constante a la estación Rincón de la Cruz por parte del SENAMHI ya que se tuvieron datos faltantes y el resultado bajo que se tuvo en comparación con los del TRMM3B43v7.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, J., Felipe, O., Fernandez, C., & (SENAMHI). (2015). *Análisis regional de frecuencia de precipitación anual para la determinación de mapas de sequías en las cuencas Chillón, Rímac, Lurín y Alto Mantaro*. 4(4), 93–108.
- Alexander, F., Véliz, A., Leónidas, C., Taipe, R., & Lavado, W. S. (2018). *Evaluación de los productos Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) y Global Precipitation Measurement (GPM) en el modelamiento hidrológico de la cuenca del río Huancané , Perú Assessment of Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) and Global P*. 9(1), 53–62. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.06>
- Andersen, J., Refsgaard, J. C., & Jensen, K. H. (2001). *Distributed hydrological modelling of the Senegal River Basin D model construction and validation*. 247, 200–214.
- Asurza Veliz, F. A. (2017). Comparacion de los productos TRMM Y GPM para el modelamiento hidrológico en la cuenca del río Huancané. In *Repositorio de la Universidad Nacional Agraria la Molina*. Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Barria Sandoval, P. A. (2010). *Pronóstico de caudales medios mensuales en las cuencas de los ríos Baker y Páscua*. Universidad de Chile.
- Bonilla-ovallos, C. A., & Mesa, O. J. (2017). *Validación de la precipitación estimada por modelos climáticos acoplados del proyecto de intercomparación CMIP5 en Colombia*. 41(158), 107–118.
- Cacñahuaray Huillcahuari, W. J. (2015). *Estimación de la disponibilidad hídrica usando imágenes digitales del satélite TRMM*. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.



- Cahuana, A., & Yugar, W. (2009). Material De Apoyo Didactico Para La Enseñanza Y Aprendizaje De La Asignatura De Hidrologia Civ-233. In *Universidad Mayor de San Simón: Vol. I*.
<https://drive.google.com/file/d/1ZOj42qfAiADdeQukAsx7UjpgWy9g8U-v/view>
- Calle Cordero, S. (2016). *Analisis y evaluacion de los datos de precipitacion de los satelites TRMM Y GPM, en las 4 macro regiones climaticas de Bolivia*. Universidad Mayor de San Andres.
- Carita, I. C. A., Quispe, I. V. L., Castro, I. C. E. C., Salazar, I. B. M. T., Incacutipa, I. B. R. H., Tumi, Ing. Bach. Elmer Salvador Huarachi, I. B. J. C., Carrión, I. B. F. P., Campo, T. de, Chipana, I. B. O. D., Vargas, I. L. V. Q., & Agua), (Autoridad Nacional del agua. (2009). *Evaluacion de los recursos hidricos en la cuenca del rio Ilave (VOLUMEN I)*.
- Carrasco, M. C., Yarlequé, C., Silvestre, E., Mejía, A., & Quiroz, R. (2010). *Reconstrucción de datos faltantes de precipitación pluvial diaria mediante la Transformada Wavelet Da*. 88(2), 76–88.
- Castro Loaysa, E. S. (2014). Evaluación de Imágenes Satelitales de Precipitaciones (TRMM 3B43 mensual) en Región Costa , Sierra y Oriente del Ecuador. In *Universidad de Cuenca: Vol. I*. Universidad de Cuenca.
- Chen, F., & Li, X. (2016). *Evaluation of IMERG and TRMM 3B43 Monthly Precipitation Products over Mainland China*. 1–18. <https://doi.org/10.3390/rs8060472>
- Coaquira Quispe, Y. (2018). Análisis Comparativo De Precipitaciones Medias Mensuales, Utilizando Datos De Satélite Trmm Y Estaciones Meteorológicas En La Cuenca Huancané [Universidad Nacional del Altiplano]. In *Repositorio institucional UNA-PUNO*.



http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2383/Oblitas_Huayllapuma_Elizabeth_Quinto_Apaza_Deyse.pdf?sequence=1

Coaquira Quispe, Y., Calderon Montalico, A. H., & Huaccoto Garcia, P. (2019). *Analisis comparativo de precipitaciones Media Mensuales , Utilizando Datos de Satélite TRMM 3B43 y Estaciones Meteorológicas en la Cuenca Hunancane Puno-Peru.* 2(051), 50–58.

Conde Carrión, L. E. (2018). *Estimación de precipitación por imagen satelital en la provincia de Huamanga, 2014 - 2016.* Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.

Copa Laruta, J. D. (2018). *Analisis comparativo entre la precipitacion de datos del sensor TRMM y las precipitaciones meteorologicas en el altiplano central periodo 2000-2011.* Universidad Mayor de San Andres - BOLIVIA.

Cuadros Loayza, J. A. (2020). *Modelamiento hidrológico de la sub cuenca del río pachachaca con precipitación proveniente de satélite, departamento de Apurímac.* Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

Delgado Quispe, Y. A. (2019). *Validacion y correccion de la precipitacion estimada por satelite del producto CHIRPS, usando el modelo de redes neuronales artificiales en la cuenca del rio Vilcanota - Region Cusco.* Universidad Andina del Cusco.

Diaz, Gonzalo M. ;Cerrudo, Carolina G. ;Juarez, Sabrina H. ; Ferreira, L. J. (2019). Analisis de la relacion espacio temporal entre la precipitacion estimada por el satelite TRMM y la altura hidrometrica observada en la cuenca del rio Iguazu. *Kemampuan Koneksi Matematis (Tinjauan Terhadap Pendekatan Pembelajaran Savi)*, 53(9), 1689–1699.



- Discharges, D., In, M., In, A. B., Estimated, T., & Satellite, B. Y. (2019). *Modelado de caudales diarios en una cuenca del sur del ecuador con precipitación y temperatura estimadas por satélite*. 465–486.
- Draghici, I. F., Necco, G. V., Riddaway, R. W., Snow, J. T., Billard, C., & Ogallo, L. A. (2001). *Directivas de orientacion en la enseñanza y formacion profesional del personal en meteorologia e hidrologia operativa* (O. M. M. ISBN (ed.); Issue volumen 1). Secretaría de la Organización Meteorológica Mundial.
- Gaspari, J., Rodriguez, A., Senisterra, E., & Delgado, M. I. (2007). *Determinación espacio-temporal del índice de agresividad de precipitaciones en el sistema serrano de Ventania . Provincia de Buenos Aires-Argentina*. 49, 57–66.
- Huaman, R. (2018). Respuesta Hidrológica Distribuida Mediante Precipitación Por Satélite Trmm En La Cuenca Del Río Mantaro [Universidad Nacional de Huancavelica]. In *Repositorio Institucional - UNH*. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1802>
- Huffman, G. J., & Bolvin, D. T. (2015). TRMM and Other Data Precipitation Data Set Documentation. *Mesoscale Atmospheric Processes Laboratory, NASA Goddard Space Flight Science Systems and Applications, Inc., April*, 1–44.
- Laura, L., & Felipe, O. (2013). Validacion y correccion de la precipitacion estimada por el satelite TRMM usando redes neuronales artificiales - aplicacion cuencas de Puno. *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología Del Perú (SENAMHI)*, 1(1), 16. <http://www.senamhi.gob.pe/pdf/estudios/hidro2016-0006.pdf>
- Lujano Laura, E., Felipe Obando, O., Lujano Laura, A., & Quispe Aragon, J. P. (2015). Validación de la precipitación estimada por satélite TRMM y su aplicación en la modelación hidrológica del rio Ramis Puno Perú. *Revista Investigacion Altoandina*,



17(2), 221–228.

- Mehta, A. (2016). Satélites , sensores y modelos de sistemas terrestres de la NASA usados para la gestión de recursos hídricos. Applied Remote Sensing Training (ARSET). In *National Aeronautics and Space Administration (NASA)* (p. 70). <https://appliedsciences.nasa.gov/sites/default/files/span-Session2B.pdf>
- Navas, R., Artigas, J., & Cardenas, Y. P. (2015). Estimación De Precipitación Por Radar En La Cuenca De Tacagua Rainfall Estimation By Radar in Tacagua Basin. *Revista de La Facultad de Ingeniería U.C.V.*, 30(1), 59–70.
- Noa Aliaga, R. (2016). *Efectos De Cambio Climatico Sobre Elementos Termopluviometricos En La Cuenca Hidrografica Ilave _Puno*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Olivares, B. O., Cortez, A., Lobo, D., Mayela, R., B, J. C. R., Rodríguez, M. F., Iberoamericano, P., & Doctores, D. (2016). *Estudio de la Sequía Meteorológica en Localidades de los Llanos de Venezuela Mediante el Índice de Precipitación Estandarizado*. 7, 266–283.
- Pari Carrion, F. (2015). *Evaluacion de los recursos hidricos superficiales con fines de planeamiento de la cuenca del rio Ilave*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Parkinson, C. L., Ward, A., & King, M. D. (2006). Earth Science Reference Handbook. In *Earth Science Reference Handbook*.
- Paula, M., Yanina, D., & Skabar, G. (2015). Estimaciones de precipitación por satélite en el área Subtropical de Sudamérica : análisis y validación [Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales]. In *Biblioteca Central Dr. Luis F. Leloir, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires*.



bibliotecadigital.exactas.uba.ar

Scasserra, Daiana;Uriburu Quirno, M. (2016). *Análisis comparativo de curvas IDR obtenidas a partir de estimaciones remotas de precipitación de la misión satelital TRMM y de mediciones pluviográficas in situ. 1*(October 2016), 14.

Villón, M. (2002). *Hidrologia*.

Zubieta, R., Laqui, W., & Lavado, W. (2018). *Modelación hidrológica de la cuenca del río Ilave a partir de datos de precipitación observada y de satélite, periodo 2011-2015, Puno, Perú*. 9(5), 85–105. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2018-05-04>



ANEXOS

ANEXO 01. Procedimiento en Rstudio y Resultados

```
##IMPORTACION DE DATOS##
```

```
precip=read.csv("E:/TESIS/pp_CAPAZO.csv")
```

```
View(precip)
```

```
## clase de cada variable##
```

```
sapply(precip, class)
```

```
summary(precip)
```

```
#diagrama de cajas#
```

```
boxplot(precip[2:3], col = "yellow", ylab = "Precipitacion (mm)", xlab = "Estaciones", main =  
"Diagrama de cajas")
```

```
#matriz de dispersión#
```

```
plot(precip[2:3])
```

```
##Matriz de correlacion#
```

```
cor(precip[2:3], use="pairwise.complete.obs")
```

```
##REGRESION LINEAL##?
```

```
plot(precip[2:3], ylab = "TRMM 3B43", xlab = "OBSERVACION", main = "MATRIZ DE  
DISPERSION")
```

```
lnmd = lm(precip[2:3])
```

```
abline(lnmd, col="red")
```

```
lnmd
```

```
summary(lnmd)
```

```
PUNO
```

```
Residual standard error: 32.37 on 94 degrees of freedom
```

```
Multiple R-squared: 0.7752, Adjusted R-squared: 0.7728
```



F-statistic: 324.1 on 1 and 94 DF, p-value: $< 2.2e-16$

RINCON DE LA CRUZ

Residual standard error: 40.97 on 94 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.6968, Adjusted R-squared: 0.6936
F-statistic: 216.1 on 1 and 94 DF, p-value: $< 2.2e-16$

ILAVE

Residual standard error: 33.15 on 94 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.7534, Adjusted R-squared: 0.7508
F-statistic: 287.3 on 1 and 94 DF, p-value: $< 2.2e-16$

JULI

Residual standard error: 44.55 on 94 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.7732, Adjusted R-squared: 0.7708
F-statistic: 320.5 on 1 and 94 DF, p-value: $< 2.2e-16$

DESAGUADERO

Residual standard error: 36.45 on 94 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.739, Adjusted R-squared: 0.7362
F-statistic: 266.1 on 1 and 94 DF, p-value: $< 2.2e-16$

MAÑAZO

Residual standard error: 26.22 on 94 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.8209, Adjusted R-squared: 0.819
F-statistic: 430.8 on 1 and 94 DF, p-value: $< 2.2e-16$

LARAQUERI

Residual standard error: 33.11 on 94 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.801, Adjusted R-squared: 0.7989
F-statistic: 378.5 on 1 and 94 DF, p-value: $< 2.2e-16$

MAZOCRUZ

Residual standard error: 26.73 on 94 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.7859, Adjusted R-squared: 0.7836
F-statistic: 345 on 1 and 94 DF, p-value: $< 2.2e-16$

PIZACOMA

Residual standard error: 26.93 on 94 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.8118, Adjusted R-squared: 0.8098



F-statistic: 405.4 on 1 and 94 DF, p-value: $< 2.2e-16$

PAMPA UMALSO

Residual standard error: 22.34 on 94 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.7701, Adjusted R-squared: 0.7676
F-statistic: 314.8 on 1 and 94 DF, p-value: $< 2.2e-16$

VILACOTA

Residual standard error: 18.51 on 94 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.8606, Adjusted R-squared: 0.8592
F-statistic: 580.6 on 1 and 94 DF, p-value: $< 2.2e-16$

CAPAZO

Residual standard error: 21.15 on 94 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.8435, Adjusted R-squared: 0.8419
F-statistic: 506.7 on 1 and 94 DF, p-value: $< 2.2e-16$



ANEXO 02. Datos de Precipitación Mensuales Obtenidas del SENAMHI de cada Estación Meteorológica.

AÑOS	PRECIPITACIONES MEDIAS MENSUALES - ESTACION PUNO												Total general
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
1964		95	112.9	54.1	11.8	0	0	6.6	22.2	7.8	50.2	47.6	408.20
1965	120.5	174.8	62	30.1	0.8		0.6	7.1	32.2	20	47.7		495.80
1966	32.5	79.9	145	13	40.3		0.5		1	42.9	61	27.8	443.90
1967	72.8	112	214.5	12.8	12.9	0	16.9	27.8	61.5	43.7	4	121.3	700.20
1968	108.5	124.5	111.4	72.7	10.4	12.3	3.7	2.8	15.5	55.7	62.8	50	630.30
1969	158.4	95	78.1	33.7	0	0.2	3.2	0.9	4.5	25.7	52.6	51.5	503.80
1970	140.4	53.8	191.7	33.5	7.5	0	0	0.9	10.4	18	14.6	90.3	561.10
1971	107.8	252.8	43.9	25.2	0	2.9	0	9.1	1.2	19.5	92.6	87.3	642.30
1972	226.6	132.3	164	37	6.8	0	0	0	37.3	32.1	46.6	125.9	808.60
1973	244.9	131.7	159.1	93.6	17.3	0	1.8	6.1	32.5	16.4	29.8	70.8	804.00
1974	252.6	206.4	55.5	57.8	0.2	2.5	0.2	49.2	36.5	12.5	27.3	47	747.70
1975	150.4	180.4	163.7	37.5	43.7	0.7	0.1	6.5	48.7	53.3	24.7	202.6	912.30
1976	227.4	154.9	169.2	25.6	9.9	0.4	1.4	16.9	44.4	9.1	11.6	94	764.80
1977	74.9	205.9	210	5.8	8.8	0	2.3	0	48.1	53.9	49.7	105.7	765.10
1978	227.6	95.3	136.3	28.3	0.4	0	3.2	0.4	17.5	24.1	143.1	156.4	832.60
1979	131.1	31.5	146.9	44.1	1.4	0	0.9	1.8	8.5	45.5	30.7	84.9	527.30
1980	60.8	57.3	257.6	19.3	1.3	0.1	4.7	13.5	66.1	72.4	26.2	34.2	613.50
1981	134.4	207.5	111.3	68.9	4.7	0	0	37.8	21.1	25.6	49	123.5	783.80
1982	233.9	85.7	100.2	71.1	6.5	1.4	5.7	0	52.9	114.4	101.4	25.3	798.50
1983	21.4	70.5	54.8	58.3	14.2	2.3	1.5	4.8	46.4	26.7	23.7	110.3	434.90
1984	317.3	320.1	234.6	44.4	10.8	11.7	3.7	25.7	0	134	97.3	89.9	1,289.50
1985	125.1	341.3	113.9	107.6	24.9	27.3	0	8.2	40.1	28.9	127.3	125.4	1,070.00
1986	151.6	242.5	232.1	102.7	3.2	0	5.2	8.4	42	4.2	9.2	131.6	932.70
1987	224.3	67.5	77.8	44.2	1.7	3.8	12.5	0	4.3	58.4	110.8	24.6	629.90
1988	202.5	85	215.5	86.3	23.3	0	0.3	0	20.5	56.8	59.2	99	848.40
1989	193.2	141.4	136.2	101.8	0	0.4	1.7	14.7	17.6	14.2	21.4	32.4	675.00
1990	177.7	22.4	59.9	43	12.1	54.7	0	11.8	10.1	105.8	96.3	62.3	656.10
1991	125.3	67.7	185.8	46.2	6.8	33.6	0	3	14.7	20.4	44	41.5	589.00
1992	75	87.5	17.6	39.1	0	0	2.3	42.2	0	34.4	29.4	55.1	382.60
1993	175	101.3	106.5	53	6.6	1.1	0	37.9	18	69.1	79.2	110.7	758.40
1994	180.8	183.1	104.2	125.3	29.9	0.4	0	0	18.3	36.6	52.6	73.2	804.40
1995	122.7	87.4	139.4	2.1	4.1	0	0	3	21.9	15.3	45.8	85.1	526.80
1996	218.8	157.9	68	76.3	0	0	2.9	12.8	0.8	10.4	69.7	136.6	754.20
1997	232.5	205.5	113.4	88.6	1	0	0	21.9	108.3	30.1	62.9	44.9	909.10
1998	196.4	112.9	129.1	34.2	0	4.9	0	4.3	4.5	26.9	43.9	56	613.10
1999	193.1	244.4	202.4	86	7.5	0	0	1.9	16.1	150.3	30.4	70	1,002.10
2000	159.7	217.4	105.1	40.3	0.4	2.3	4.2	17.9	14.6	95.8	13.9	69	740.60
2001	250	201.3	238.2	69.8	12.2	2.2	0	12.5	27.1	62.4	62.2	81	1,018.90
2002	127.8	177.6	160	120.1	15.4	21.1	22.7	30.6	11.6	65.9	43.8	139.2	935.80
2003	167.9	114.2	117.2	50.1	36.7	4.8	0.2	9.6	42.9	25.4	8.6	131.8	709.40
2004	208.9	125.2	115.5	29.2	6.2	0	10.2	43	34.3	5.6		59.1	637.20
2005	103.3	157.9	118.8	61.5	0.4	0	0	0	11.8	39.5	80.5	99.4	673.10
2006	291.1	62.3	149.6	51.2	3.4	0.9	0	0.6	21.2	37.4	52.4	100.3	770.40
2007	81.7	173.7	234.7	50.9	14.4	0	3.3	1.6	61.3	77	44.2	69.3	812.10
2008	214.5	85.8	95.4	8.4	6.8	1.4	0.2	0.8	2.4	79.4	27.2	132.2	654.50
2009	166	130.4	154	83	0.4	0	2.5	0	16.4	56.4	88.5	62.9	760.50
2010	97.3	194.7	54.7	10	20.1	0	0	5.2	4.8	33.4	15	146.7	581.90
2011	100.9	224.2	115.8	48	4.8	0	6.4	0.2	45.8	25.7	48.5	140.2	760.50
2012	146.2	285.9	219.1	60.1	0	0.2	0	5.6	9.8	7.6	69.5	155.9	959.90
2013	150.6	170.2	108	14.3	22.4	12.5	1.5	4.5	11.6	32.9	61.4	117.1	707.00
2014	128.4	126.3	60.5	40.9	0.1	0	0.2	23.9	71.9	45.2	29.8	90	617.20
2015	96.5	121.5	172.8	128.3	0.2	0	1.8	4	54.5	41.5	23.2	59.4	703.70
2016	75.1	199.2	17.8	57.5	0.5	2	3.4	0	0.3	76	43	44.7	519.50
2017	319.3	119.2	145.7	45.5	21.7	0	2.6	0	62.3	65.2	23.9	67.9	873.30
2018	171.7	138.1	128.1	33.2									471.10
MEDIANA	161.02	146.19	133.37	52.83	9.20	4.00	2.49	10.34	26.86	44.21	50.27	87.94	718.67
DES. EST.	68.04	70.30	59.27	31.01	10.78	9.93	4.31	13.00	22.98	32.23	31.06	40.14	178.70
VARIANZA	4,629.82	4,942.12	3,513.16	961.73	116.17	98.54	18.61	169.12	528.14	1,038.70	964.83	1,611.41	31,934.58
TOTAL	8,695.10	8,040.20	7,335.50	2,905.50	496.90	208.10	134.50	548.00	1,450.30	2,387.40	2,664.30	4,660.80	39,526.60



AÑOS	PRECIPITACIONES MEDIAS MENSUALES - ESTACION RINCON DE LA CRUZ												Total general
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
1991							7.7	7.4	13.7	41.7	49.2	57.2	176.90
1992	125.9	75.6	68.4	47.2	0	0	6.2	35.7	4.4	23.2	58.4	45.5	490.50
1993	177.9	30.7	105.6	38.4	9	0.5	0	37.9	27.5	51.1	82.4	69.9	630.90
1994	117.9	103.7	78.9	86.2	17.8	0.4	0.1	0	1.6	31.3	62.1	192.4	692.40
1995	112	111.4	172.6	6	6.3	0	1.8	6.8	13.7	12.3	70.9	136.9	650.70
1996	184	199.3	100.7	45.9	0.5	0	20.8	7.1	12.5	6.8	87.6	105.3	770.50
1997	227.9	148.4	115.2	55.8	6.7	0	0	40.3	87.1	30.7	107.9	47.5	867.50
1998	108.9												108.90
2006										32.1	74.6	81.3	188.00
2007	99.9	91.5	198.6	66.8	3.8	0	8.6	8.2	108.3	53.5	66.5	93.1	798.80
2008	262.6	101.8	97	6.7	8.5	3.8	3	4	2.4	72.4	17.5	120	699.70
2009	148.2	132.1	138.4	69.7	0	0	3.8	0	29.6	95.7	124.2	78.7	820.40
2010	203.8	167.9	100.7	23.9	20.9	0	0	3.8	9.6	68.3	0	127.5	726.40
2011	99.7	307.3	151.4	35.1	26.4	0	8.8	0	59.8	23.9	46.7	185.2	944.30
2012	161.2	299.2	185.4	106.4	0	0	0	16	15.3	27.3	29.4	219.9	1,060.10
2013	172.6	186.7	94	4.5	20.9	15	29.4	16.9	13.7	47.2	58.1	161.8	820.80
2014	188.8	106.7	79.4	37.5	0	0	2.2	24.4	88.5	62.2	23.2	93.2	706.10
2015	160.5	180.8	193.4	135.9	5	0	2.8	13.9	29.5	83.2		46.6	851.60
2016	0	180.3										55.8	236.10
2017	285.8	99.2	125.3	33.3	62.3	0	9.6	0	61.7	40.9	28.6	114.1	860.80
2018	167.5	156.6	127.8	74.2									526.10
MEDIANA	158.16	148.84	125.46	51.38	11.76	1.23	6.16	13.08	34.05	44.66	58.08	106.94	648.93
DES. EST.	64.81	71.50	41.61	35.80	15.99	3.79	8.03	13.70	33.91	24.35	32.57	52.70	268.12
VARIANZA	4,199.86	5,112.56	1,731.05	1,281.63	255.66	14.37	64.47	187.80	1,149.57	592.94	1,061.11	2,777.11	71,890.26
TOTAL	3,005.10	2,679.20	2,132.80	873.50	188.10	19.70	104.80	222.40	578.90	803.80	987.30	2,031.90	13,627.50



AÑOS	PRECIPITACIONES MEDIAS MENSUALES - ESTACION ILAVE												Total general
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
1963											12.2	62.5	74.70
1964	59	49.3		36	16	0	0	8.5	39.5	13.5	75.5	35.9	333.20
1965	10.6	21.8	15.7	6.4	0.8	0	0	0	26	20	10.5	98	209.80
1966	56	86.5	23	21	52.4	0	0	0	1.6	30.9	8.6	98.9	378.90
1967	109.8	132.4	108.4	12.9	13.3	0	13.1	9.4	39.8	36.7	14.8	112.6	603.20
1968	100.4	172.2	139.9	36	31.3	19.9	4.2	1	16.1	25.6	139	53.2	738.80
1969	232.4									15.2	21.3	39.9	308.80
1970	127.9	154.3	176.9	57.7	17.4	2.4	3.7	0	51.5	25.1	24.9	121.7	763.50
1971	110.8	221.3	45.5	47.2	1.8	10.1	0.1	20.3	0	18.4	64	111.7	651.20
1972	234.2	120.2	85.9	21.7	0	0	6.4	4.5	27.7	15.7	28.6	122.4	667.30
1973	267.8	143.9	168.3	83.5	12.2	0	9.9	20.1	38.5	29.1	23.4	47.1	843.80
1974	211.6	285	57	52	0	4	0	107.1	10	35	15	66	842.70
1975	162	191.1	103	25	37	27	0	10	41	62	9	199	866.10
1976	238	150	101	25	11.8	3	1	47	68	4	6	78	732.80
1977	87	156	231	5	1.3	0	15.6	2.8	58.4	39.4	104.8	70.7	772.00
1978	216	122.9	82.4	23	0	0	5.1	11.4	28.6	7.9	124.3		621.60
1979													
1980													
1981													
1982													
1983													
1984	279	286.9	180	28.5	11	14.8	3	12.6	1	80.4	87.9	45.8	1,030.90
1985	138.4	283.6	125.8	94.8	29	23	0	4.2	72.4	47.8	198.2	173	1,190.20
1986	160.3	265.1	200.3	108.3	8.8	0	3.4	4.3	20.3	23.9	45.5	133.7	973.90
1987	227.6	79.5	70.1	29.5	1.1	7.3	19.1	4.8	20.2	46.1	89.3	18	612.60
1988	154.3	57.7	168.4	102.7	13.7	0.4	2	0	19.8	36.5	9	71.3	635.80
1989	207.3	120.7	137.4	96	0.1	3.9	7.8	9.6	30.6	14.2	18.1	47.6	693.30
1990	154.5	38.4	60.2	49.3	25	67.7	0	15.5	7.4	65.7	98	131.1	712.80
1991	74.2	75.1	115.2	50.6	20	43.4	6.4	4	14.2	42.7	20.1	62.9	528.80
1992	152.4	88.8	29.7	8.2	0	1.4	1.4	55.5	2.4	38.8	57.8	45.1	481.50
1993	191.7	36.7	125.3	62.5	4.3	1	0	45.3	20	23.8	65.3	94.2	670.10
1994	128.1	127.6	100.6	58.1	14.8	0	0	0	5.2	10.8	39.5	117.1	601.80
1995	111.9	74.4	144.1	14.6	5.7	0	0	4.2	9.6	11.2	47.5	112	535.20
1996	230.4	157.7	33.7	32.1	2	0	7.2	30.5	12	9.5	77.6	91.9	684.60
1997	288	168.8	146.7	60.7	1.4	0	0	61.7	96.1	26.6	92.2	50.2	992.40
1998	98.5	112.3	51.8	63.1	0	13	0	0.1	4.6	41	45.1	43.1	472.60
1999	101.3	158	222.4	84.2	23	0.6	1.5	3.9	21	123.3	17.9	61.2	818.30
2000	258.2	169.9	139.6	14.4	4.9	4.4	9.3	6.4	3.2	51.5	1	100.8	763.60
2001	303.7	221	177.2	44.1	2.5	0.1	15	23.9	12.2	54	37.8	106.9	998.40
2002	103.3	243.6	223.4	165.9	20.9	18.6	44.8	14.2	11.7	69.8	80.7	103.8	1,100.70
2003	161.4	83	152.7	40.6	24.3	0.5	0	10.3	52.2	14.1	17.9	88.1	645.10
2004	285.7	134.1	52.6	16.1	13.5	1.6	22.1	38.3	15.9	2	22.4	62.6	666.90
2005	125.7	142.5	77.5	24.8	8.3	0	0	0	26.2	58.7	55.7	88.2	607.60
2006	331.9	82.3	113	57.7	0.8	5.4	0	8.9	27.7	25.6	99.6	81.1	834.00
2007	92.9	61.8	206.2	72.4	2.5	2.1	7.8	5.2	41.5	27.5	29.9	86.3	636.10
2008	244.1	96.9	68.8	17	1.8	1.4	7.2	3.2	1.4	53.7	0.6	143.6	639.70
2009	107.7	121.7	86.7	56.5	1	0	8.2	0	40.5	35.2	158	57.4	672.90
2010	185.5	144.3	64.4	23.9	55.4	0	0	0	9.9	39	7.8	0	530.20
2011		165.5	151	7.5	4	0	11	0	23.1	22.6	16	117.6	518.30
2012	126.3	243.2	184.8	43.5	0	1.2	0	4.2	12.5	7.5	20.7	278	921.90
2013	142	158	39.3	3.6	43.5	18.3	7.2	6.5	2.5	46	19.1	173.3	659.30
2014	187.7	101.2	36	18.6	0	0	3.3	19.3	121	31.1	20.1	100.7	639.00
2015	128.6	134.8	165	91.5	11.6	0	6.1	9.2	34.5	31.9	12.9	69.6	695.70
2016	71.3	200.1	110.2									100.7	482.30
2017	231.2	118.8	113.1	32.7	57.7	1.2	22.4	0	44.1	24.3	30.8	84.9	761.20
2018	124.3		141.2	45									310.50
MEDIANA	165.98	140.85	115.68	45.24	12.93	6.33	5.86	13.79	27.31	33.65	47.39	91.01	669.15
DES. EST.	74.29	67.03	58.20	33.14	15.52	12.83	8.41	20.57	25.21	22.45	44.47	48.10	218.53
VARIANZA	5,519.51	4,492.60	3,387.75	1,098.21	240.88	164.55	70.79	423.32	635.60	504.06	1,977.15	2,313.79	47,756.85
TOTAL	8,132.90	6,760.90	5,552.40	2,171.40	607.90	297.70	275.30	647.90	1,283.60	1,615.30	2,321.90	4,459.40	34,126.60



AÑOS	PRECIPITACIONES MEDIAS MENSUALES - ESTACION JULI												Total general
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
1970				44.5	8.3	0.2	3.5	0	30.7	34	24.4	176.2	321.80
1971	167.3	340.4	77.5	74.9	3.8	2.3	0	11.5	0	29.5	89.5	141.5	938.20
1972	291.7	221	162.7	24	0.3	2.7	3.8		26.9	13.4	50	148.5	945.00
1973	256.1	204.7	146	106.7	15.4	0	8.1	17.1	44.6	45.4	30.9	65.6	940.60
1974	271.6	350.2	62.5	199.1	3	4.2	0.2	101.2	22.5	32.6	29.4	32.6	1,109.10
1975	189.3	267.6	156.7	16.6	55.6	9.7	0	9.7	36	95.9	35.7	262	1,134.80
1976	337.5	213	136.3	21	44	1	2.4	43.6	63.4	9.5	5.9	51.1	928.70
1977	91.9	272.5	225.2	5.4	0	0	14.5	0	57.6	66.4	162.8	106.8	1,003.10
1978	258.7	99.5	117.5	19.7	0	0	4	8.7	22.9	0.9	82.5	150.3	764.70
1979	195.1	110.8	231.9	87.9	2.2	0	14.1	2.2	4.1	47.1	112.2	133.7	941.30
1980	190.3	90	243.8	14.2	2.4	0	13.3	32.7	102	49.2	26.2		764.10
1985	124.5	297.6	146.9	128.1	34.8	30.8	0	10.5	101.5	9	157.8	157.3	1,198.80
1986	123.3	267.3	178.7	105	6.3	0	3.6	37.3	15.2	29.5	33.7	139.5	939.40
1987	296.3	70.3	82.6	37.3	5.5	8.7	19.2	1.3	18.6	64.2	155.4	43.7	803.10
1988	294	76.2	239.1	134.9	9	0.2	1	0	22.6	58.7	25.5	98.4	959.60
1989	150.9	176.5	195.1	111.3	16.4	0.8	9.3	17.3	18.1	3.7		45.4	744.80
1990	205	50.4	48.3	51.2	13.6	48.5	0	18.9	19.9	68.4	64.8	174.1	763.10
1991	147.1	92	162.6	70.8	10.1	31.5	3.8	0.6	11.8	49.8	30.9	58.7	669.70
1992	174.6	128	43.1	32.8	0	0.7	3.7	40.9	0	24	72.6	60.7	581.10
1993	219.6	87.7	185.7	29.7	8.7	2.9	0	35.1	21.1	73	122	67.8	853.30
1994	183.2	152.1	109.5	57.7	11.7	0	1.6	0	7.9	14.3	69.2	165.3	772.50
1995	128.9	97.2	143.2	19.9	6.1	0	0.6	7.2	17.8	26.7	71.6	117.2	636.40
1996	185.9	136.3	137.6	32.3	18.8	0	9.1	38	4.5	26.6	65.8	113	767.90
1997	264.1	212	170.7	66.1	11.1	0	0	64	79.7	35.9	79.5	54	1,037.10
1998	132.4	76.9	143.7	69.3	0	13.4	0.2	0	12.3	78	63.1	56.6	645.90
1999	150.5	285.5	302.1	68.4	30.1	2.2	3.1	1.9	58.1	130.3	18.5	93.8	1,144.50
2000	254.4	257.2	137.7	17.6	10.9	14.3	0.6	17	1.2	62.2	1.9	112.2	887.20
2001	324.1	242.3	256.4	57.4	7.9	1.9	12.7	30.9	18.8	61.4	20.1	116.2	1,150.10
2002	134.5	224.9	238.7	137.8	8.6	15.3	43.6	10.9	3.7	39.4	37.2	105.9	1,000.50
2003	228.3	133.1	297.3	59.2	23.4	0	5.9	12.6	42.6	24.6	22.4	92.6	942.00
2004	322	116	68.4	54.9	11.6	2	34	49.9	25.3	11.1	24.7	127.3	847.20
2005	134.3	181.2	84.6	36.4	1.5	0	0	1	24.7	61.2	54	163.9	742.80
2006	346.4	197.3	169.2	49.6	4.2	37.3	0	2.3	13.9	43.5	112.8	89.7	1,066.20
2007	82.1	136.4	235.8	95.3	13.4	1.2	8.3	5.1	30.4	44.4	30	155.5	837.90
2008	298.1	109.5	88.7	44.4	0.8	2.5	1.2	0.5	0.7	52	15.9	171.1	785.40
2009	162.7	205.8	180	77	0	0	6.6	0	54	34	125.9	128.5	974.50
2010	216.7	235.5	108.6	12.4	55.2	0	0	1.3	13.1	62.5	13.1	117	835.40
2011	249.1	305.4	193.5	68.7	6.4	0	12	3.6	56	21.8	71.7	262.4	1,250.60
2012	245.9	334.2	244.3	81	0	1.2	1.3	1.5	5.4	16.8	34.1	239.8	1,205.50
2013	165	205.1	128.5	9.1	36.8	40.4	9.1	10.2	2.1	73	58.9	165.4	903.60
2014	259.4	122.9	67.1	40.2	5.7	0	2	26.3	82.7	44.8	46.9	87.9	785.90
2015	262.8	170.7	214	169.2	0.4	0.2	16.7	15.6	34.9	29.2	20.7	73	1,007.40
2016	95.3	271	7				8					124	505.30
2017	326.5	194.4	152.1		35.3	0.1	8	0	53.9	26.1	56.6	125.6	978.60
2018	257.8	240.4	175.1	31.7									705.00
MEDIANA	213.53	187.70	156.73	62.11	12.54	6.42	6.57	16.39	29.84	42.42	57.78	120.27	882.66
DES. EST.	73.04	81.86	69.37	44.36	14.65	12.34	8.89	21.12	26.81	26.18	42.18	54.94	191.99
VARIANZA	5,334.68	6,700.31	4,812.04	1,967.79	214.58	152.21	79.07	446.05	718.92	685.43	1,779.34	3,018.92	36,858.68
TOTAL	9,395.20	8,259.00	6,896.00	2,670.70	539.30	276.20	289.10	688.40	1,283.20	1,824.00	2,426.80	5,171.80	39,719.70



AÑOS	PRECIPITACIONES MEDIAS MENSUALES - ESTACION DESAGUADERO												Total general
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
1970			96.3	37.2	2.4	0	0	1.3	16.8	21.4	22.8	153.1	351.30
1971	147.6	211.4	40.1	40	0.3	0.7	0	3.2	0	12.2	77	68.8	601.30
1972	222.6	153.5	139.6	14.3	0	1.2	3.7	1.5	24.6	43.6	31.4	136.5	772.50
1973	326.3	214.9	110.4	37.2	13.6	0	13.6	18	45.6	43	16.3	42.2	881.10
1974	222.1	237.7	38.1	61.6	0.5	3	0.9	78.8	7.5	23.1	26	62.3	761.60
1975	221.2	211.4	120.7	9	27.8	26.1	1.2	8.8	19.7	27.8	16.7	129.6	820.00
1976	203.4	114.2	99.6	18.2	8	0	17	69.2	75.5	0	4.5	48	657.60
1977	95.9	223	179.2	7.5	0.2	0	8	2	2	72.8	96	103.5	790.10
1978	287	77.9	145.9	8.4	0	0	10	9	36.3	20.4	128.9	81.5	805.30
1979	222.6	78.3	231.6	29.3	4.4	0	2.4	0.2	0	36.1	83.5	121.8	810.20
1980	103.3	56.5	219.6	5	6	0	0.4	21.5	27.8	43.6	12.2	53.4	549.30
1981	216.8	222.9	115.8	110.1	3.1	0	0	19.9	32	46.8	41	129.9	938.30
1982	299.4	63.3	64	66.4	0	0	0.5	7	72.9	95	67.8	29.1	765.40
1983	37.9	72.6	48.1	35.5	3.8	4.1	2.5	11.5	17.2	4.7	21.2	182.6	441.70
1984	417.6	283.4	229.9	38.3	46.9	21.7	0	1.7	0	69.8	90.8	79.5	1,279.60
1985	132.9	284.2	126.9	114.8	12.1	22.1	0	17.7	60.4	4.2	172.6	177.8	1,125.70
1986	210.6	282.9	428.5	53.4	5.9	1.8	4.7	5.6	23.4	18.1	75	168.1	1,278.00
1987	344.8	82.8	23.5	30.2	5.6	20	29.6	4.3	24.2	75	138.6	48.2	826.80
1988	216.8	78.6	189	78.6	7	0.2	3.5	0	13.7	20.4	2.5	125.5	735.80
1989	123.4	83.5	94.6	61.6	0.9	0.4	19.8	3.6	9.7	44	39.9	63	544.40
1990	151.1	86	67.8	80.1	8.6	69.1	0	31.8	6.8	38	127.2	135.4	801.90
1991	106.2	72.7	117.1	33.7	8.2	38.5	2	0	0.8	21.2	39	46.7	486.10
1992	182.4	145.2	26.1	63.6	1	3.7	4	24.2	0	25.2	31.5	70.5	577.40
1993	211.2	80	116.1	20.1	8.3	2.6	0	49.5	26.5	60.5	85.1	93.1	753.00
1994	118.6	218.5	83.8	25	9.2	2	2.3	0	1.7	4.1	93.1	122.6	680.90
1995	121.9	134.4	115.5	24.1	0	0	0	6.8	16.9	1	43.1	186.3	650.00
1996	203.7	90.6	66.3	30.4	5	0	0.5	58.3	20.2	12.7	67.9	65.4	621.00
1997	233.7	260.9	87.9	47.3	13.7	0	0	58.6	63.2	9.9	66.8	26.4	868.40
1998	102.7	165.1	71	58.7	0	42.4	0	0	3.4	32.7	66.1	25.5	567.60
1999	198.9	235.4	241.3	121.5	11.2	0.9	1.1	0	15.2	86.5	3.1	30.9	946.00
2000	183.7	164.1	71.8	0.5	0	9.4	0	1.4	6.3	55.2	59.6	105.9	657.90
2001	340.2	280.9	136.9	17.5	3.2	7.5	14.8	20.7	28.7	24.4	15.9	95.9	986.60
2002	107.5	208.2	267	102.3	11.5	20	38.2	1.7	1.5	53.9	64.9	65.1	941.80
2003	171.9	89.5	149.7	14.2	12.8	0	0	5.1	35.9	5.9	21.4	104.9	611.30
2004	224.2	175.3	47.2	9.8	0.7	0	49.8	42.1	14.8	0	7	64.8	635.70
2005	94.1	219.2	121.2	13.2	0	0	0	0	29.2	45.4	64.8	138.1	725.20
2006	284.2	127.9	105.7	110.2	0.6	2	0	0	11.1	48.7	68.3	55.7	814.40
2007	34.3	72.6	261.9	38.6	0	0	9.9	3.4	19.4	4	48.7	47.6	540.40
2008	207.2	78.2	66.1	4.4	0	0	0	2.2	0	25.7	14.6	124.3	522.70
2009	141	228.1	86.3	30.8	0	0	1.8	0	3.8	61.5	50.4	94.3	698.00
2010	174.2	151.7	10.7	16.5	22.2	0	0	0	33.4	39	19	106.7	573.40
2011	113.1	221.6	124.4	46.7	8.7	0	14.8	0	24.4	14.8	57.6	139.2	765.30
2012	199.7	189.7	141.6	40.2	0	0.8	3.3	1	0	29.6	49.7	155.2	810.80
2013	210.5	127	65.2	0	35.6	51.6	1.3	22.4	0	51.6	61.3	135.8	762.30
2014	195.4	53.4	94.8	50.6	0.5	0	0	30.7	55.1	49.5	11.3	111.7	653.00
2015	264.4	122	103.1	176.9	0.6	0	13.5	44.7	23.6	47.3	20.9	62.5	879.50
2016	55.8	288.7										33.6	378.10
2017	272.4	141.7	144.8	39.7		0	4.6	0	62.4	44.1	16.6	73.9	800.20
2018	204.4	142	103.5	11.3									461.20
MEDIANA	190.85	158.41	121.59	43.43	6.74	7.49	5.95	14.67	21.57	34.35	51.91	94.22	732.78
DES. EST.	81.55	73.75	76.81	37.33	9.73	15.27	10.45	20.55	20.68	23.76	38.83	45.00	197.24
VARIANZA	6,650.91	5,438.78	5,899.27	1,393.35	94.59	233.27	109.25	422.23	427.48	564.45	1,507.92	2,025.29	38,905.34
TOTAL	9,160.80	7,603.60	5,836.20	2,084.50	310.10	351.80	279.70	689.40	1,013.60	1,614.40	2,439.60	4,522.40	35,906.10



AÑOS	PRECIPITACIONES MEDIAS MENSUALES - ESTACION MAÑAZO												Total general
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
1970					5.8	0	0	0	5.4	26.6	7.2	176.6	221.60
1971	99.9	211	52.2	44.3	2.9	1	0	0.1	0	11	48.6	147.8	618.80
1972	210.8	147.4	147.4	25.7	8.4	0	0	0	34.4	24.5	28.9	80.6	708.10
1973	245.5	142.3	158.3	47.9	10.4	1.2	2.7	3.4	37.3	21.9	52.8	98.4	822.10
1974	335.3	305.1	80.8	40.7	0.3	9.2	1	57.2	26.1	19.1	31.6	71	977.40
1975	191.3	267.8	139	20.6	32.8	0.2	0	0.7	25.1	62.4	39.1	158.2	937.20
1976	195.3	147.1	166	36.5	3.6	0.2	5.1	14.4	48.7	2.9	20.4	93.3	733.50
1977	37.1	258.6	149.2	33	3.8	0	7.3	0	0	0	75	109.5	673.50
1978										9.9	94.7	190.9	295.50
1979	148.5	70.7	181.7	36.1	0	0	0	8	0	23.9	38.9	78.2	586.00
1980	93.6	54.9	122.8	2.1	0	0	0	2.4	28.9	98.6			403.30
1990		61.3	34	27.6	11.1	47.4	0						181.40
1993			22.3	87.1	3.1	0	0	18.5	7.6	71.3	56.6	126	392.50
1994	188.9	139.5	130	96.9	6.1	1.4	0	0	4	2.4	87.4	104.6	761.20
1995	89.6	106.8	139	5.1	0	0	0	0	14.7	6.8	24.8	95.1	481.90
1996	197.1	159.9	51.3	20.8	1.2	0	0.5	15.3	2.3	9.1	60.6	148.5	666.60
1997	192.1	197.1	152.1	84.5	1.3	0	0	23.5	47.9	22.6	68.5	44.6	834.20
1998	179.8	133	82.1	25.7	0	3.8	0	1.9	0	34.8	61.7	25.4	548.20
1999	107.4	136.1	177	85.8	9.3	0	0	4.8	21.4	90.2	8.3	103.9	744.20
2000	137.1	196.4	75.1	17.6	6.3	0	0	3.8	8.6	73.3	9.3	99.3	626.80
2001	368.3	225.4	153.6	72.1	5.4	0	1.2	10.5	1.9	31.7	37	69.8	976.90
2002	74.6	154	109.7	74.7	21.2	8.7	12.4	6.8	9.7	77.2	70.7	98.5	718.20
2003	136.1	78.3	140.5	23.4	14.1	3.7	0	1.6	20.1	9.1	33.7	96.4	557.00
2004	183.6	135.4	89.7	38	0	1.1	10.8	23.3	19.6	3.4	11.8	30.5	547.20
2005	88.5	220.3	62.2	53.8	0	0	0	0	5.5	22.1	71.5	114.6	638.50
2006	219.8	86	111.1	33.4	2.8	0	0	1.8	28.5	22.8	62.5	103.1	671.80
2007	111.7	96.7	209	90.3	11.4	0	2.5	6.7	22.4	30.8	77.6	108.9	768.00
2008	235.8	103	70.2	0	5.5	0	0	1.2	1.2	27.9	4.1	139.5	588.40
2009	114.7	136.4	110.2	33.5	1.5	0	3	0	4.1	8.1	85.1	138	634.60
2010	113	166.4	88.2	20	21.1	0	0	0	0	24.4	35.5	105.5	574.10
2011	81.1	193.5	89.2	41.6	5.2	0	4.2	0	4.4	11.4	92.2	201.1	723.90
2012	162.8	253.3	163.9	62.7	0	0	0	2.2	1.5	2.3	61.2	181.4	891.30
2013	178.9	175.2	87.4	8.2	2.9	10.8	15.4	2.1	6.2	38.9	42.3	98.3	666.60
2014	154.7	62.6	52.9	71.6	1.2	0.2	0.8	27.5	43.2	43.4	69.3	113.2	640.60
2015	157.3	106.9	89.7	146.6	1.9	0	5.8	6.8	23	34.7	33.8	41.6	648.10
2016	31.6	135	19.7	99.6	1.4	1.5	4.1	0	3.5	64	10.6	52.9	423.90
2017	179.1	131.8	106.7	31.5	14.4	0	13.2	0	43.6	54.4	81.9	99.5	756.10
2018	148.4	144.2	133.3	40.6									466.50
MEDIANA	158.51	152.55	109.65	46.66	6.01	2.51	2.50	6.99	15.74	31.05	48.43	106.99	634.36
DES. EST.	72.69	62.38	47.44	32.69	7.30	8.16	4.24	11.61	15.52	26.48	26.99	43.18	186.84
VARIANZA	5,283.63	3,891.29	2,250.56	1,068.50	53.30	66.65	18.00	134.88	240.95	701.39	728.45	1,864.50	34,910.33
TOTAL	5,389.30	5,339.40	3,947.50	1,679.60	216.40	90.40	90.00	244.50	550.80	1,117.90	1,695.20	3,744.70	24,105.70



AÑOS	PRECIPITACIONES MEDIAS MENSUALES - ESTACION LARAQUERI												Total general
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
1970			139.1	38.1	25.5	0	0	0	0	10	18.5	175.7	406.90
1971	142.3	252.8	52.2	24.9	2.1	1.3	0	3.1	0	4.3	56.2	129.6	668.80
1972	230.2	197.8	111.7	16.3	3.6	0	0	0	29.6	49.7	51	165.8	855.70
1973	197.8	126.3	129.7	46.7	18.7	0	5	12.2	55.7	10.9	26.7	78.9	708.60
1974	276.7	249.5	90.8	60.9	0	1.1	0	57.4	20	12.1	16.5	74.5	859.50
1975	153.1	258	112.4	23.5	31.7	3.1	0	8.1	21.7	61.8	43.1	248.5	965.00
1976	359.6	143.6	218.3	40.8	18.4	0	27.6	29.8	64.4	14.6	0	75.5	992.60
1977	75.9	191	148.3	7	5.3	0	0	0	21.1	55.6	88.3	121	713.50
1978	208	153.9	101.9	43.1	0	0	18.6	1.5	15.2	8.4	158.1	109	817.70
1979	190.2	99.8	140.8	22.3	0	1.2	9.3	1.7	5	29.7	53.5	56.5	610.00
1980	78.4	73.8	236.3	11.2	0	0	4	15.7	40.2	87.5	30.1		577.20
1981	241.9	279.2	125.5	54	1.9	0	0	30.2	32.4	18	22.5	146.7	952.30
1982	172.1	88.9	92.1	26.9	0	0	0	4.3	41.7	64.6	82.1	23.5	596.20
1983	88.7	87.2	18.7	7.9	0.5	1.6	0	3.5	17.1	14.6	15.8	105.1	360.70
1984	305.5	248.3	248.6	38.8	18.7	33.6	0	17.6	1.8	66.1	157.4	117.7	1,254.10
1985	135.2	184.6	111.6	140.6	22.3	15.5	0	0	44	7.8	148.7	191.7	1,002.00
1986	156.5	287.8	249.1	100.7	8.2	0.2	0	9.4	11.7	1.8	43.7	150	1,019.10
1987	282.1	77.1	74.3	26.2	0	0	36.5	6.5	8.6	23.5	57	28.5	620.30
1988	199.5	45.1	170.9	138.9	9.6	2.5	0	0	5.9	44.6	13.2	99.3	729.50
1989	221.1	131.8	132.3	79.6	3.5	5.3	2.4	5.4	4.8	0	26.1	44.6	656.90
1990	135.7	36.7	68.9	22.9	5.7	64.9	0	15.7	9.4	92.6	147.2	129.6	729.30
1991	130.1	131	148.2	27.6	2.9	43.6	0	0.6	21.8	28.5	28.5	65.6	628.40
1992	120.7	100	50.6	48.4	0	3.9	15.7	31.9	0	61.9	48.9	86.8	568.80
1993	221.7	65.7	133	62.3	14.1	1.5	0	34.6	18.3	123.4	126.8	176.9	978.30
1994	206.8	197.2	147.1	111.7	14.8	1.5	1.5	0	5.9	8.7	74.3	140.1	909.60
1995	140.5	203.3	152.4	12.1	0	0	0	0	11.1	3.4	59.3	171	753.10
1996	277.3	127.4	94.4	52.6	20.2	0	0	52	12	4.7	96.3	97.5	834.40
1997	187.9	239.2	114.6	29.3	1	0	0	21.8	94.9	22.6	122	49.9	883.20
1998	92.7	94.3	88.8	31	0	10	0	0	0	28.3	44	25.1	414.20
1999	132.7	170.7	240.7	73.9	19.5	0	0	11.9	6.7	92.5	1.1	71.1	820.80
2000	250.3	236.7	126.3	12.5	5.3	1.4	0	10.1	6.5	66.7	7.1	139.5	862.40
2001	368.5	241.2	159.6	78.2	13.1	0	3.5	4.7	12.1	24.5	44.5	67.8	1,017.70
2002	62.8	214.9	169	74.8	23.6	4.6	25.9	15	10.9	44.3	68.4	63.4	777.60
2003		122.3	122.3	30.7	12.6	0	0	5.6	19.1	6.1	24.3	126.5	469.50
2004	230.2	145.8	71.8	22.5	0	1.8	11.7	43.9	6.1	0	14.1	61.4	609.30
2005	115.1	280.3	78.9	42.9	0	0	0	0	19.1	39	37.5	127.8	740.60
2006	240.8	96.5	81.6	33.1	12.6	3.4	0	12.9	34	18.7	53.5	68.6	655.70
2007	109.3	96.8	161.4	55.5	4.9	0	0	0	45.8	57.8	71.4	101.8	704.70
2008	199.7	105	73.6	0	0	0	0	4.5	2.3	35.9	14.6	130.8	566.40
2009	89.1	171.4	109.9	67.2	0	0	5.1	0	11.1	15	86.3	102.5	657.60
2010	154.7	196	43.1	34.8	24.8	0	0	2.6	3.4	34.3	4.1	144.8	642.60
2011	150.3	244.4	120.7	48.7	3.4	0	5.3	0.2	9.6	35.7	47.3	193.2	858.80
2012	213	284.4	159.8	97.9	0.6	0	0.5	9.2	15.5	18.1	69.3	229.7	1,098.00
2013	246.1	161.2	81.9	23.8	6.3	26.9	18.7	17.9	0.9	17.5	72	190.8	864.00
2014	181	92.7	51.9	32	0.5	0	2.8	22.7	63.2	60.9	35.5	77.2	620.40
2015	159.5	93	144.1	128.4	3.5	0	6.8	7.9	15.2	45	56.1	51.9	711.40
2016	89	194										52.3	335.30
2017	282.8	169.1	122.2	37.2	10.5	0	10.6	0	32.4	54.8	14.2	84.5	818.30
2018	140.6	212.8	75.5	50.7									479.60
MEDIANA	183.91	164.59	122.85	47.73	7.87	4.87	4.50	11.32	19.75	34.61	54.83	110.00	742.38
DES. EST.	73.49	70.49	53.71	33.98	8.89	12.60	8.42	14.23	20.11	28.74	42.23	53.89	197.35
VARIANZA	5,400.37	4,968.87	2,885.03	1,154.79	79.04	158.69	70.88	202.46	404.35	826.16	1,783.73	2,903.70	38,947.89
TOTAL	8,643.70	7,900.50	5,896.90	2,291.10	369.90	228.90	211.50	532.10	928.20	1,626.50	2,577.10	5,170.20	36,376.60



AÑOS	PRECIPITACIONES MEDIAS MENSUALES - ESTACION MAZOCRUZ												Total general
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
1963											30.4	110.6	141.00
1964	48.2	118.4	107.6	10.6	22.2	0	0	2	18.4	2.6	27.6	69.2	426.80
1965	94.8	68.6	35.6	34.2	0	0	0	15.6	23.2	7	15.2	106.2	400.40
1966	44.4	99.2	46.6	15.4	28.4	0	0	0	0	23.8	63.3	99.8	420.90
1967	73.2	81	106.6	13.2	5.8	0	3	1	33.4	2.8	7	71	398.00
1968	152	124.6	106.6	9.8	33.6	5.8	0	7	48.6	160.6	73	721.60	
1969	204.4	53.2	17.8	2.6	0	5	0.8	0	2	14.2	29.6	83.2	412.80
1970	124.6	96.5	103	11.8	0	0	0	0	0.8	9	14.8	129.7	490.20
1971	202.4	181.6	33.7	4	0	0	0	0	0	0	34	144	599.70
1972	240	115.3	179.2	9.6	0	0	0	0	9.2	21.4	45.4	100	720.10
1973	175	142.8	103.4	87.4	11.4	1.2	0	10.2	35.2	0	22.4	35.8	624.80
1974	339	176.1	84.2	19.8	0	0	0	79.8	7.2	1	19.8	53	779.90
1975	111	188.7	113	11.8	0	0	0	0	0	7.6	5	110.8	547.90
1976	184.8	89.6	83.6	0	1.8	0	0	45.4	0	0	0	43.6	448.80
1977	57.4	193.2	73.8	2.8	3.7	0	0	0	15.2	22.8	95.2	85.5	549.60
1978	209.7	48.9	68.4	47.8	0	0	0	0	1.4	2.7	87.7	74.8	541.40
1979	124	11.9	133.1	0	0	0	0	0	0	34.3	7.2	114	424.50
1980	61.1				0	0	0						61.10
1981					8.2	0	0	9	2	4	13	111	147.20
1982	178	58	112	15.6	2.7	0	0.4	0	20.4	65	52	14	518.10
1983	31.6	50.4	7.8	40.8	5.6	0	0.2	2.8	19.4	7	0.2	28.6	194.40
1984	241	314.5	238	0	0	3.6	0	0	0	59.2	117.6	25.8	999.70
1985	120.8	197.8	57	62.1	3.3	12	0	3.7	17.4	0		148.4	622.50
1986	136.3	319.2	224.2	12.6	0	0	2.8	3.5	0	0	82.3	138.5	919.40
1987	176.4	15.4	19.4	1.5	0	8.6	23.4	0	0	26.8	37.2	22.4	331.10
1988	80.4	41.9	36	69.9	12.6	0	0	0	0	9.3	0	42.6	292.70
1989	129.1	264.2	257.3	34.1	0	0	0	0	0	0.2	0	0	684.90
1990	48.8	35.7	44.8	2.5	16.9	27.4	19.6	16.9	2.2	43.7	4.1	32.4	295.00
1991	78.7	77.3						0	0		0	0	156.00
1992	53.9	45.6	1.6	4.2	0	0	0	8.2	0.6	32.3	23.8	28.8	199.00
1993	154	13.8	99	19.4	2.1	0	0	44.6	13	50.7	46.1	94.2	536.90
1994	105	123.3	63.1	28.1	1.8	0.2	0.3	1.7	4.1	3.4	19	84.4	434.40
1995	73.6	48.6	91.8	11.4	0.3	0	0	0	3.6	2.5	21.6	53.4	306.80
1996	177	88.2	28.6	19.9	13.6	0	0	14.2	0	1	34.1	102.3	478.90
1997	241.7	171.9	72.5	13.3	5	0	0	32.2	41.8	8	63.1	80.9	730.40
1998	127.4	44.2	77	14.2	0	18.6	0	0.6	0.4	11.6	38.1	20.8	352.90
1999	129	188.1	212.6	64.2	1.6	0	0	0	8.4	35.2	0	45.8	684.90
2000	176.1	138.8	64.5	22.9	6.4	1.2	0	1.2	0.6	28.3	7.9	81.2	529.10
2001	258.1	189.7	121.1	33.6	4.8	0.6	0	6.4	0.2	5.6	22.6	27	669.70
2002	70.2	171.4	124.5	75.6	17	8.8	10.4	2.2	2	51.1	36.3	80.5	650.00
2003	103.9	102.1	94.4	5.8	8	0	2.2	7.5	7	11.8	10.6	74.9	428.20
2004	143.8	118.8	82.4	16.2	0	0.8	26.2	59.6	12.1	0	0	41.7	501.60
2005	109.4	187.5	40	42.8	0	0	0	0	18.2	6.6	18	158.3	580.80
2006	269.5	119.5	98.5	31.1	18.8	0.2	0	0.4	5	37.7	57.2	77.8	715.70
2007	103.8	113.4	97.2	39.2	0	0.4	0	0.2	10.8	3.1	49.2	87.7	505.00
2008	194.5	52.7	57.9	1.4	0	0	0	6.4	0	6.3	3	130.8	453.00
2009	72.4	128.6	63.2	33.4	0.7	0	6.4	0	6.4	4.6	72.4	65.7	453.80
2010	90.1	72.4	43	31.8	32.9	0	0	0	0.8	9.4	6.3	82.4	369.10
2011	119	156.2	46.6	47.7	5.8	0	3.2	0	12.4	0.4	37.6	167.4	596.30
2012	187.2	173.2	87.3	74.8	0.2	0	0.4	3.4	0.9	7.6	36	142.6	713.60
2013	152.4	162.6	52.8	1.8	22.4	8.2	4	8	2.6	65.8	18	140.8	639.40
2014	160.5	28.2	37	25.5	0	0	0	15	24.6	33	47.8	57.4	429.00
2015	137	107	103		1.2	0	2	14.4	9	38	39	18.8	469.40
2016	33.8	174.8										38.2	246.80
2017	209.8	84	101.6	7	13.2	0	3.4	0.4	29.8	7.2	22.6	70.6	549.60
2018	172	168.7	83.2	42.3									466.20
MEDIANA	138.74	119.57	87.00	24.55	6.00	1.97	2.09	8.17	8.24	17.14	32.73	76.34	492.16
DES. EST.	67.47	70.81	55.70	22.61	8.95	5.11	5.61	16.30	10.56	19.11	32.47	42.74	191.72
VARIANZA	4,551.75	5,014.31	3,101.96	511.28	80.05	26.13	31.46	265.67	111.59	365.36	1,054.00	1,826.81	36,756.02
TOTAL	7,492.20	6,337.30	4,437.10	1,227.50	312.00	102.60	108.70	416.50	428.70	874.20	1,701.90	4,122.30	27,561.00



AÑOS	PRECIPITACIONES MEDIAS MENSUALES - ESTACION PIZACOMA												Total general	
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic		
1963													510.4	510.40
1964	7	109.3	123	12.1	11.2	5.4	0	25.5		0	0		52.5	346.00
1965	42.2	56.2	63.4	1	0	0	0	3.2	20.3	0	6.8	73.2		266.30
1966	0	0	113.8		18.4	0	0	0	0	9.3	56.8	51.2		249.50
1967	33.6	14.4	105.3	3.6	0	0	0	0	32.4	20.2	7	104.5		321.00
1968	141.5	164.5	76.8	3	30.8	24.8	0	0	6.1	37.1	153.5	24.5		662.60
1969	120.6	75.3	38.3	12.9	0	2.8	0.1	0	0.1	0.1	30.2	98.3		378.70
1970	120.2	116.2	121	30.1	22.4	0	0	0.1	0.3	11	29	168.4		618.70
1971	185.5	328.5	124.5	27.8	0	0	0	18.4	0	0	68.4	179.5		932.60
1972	243.6	132	137.4	28	4.4	0	6.4	0	33.7	27	53.8	180		846.30
1973	202.5	152.3	98.9	76.1	25.8	4.1	1.8	35	14.6	20	27.1	101.2		759.40
1974	370.7	373.8	87.8	14.6	1.6	1.4	0	107.2	13.2	7.8	49	65.2		1,092.30
1975	181.2	268.7	62.2	22.6	3.6	8.6	0	3.5	6.1	33.6	7.1	124.4		721.60
1976	269.2	73	28	10.4	1.4	0	6.2	9.6	36.8	0	0	35.2		469.80
1977	87.8	157.1	95	2.7	3.8	0	0	0	9.7	1.6	69.6	110		537.30
1978	184.6	102.2	41.6	53.4	0	0	2.6	2.8	2.8	1.6	66.3	77.9		535.80
1979	247.2	47.7	72.8	6.4	0	0	1.6	0	1.4	10.2	10	133		530.30
1980	61.2	34.2												95.40
1985													163.3	163.30
1986	179.1	245.5	241.9	136	4.2	0	2.2	2.6	0.3	2.7	32.9	251.2		1,098.60
1987	359.3	113.8	68.4	9.4	0.6	0.6	29.5	0.6	2.6	30.2	60	34.8		709.80
1988	290.8	69.5	210.9	134.5	14.9	2.4	0	0	8.3	10.6	20.8	197.8		960.50
1989	189	135.4	205	79.8	13.4	1.7	7.8	0	3	1.3	3	17.8		657.20
1990	38.1	39.3	27.7	7.9	0	32.9	0	0	4.5	43.5	67.2	118.3		379.40
1991	99.7	86.1	204.6	54.2	0	38.7	0	0	0	4.8	37.8	59.8		585.70
1992	169.2	59	26.1	8.4	0	0	0	20.2	0	67	32.1	25.8		407.80
1993	127.5	19.6	64.6	9.3	5	0	0	56.9	0	46.4	38.9	166.4		534.60
1994	267.9	214.6	39.6	8.7	0	0	0	0	0	0	56.5	242.2		829.50
1995	127.5	47.3	105.1	0	1.6	0	0	0	14.8	4.4	12.5	89.7		402.90
1996	162.2	75.4	41.7	26.1	3.4	0	0	23.4	0	5.2	44.6	83.8		465.80
1997	226.4	196.8	101	24.1	0	0	0	41.4	38.1	8.1	57.6	30.4		723.90
1998	97.2	96	29.9	9.7	0	34.7	0	0	0	2.2	47.8	6.1		323.60
1999	73.4	188.7	156	65.1	3.4	0	0	0	23.6	22.2	0	42.4		574.80
2000	205.5	102.5	95.8	6.2	1.5	0.7	0	9.6	2	24.6	0	89		537.40
2001	313.7	224.6	98.8	16.5	0	4.6	0.4	5.6	1.8	10.7	22.7	37.9		737.30
2002	85.7	121.4	138.1	55.8	22.5	12.8	15.4	1.3	0.4	18.4	46.3	39.7		557.80
2003	128.9	138.7	148.7	9.2	4.6	0	5.3	5.8	2.7	3.7	2.8	93.3		543.70
2004	122.2	152.3	64.7	0	0	0	46.6	46.8	0	1.8	9.1	18.3		461.80
2005	123.6	259.1	68.8	24.8	0	0	0	0	43	27.8	21	171.7		739.80
2006	261.8	81.8	52.2	23.9	2	0	0	0.9	2.1	26.3	9.8	125.1		585.90
2007	150.1	30.7	154.3	21.4	8.6	0	0	0.9	7.5	17	32.9	84.1		507.50
2008	175.8	136.4	99.2	0	0	0	0	11.6	0	13.5	0	142.2		578.70
2009	48.3	149.3	60.8	12.2	0	0	17.2	0	15.2	14.7	63.5	59.8		441.00
2010	115.2	133	100.7	31.8	27.6	0	0	0	0	20.9	2.9	125.4		557.50
2011	79.7	180.4	95.9	15.3	10.2	0	7.9	1.6	17.1	0	27.2	219.4		654.70
2012	133.9	205.1	132.2	68.5	0.4	0	0	1.4	13.4	12.1	21	137.1		725.10
2013	171.4	153.7	31.9	0	22.5	24.2	0	25.1	2.1	84.4	12.5	162.8		690.60
2014	149.6	50.3	16.8	5.7	0	0	0	10.2	35.8	20.1	16.6	57.1		362.20
2015	164	130.4	78.3	69.8	5	0	0	8.8	11.4	32.5	31.8	27.2		559.20
2016	43	214.6											77.7	335.30
2017	210.3	94.2	42.9	27.1	9.6	0	6.6	0.4	50.4	28.2	25.2	104.7		599.60
2018	127.8	186.6	136.2	33.7										484.30
MEDIANA	154.33	130.75	94.35	27.66	6.05	4.26	3.35	10.22	10.38	16.70	31.74	107.83		564.44
DES. EST.	85.85	80.41	52.84	31.71	8.69	9.84	8.52	19.85	13.72	17.88	28.60	84.52		210.42
VARIANZA	7,369.94	6,466.29	2,792.11	1,005.63	75.60	96.84	72.57	394.21	188.33	319.67	817.81	7,143.52		44,277.84
TOTAL	7,716.40	6,537.50	4,528.60	1,299.80	284.40	200.40	157.60	480.40	477.60	784.80	1,491.60	5,391.70		29,350.80



AÑOS	PRECIPITACIONES MEDIAS MENSUALES - ESTACION PAMPA UMALZO												Total general
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
1965	55.5	84.4	65.1	9.9	0	0	0	0	27.5	0	0	32.4	274.80
1966	27.8	37.5	37.9	0		0	0	0	0	15.6	27.6	73.4	219.80
1967					0	0	0	0	0	0	1.9	75.9	77.80
1968	60.4	47	49.6	71	3.5	26.5	0	0	0	29.2	40.5	42	369.70
1969	142.2	101.8	146.7	25.2	0	0	0	2.7	3.6	8.7	7.3	157	595.20
1970					2	0	0	0	0	0	39.3	78.5	119.80
1971	1859.4	1760.6	1480.9	4.7	0	0	0	0	0	0	0	2.8	5,108.40
1972	216.4	156.3	104.9	21.9	0	0	0	0	13	23.3	20	42.8	598.60
1973	162.5	198	192.7	40.2	0	0	0	6.7	8.1	0	8.9	14.1	631.20
1974	181.3	139.3	77.7	72.8	34.4	19.1	0	94.9	26.8	20.4	13.2	43.1	723.00
1975	227.1	246.7	271.3	15.8	6.4	0	0	0	0	0	0	83.9	851.20
1976	124.1	251.9	184.3	36.8	5.3	6	0.8	12	35	0	0	39.9	696.10
1977	100.2	184.7	179.3	12.5	5.5		1.5	1.8	0	0	39.3	34.9	559.70
1978	126	47.8	52.6	23.1	0	0	0	0	0	4.6	11.2	48.5	313.80
1979	64.9	40.8	128	18.2	0	0	0	0	1.3	12.9	4.1	29.3	299.50
1980	51.9	24.6	3.6	17.6	0	0	0	0	0	13.2	2.3	29.1	142.30
1981	136.6	162.1	78.8	22.2	0.7	0	0	11.9	0	0	11.8	43.2	467.30
1982	59.7	57.6	33.4	18.4	3.9	0	0	0	15.2	42.5	9.3	0.6	240.60
1983	26.5	5.8	3.2	0	0	0	0	2.6	2.9	3.4	11.8	38.4	94.60
1984	84.1	79.1	83.1	37.2	0	10.7	0	0.9	0	0.6	76.8	25.4	397.90
1985	16.4	40.6	19.5	11.5	0	1.3	0	0	1.6	10.8	12.3	41.1	155.10
1986	18.8	20.9	42.8	6.9	0	0	2.9	0.5	0	0	0	79.5	172.30
1987	152.1	20.8	16.9	0	0	0	2.5	0	0	0.3	0	10.5	203.10
1988	123.9	31.5	81	37.3	0	0	0	0	0	0	0	0	273.70
1989	80.2	229.4	96.8	1.9	0	0	0	0	0	0	0	0	408.30
1990	56.8	0										72.8	129.60
1991	55.4	72.7	0	36.9	0								165.00
1992				0	0	0	0	0	0	0	0	30.8	30.80
1993	107.1	7.1	2.3	0	0	4.1	0	13.1	0	0	0	25.5	159.20
1994	152.9	37.5	39.8	1.5	0	0	0	0	0	3.4	9.2	38.1	282.40
1995	39.8	28	44.4	0	1.5	0.2	0	0	0.6	0	4.3	31.2	150.00
1996	65.2	67.2	56.1	20.5	0.4	0	0	4.1	1.6	0	3.6	31.2	249.90
1997	103.9	191.2	73.8	10.6	2.5	0	0	32.3	30.3	0	17.1	47.7	509.40
1998	159.9	35.7	22	12.2	0	4.1	0	0	0	0	13.6	44.5	292.00
1999	57.2	220.7	116.9	58.9	0	0	0	0	10.6	11.8	0	30.9	507.00
2000	129.2	118.3	97.7	21.5	0	0.3	0.6	0	0	19.3	4.9	58.2	450.00
2001	143.4	204.4	126.9	61.4	2.8	1.9	0	6.5	0	9.4	22.3	41	620.00
2002	143.2	152.6	184.1	77.2	7	5.5	19.3	19.5	0.3	0	54.2	52.9	715.80
2003	70.2	70.8	115.3	16.1	15.5	0.3	0	10.4	4.3	0.8	4.9	67	375.60
2004	146.1	135.5	100	18.2	0	0	16.2	31	14.3	1.4	0.1	32.5	495.30
2005	74.1	137.7	97.7	11.9	0	0	0	0	52.2	4.1	8.3	97.1	483.10
2006	127.8	98.2	109	14.8	0	5.5	0	0	1	18.7	63.6	69.3	507.90
2007	132.8	101	145.6	19.4	13.8	1.2	0	0		0	0	0	413.80
2008	47.4	41.5	82.84	5	0	0	0	6.6	0	0	0	59.2	242.54
2009	12.8	33.8	64.2	23.6	0	0	16	0	0	12.1	40.5	13.9	216.90
2010	41.5	65.7	54	11.7	14.1	0	0	0	3.4	0	0	104	294.40
2011	189.1	138.1	46.7	33.1	7.5	0	1	0	0.8	0.8	25.4	119.9	562.40
2012	138.8	132.8	44.1	6.3	0	0	0	0	1.3	17.6	7.2	49.5	397.60
2013	91.4	86.8	58.6	0									236.80
2014	117.7	11.5	23.9	37.4	0	0	0	0.8	0.7	2.5	9	10.1	213.60
2015	109.4	113.8	180.7	45.6	0	0	8.8	1.4	0	4.6	0	0	464.30
2016	42	145.5	38.2		0	0	4.2	0	0	0	0	21.9	251.80
2017	150.1	56.6	80	29.6	5.5	0	0	0	7.2		6.5	44.5	380.00
2018	90.4	57.6	41.1	14	0	13.5							216.60
MEDIANA	135.17	128.07	109.52	21.85	2.59	2.00	1.48	5.19	5.38	5.96	12.65	44.31	444.58
DES. EST.	251.82	243.08	206.26	19.94	5.92	5.15	4.28	14.83	11.01	9.30	17.74	32.12	673.93
VARIANZA	63,412.82	59,087.86	42,544.98	397.63	35.06	26.53	18.29	219.91	121.27	86.51	314.65	1,031.71	454,187.16
TOTAL	6,893.60	6,531.50	5,476.04	1,092.50	132.30	100.20	73.80	259.70	263.60	292.00	632.30	2,260.00	24,007.54



AÑOS	PRECIPITACIONES MEDIAS MENSUALES - ESTACION VILACOTA												Total general
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
1997									45.8	0	18.4	39.5	103.70
1998	204.8	44.6	11.7	0.9	0.9	6.8	0.2	0	0	1.7	16.9	36.1	324.60
1999	75.5	234.6	171	33.8	1.3	0	0	0	12.8	18.1	0.1	33.3	580.50
2000	162.3	105.4	99.1	28.5	6.3	2.7	2.2	2.2	2.2	15.7	5.1	62.7	494.40
2001	172	165.1	142.9	42.6	2.2	3.5	1.3	0	2.4	10.1	9.6	2.8	554.50
2002	52	159.8	130	81.7	16.9	0	16.7	14.6	0	15.1	38	69.1	593.90
2003	59.3	130.5	107.7	35.5	9.1	4.8	3.6	4.4	0	3.2	7.1	59.8	425.00
2004	140.67	99.9	63.1	4.2	0	0.5	21.1	15.7	1.8	0	0	29.28	376.25
2005	83.6	154.1	58	6.1	0	0	0	0	8.4	0.9	22.9	82.4	416.40
2006	114.5	126.6	162.8	39	0	0	0	0	0.7	28.3	20.4	57.7	550.00
2007	92.5	97.8	84.3	6.6	3.2	0.5	0	0	3.9	3.8	31.2	70.1	393.90
2008	146.7	63.4	64.5	0	0	1	0	4.2	0	8.1	0	109.2	397.10
2009	86.3	160.8	78.5	46.3	0	0	3.9	0	2.7	0	43.9	34.7	457.10
2010	104.2	108.7	53	27.2	10.4	0	0	0	0.9	4.6	2.4	90	401.40
2011	130.4	141.3	35.5	46.4	13.3	0	1	0	0.8	0	19.2	101.2	489.10
2012	148.3	177.4	32.1	58.8	0	0	0	0	3.4	21.5	2.3	125.5	569.30
2013	121.2	85.6	67.6	0	11.4	10.6	6.9	6.1	0	14	1.8	32.3	357.50
2014	111.2	11.8	11	42.8	0	0	0	1.7	1.4	15.5	20.5	38.4	254.30
2015	108.3	143.8	106.5	52.6	0.3	0	1.4	0.7	2.3	3.9	4.5	0	424.30
2016	30.4	184.6	13.2	30	0	7.5	15	0	0	7.8	0.2	30.1	318.80
2017	163.6	95.2	95.8	7.7	4.8	0	0	0	6.3	9.3	7.7	58	448.40
2018	109.5	124.5	82.5	26.7	0.6	16.8							360.60
MEDIANA	115.11	124.55	79.56	29.40	3.84	2.60	3.67	2.48	4.56	8.65	12.96	55.34	422.32
DES. EST.	43.17	50.71	46.77	22.29	5.26	4.46	6.35	4.70	9.98	8.10	13.10	33.05	116.18
VARIANZA	1,863.58	2,571.93	2,187.78	496.90	27.70	19.93	40.30	22.06	99.59	65.54	171.63	1,092.19	13,498.02
TOTAL	2,417.27	2,615.50	1,670.80	617.40	80.70	54.70	73.30	49.60	95.80	181.60	272.20	1,162.18	9,291.05



AÑOS	PRECIPITACIONES MEDIAS MENSUALES - ESTACION CAPAZO												Total general	
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic		
1963									1.9	25	49.1	88.5	164.50	
1964	63.3	101.1	38.8	14.2	10	0	0	0	1.2	10.3	22.7	56.4	318.00	
1965	70.3	146.2	33.6	15	0	0	0	9	22.2	0	13.8	51.2	361.30	
1966	6.8	123.8	60.5	0	19.9	0	0	0	0	0	36.3	54.9	302.20	
1967	81.1	171.6	182	0	3.2		0	0	3.7	2.1	0	70.3	514.00	
1968	95.9	168.5	84.4	6.3	21	9.8	0	0	9.8	25.8	97.8	69.6	588.90	
1969	83.8	99.8	53.2	2.5	60.2	0	0	0	11	0	22.3	97.4	430.20	
1970	138.7	120.7	70.6	8.4	0	0	0	0	0	0	0	41.9	380.30	
1971	139.6	244.6	104.5	21.8	6.5	0	0	0	0	0	40.6	86.9	644.50	
1972	164.7	81	158.6	14.2	0	0	0	0	5.6	20.5	25.9	51.9	522.40	
1973	236.8	128.4	27.8	0	0	0	0	11.5	12.8	0	4.1	30	451.40	
1974	320.5	193.3	3.2	14.2	0	0.5	0	75.8	0	0	12.1	23	642.60	
1975	137.1	187.6	214	4.2	0	0	0	0	14	0	0	205.8	762.70	
1976	296.9	99.1	58.3	0	0	0	0	7.2	5	0	0	20.8	487.30	
1977	72.3	242.8	149.6	0	0	0	0	0	2.2	0	53.1	90.5	610.50	
1978	263.5	74.2	187.6	67.3	0	0	0	6.8	0	0	102.4	138.1	839.90	
1979	226.5	71.9	142.3	0	0	0	0	0	0	21.1	16	99.5	577.30	
1980	104.8	81.5	345.9	41.2	0	0	0	10.1	0	42.4	0	57	682.90	
1981	112.6	283.4	214.3	18.6	0	0	0	0	0	0	10.6	149.3	788.80	
1982	227.1	226.8	52.9	7.3	0	0	0	0	0.6	31.9	54.9	33.9	635.40	
1983	38.8	26.3	31.8	0	0	0	4.5	0	0	8.5	0	50.2	160.10	
1984	261	241	84.43	0	0	0	0	0	0	80.8	72.7	155.5	895.43	
1985	176.9	171.3	107.9	16.2	0	9.4	0	0	0	0	80.2	212.6	774.50	
1986	233.1	258.9	238.1	12.7	0	0	0	3.2	4.6	0	0	94.2	844.80	
1987	259	109.3	41.4	4.6	0	0	28.5	0	0	0	24.1		466.90	
1988	163	50.6	167	28.4	2.2	0	0	0	0	3.4	0	44.2	458.80	
1989	15.9	133.3	200.5	127.1	0	8.4	0	0	0	0	0.2	14.7	500.10	
1990	128	33.4	58.8	23.3	0	56	0	0	0	24.1	82.7	156.5	562.80	
1991	178	88	147.9	33.7	4.2	30.2	0	0	0	12.7	11.5	40.6	546.80	
1992	268.4	17.3	12.3	0.8	0	0	0	4.9	0	17.6	40.5	146.9	508.70	
1993	258.2	120	75.2	17.2	0	0	0	28.9	0	13.7	67.3	171.2	751.70	
1994	243.2	268.9	29.8	57	9.8	0	0	0.6	2.7	2.4	28.5	128	770.90	
1995	74.7	50.3	87.7	5.2	0	0	0	0	0.4	0.4	27.1	31.6	277.40	
1996	151.9	97	37.3	20	3.1	0	0	2.7	0	0.1	30.2	66.6	408.90	
1997	189.1	189	50.8	11.8	20.5	0	0	17.7	36	3.7	21.2	37.9	577.70	
1998	171.5	79.6	25.1	9.7	0	2	0	0.3	0	0.2	29.9	17.3	335.60	
1999	61.3	175.9	206	63.2	0.1	0	0	2.1	1.5	19.5	0	36.3	565.90	
2000	165.7	124.5	146	14.8	3.8	0	0	0	0.9	19.6	1.7	70.7	547.70	
2001	256.2	274.7	134.2	37.9		3.1		2	0.4	5.8	9.2	33.8	757.30	
2002	64.8	177.2	165.7	67.1	7.4	4.6	16.4	2.1	0	35.8	42.4	108.1	691.60	
2003	90	82.2	78.1	0	6.4	0	6.3	0	0	0.9	2.5	53.2	319.60	
2004	154.3	73.9	60.5	11.9	0	2	31	34.4	1.3	0	0	37.1	406.40	
2005	93.1	183.6	48.4	12.9	0	0	0	0	3.3	5.7	19.1	108.2	474.30	
2006	188	103.9	127.6	33.5	3	0	0	0	0	12.4	27.4	81.3	577.10	
2007	113.9	100.2	94.6	18.3	1.9	0	1.9	0	3.8	5.2	31.4	60.1	431.30	
2008	150.7	86.9	53.2	1.5	0	0	0	6.6	0	0	0.6	105.8	405.30	
2009	64.8	76.6	59.1	79.3	0	0	0	0	11.4	1.4	80.7	51.8	425.10	
2010	105.6	83.8	42.5	20.3	14.5	0	0	0	0	27.9	3.2	130.6	428.40	
2011	114.4	152.6	47.6	34.5	3.6	1.5	4.8	0	6	0	20.7	142.9	528.60	
2012	134.7	152.1	66.1	46.3	0	0	0	0	5.4	12.1	33.1	135.4	585.20	
2013	144.5	98.3	52.1	0	12.5	14.6	2.7	2.2	0	13.9	7.6	83.9	432.30	
2014	136.1	16.8	48.8	12.5	0	0	0	16.5	5.3	44.2	28.5	22.4	331.10	
2015	114.6	106.7	149.2	82.2	0	0	0.2	2.7	3.7	12.7	11	1.4	484.40	
2016	36.9	158.6											37	232.50
2017	162.8	119.4	128.5	10.8		0	1.1	0	5.6	2.7	20.2	66.7	517.80	
2018	141.4	178	68.3	27.3										415.00
MEDIANA	148.12	132.84	99.16	21.80	4.19	2.73	1.87	4.67	3.38	10.49	26.24	78.73	519.70	
DES. EST.	75.32	67.85	69.51	25.85	9.77	9.04	6.19	12.18	6.38	15.39	27.18	50.11	170.40	
VARIANZA	5,673.80	4,603.59	4,831.76	668.33	95.36	81.75	38.33	148.46	40.71	236.73	738.85	2,511.31	29,035.68	
TOTAL	8,146.80	7,306.40	5,354.63	1,177.20	213.80	142.10	97.40	247.30	182.30	566.50	1,417.10	4,251.60	29,103.13	

ANEXO 03. Datos De Precipitaciones Mensuales Con Datos Completados En 12 Estaciones Meteorológicas Y Trmm3b43v7.

ESTACION PUNO											
Año	OBSERV	TRMM3B43v7	Año	OBSERV	TRMM3B43v7	Año	OBSERV	TRMM3B43v7	Año	OBSERV	TRMM3B43v7
01/2011	100.9	60.2675	09/2013	11.6	27.1909	05/2016	0.5		05/2016	0.5	4.20377
02/2011	224.2	128.774	10/2013	32.9	27.2689	06/2016	2		06/2016	2	12.2583
03/2011	115.8	90.6335	11/2013	61.4	41.1647	07/2016	3.4		07/2016	3.4	22.7529
04/2011	48	30.0647	12/2013	117.1	130.746	08/2016	0		08/2016	0	5.99416
05/2011	4.8	7.18314	01/2014	128.4	134.588	09/2016	0.3		09/2016	0.3	6.3137
06/2011	0	10.5752	02/2014	126.3	95.5885	10/2016	76		10/2016	76	60.6833
07/2011	6.4	6.02464	03/2014	60.5	103.052	11/2016	43		11/2016	43	12.2257
08/2011	0.2	3.79598	04/2014	40.9	35.338	12/2016	44.7		12/2016	44.7	50.0657
09/2011	45.8	13.8922	05/2014	0.1	4.7152	01/2017	319.3		01/2017	319.3	150.123
10/2011	25.7	17.4235	06/2014	0	2.13544	02/2017	119.2		02/2017	119.2	82.6556
11/2011	48.5	31.0584	07/2014	0.2	8.48837	03/2017	145.7		03/2017	145.7	98.6424
12/2011	140.2	231.536	08/2014	23.9	17.1101	04/2017	45.5		04/2017	45.5	41.7555
01/2012	146.2	142.45	09/2014	71.9	64.5684	05/2017	21.7		05/2017	21.7	13.3223
02/2012	285.9	183.408	10/2014	45.2	45.5169	06/2017	0		06/2017	0	2.18054
03/2012	219.1	129.07	11/2014	29.8	22.6579	07/2017	2.6		07/2017	2.6	6.67429
04/2012	60.1	70.3124	12/2014	90	103.213	08/2017	0		08/2017	0	7.20056
05/2012	0	5.30916	01/2015	96.5	141.83	09/2017	62.3		09/2017	62.3	42.5901
06/2012	0.2	12.3605	02/2015	121.5	90.9524	10/2017	65.2		10/2017	65.2	43.8181
07/2012	0	2.10668	03/2015	172.8	93.1955	11/2017	23.9		11/2017	23.9	26.9255
08/2012	5.6	14.398	04/2015	128.3	93.381	12/2017	67.9		12/2017	67.9	84.1917
09/2012	9.8	5.24044	05/2015	0.2	5.89237	01/2018	171.7		01/2018	171.7	138.213
10/2012	7.6	8.91834	06/2015	0	4.08158	02/2018	138.1		02/2018	138.1	103.315
11/2012	69.5	27.0114	07/2015	1.8	29.6066	03/2018	128.1		03/2018	128.1	100.847
12/2012	155.9	122.4	08/2015	4	14.0466	04/2018	33.2		04/2018	33.2	40.8783
01/2013	150.6	129.811	09/2015	54.5	40.0748	05/2018	19		05/2018	19	20.5866
02/2013	170.2	151.101	10/2015	41.5	35.6874	06/2018	3		06/2018	3	13.47
03/2013	108	94.2705	11/2015	23.2	26.1052	07/2018	0		07/2018	0	21.975
04/2013	14.3	18.144	12/2015	59.4	64.0036	08/2018	2		08/2018	2	6.84266
05/2013	22.4	7.15937	01/2016	75.1	68.3755	09/2018	16		09/2018	16	4.78193
06/2013	12.5	9.56911	02/2016	199.2	195.379	10/2018	38		10/2018	38	99.2837
07/2013	1.5	5.9117	03/2016	17.8	65.4591	11/2018	42		11/2018	42	37.4671
08/2013	4.5	18.9649	04/2016	57.5	66.3621	12/2018	84		12/2018	84	127.775

ESTACION RINCON DE LA CRUZ									
Año	OBSERV	TRMM3B43v7	Año	OBSERV	TRMM3B43v7	Año	OBSERV	TRMM3B43v7	TRMM3B43v7
01/2011	99.7	56.5134	09/2013	13.7	25.9441	05/2016	1	5.07401	5.07401
02/2011	307.3	117.314	10/2013	47.2	56.2742	06/2016	0	8.72771	8.72771
03/2011	151.4	79.0987	11/2013	58.1	28.4677	07/2016	3	21.4001	21.4001
04/2011	35.1	28.6629	12/2013	161.8	116.615	08/2016	0	6.751	6.751
05/2011	26.4	10.3545	01/2014	188.8	146.072	09/2016	2	11.6167	11.6167
06/2011	0	1.20416	02/2014	106.7	90.0236	10/2016	58	41.0098	41.0098
07/2011	8.8	5.99454	03/2014	79.4	108.278	11/2016	26	12.2812	12.2812
08/2011	0	4.20091	04/2014	37.5	49.1245	12/2016	55.8	66.4633	66.4633
09/2011	59.8	25.3014	05/2014	0	7.28138	01/2017	285.8	123.708	123.708
10/2011	23.9	17.2423	06/2014	0	4.32802	02/2017	99.2	55.3336	55.3336
11/2011	46.7	25.3842	07/2014	2.2	11.3571	03/2017	125.3	95.6946	95.6946
12/2011	185.2	197.054	08/2014	24.4	30.78	04/2017	33.3	42.9702	42.9702
01/2012	161.2	106.802	09/2014	88.5	125.843	05/2017	62.3	16.8718	16.8718
02/2012	299.2	104.699	10/2014	62.2	42.1189	06/2017	0	1.97387	1.97387
03/2012	185.4	146.025	11/2014	23.2	19.6758	07/2017	9.6	2.90875	2.90875
04/2012	106.4	72.8418	12/2014	93.2	96.938	08/2017	0	4.10961	4.10961
05/2012	0	2.47583	01/2015	160.5	102.742	09/2017	61.7	40.6561	40.6561
06/2012	0	5.67251	02/2015	180.8	64.7295	10/2017	40.9	50.0614	50.0614
07/2012	0	1.69206	03/2015	193.4	99.416	11/2017	28.6	27.1422	27.1422
08/2012	16	18.5502	04/2015	135.9	92.7853	12/2017	114.1	62.5521	62.5521
09/2012	15.3	8.03528	05/2015	5	26.9863	01/2018	167.5	103.143	103.143
10/2012	27.3	17.9712	06/2015	0	13.2325	02/2018	156.6	112.589	112.589
11/2012	29.4	26.023	07/2015	2.8	20.7083	03/2018	127.8	96.703	96.703
12/2012	219.9	96.3516	08/2015	13.9	13.2957	04/2018	74.2	45.7889	45.7889
01/2013	172.6	135.941	09/2015	29.5	42.4395	05/2018	22	19.6157	19.6157
02/2013	186.7	145.962	10/2015	83.2	31.0457	06/2018	1	14.655	14.655
03/2013	94	91.7431	11/2015	29	34.5481	07/2018	1	10.2722	10.2722
04/2013	4.5	17.0247	12/2015	46.6	68.7405	08/2018	4	10.9958	10.9958
05/2013	20.9	5.04534	01/2016	0	61.9863	09/2018	15	11.1291	11.1291
06/2013	15	10.2904	02/2016	180.3	183.173	10/2018	42	115.205	115.205
07/2013	29.4	5.61238	03/2016	82	78.2976	11/2018	58	40.4532	40.4532
08/2013	16.9	7.0006	04/2016	51	61.3544	12/2018	84	119.419	119.419

ESTACION ILAVE											
Año	OBSERV	TRMM3B43v7	Año	OBSERV	TRMM3B43v7	Año	OBSERV	TRMM3B43v7	Año	OBSERV	TRMM3B43v7
01/2011	136	66.8015	09/2013	2.5	8.30148	05/2016	1	5.08884			
02/2011	165.5	162.02	10/2013	46	22.875	06/2016	4	5.82067			
03/2011	151	87.0933	11/2013	19.1	46.6326	07/2016	3	16.7026			
04/2011	7.5	9.62019	12/2013	173.3	117.489	08/2016	0	19.0954			
05/2011	4	6.16728	01/2014	187.7	219.562	09/2016	2	7.77996			
06/2011	0	0.283547	02/2014	101.2	85.7597	10/2016	43	35.6282			
07/2011	11	2.62134	03/2014	36	99.5561	11/2016	15	15.4174			
08/2011	0	3.0681	04/2014	18.6	20.2152	12/2016	100.7	84.0947			
09/2011	23.1	17.9176	05/2014	0	7.82544	01/2017	231.2	105.936			
10/2011	22.6	13.7065	06/2014	0	5.01789	02/2017	118.8	83.4189			
11/2011	16	22.8404	07/2014	3.3	14.6303	03/2017	113.1	87.9247			
12/2011	117.6	188.402	08/2014	19.3	18.3626	04/2017	32.7	37.4028			
01/2012	126.3	99.3228	09/2014	121	104.815	05/2017	57.7	19.8961			
02/2012	243.2	157.144	10/2014	31.1	27.6693	06/2017	1.2	5.79989			
03/2012	184.8	129.503	11/2014	20.1	17.9323	07/2017	22.4	22.3346			
04/2012	43.5	61.8742	12/2014	100.7	91.7435	08/2017	0	3.21685			
05/2012	0	3.77481	01/2015	128.6	109.562	09/2017	44.1	30.6277			
06/2012	1.2	1.59238	02/2015	134.8	93.9787	10/2017	24.3	43.614			
07/2012	0	2.9604	03/2015	165	91.0558	11/2017	30.8	28.4398			
08/2012	4.2	10.7713	04/2015	91.5	79.0321	12/2017	84.9	79.5552			
09/2012	12.5	5.47034	05/2015	11.6	14.2082	01/2018	124.3	97.88			
10/2012	7.5	11.7513	06/2015	0	7.41594	02/2018	136	144.681			
11/2012	20.7	36.6089	07/2015	6.1	10.2705	03/2018	141.2	123.045			
12/2012	278	93.4944	08/2015	9.2	12.2246	04/2018	45	43.6623			
01/2013	142	108.381	09/2015	34.5	32.9426	05/2018	7	25.7507			
02/2013	158	129.818	10/2015	31.9	28.6317	06/2018	3	13.873			
03/2013	39.3	51.4264	11/2015	12.9	42.0289	07/2018	1	9.92474			
04/2013	3.6	10.6434	12/2015	69.6	62.7589	08/2018	4	10.5072			
05/2013	43.5	7.37745	01/2016	71.3	78.9775	09/2018	10	6.83929			
06/2013	18.3	12.7502	02/2016	200.1	135.38	10/2018	25	93.7359			
07/2013	7.2	10.5246	03/2016	110.2	61.1264	11/2018	28	28.355			
08/2013	6.5	7.71554	04/2016	55	60.5479	12/2018	87	99.8612			

ESTACION JULI									
Año	OBSERV	TRMM3B43v7	Año	OBSERV	TRMM3B43v7	Año	OBSERV	TRMM3B43v7	TRMM3B43v7
01/2011	249.1	65.0322	09/2013	2.1	6.63737	05/2016	2	6.59283	6.59283
02/2011	305.4	167.143	10/2013	73	22.996	06/2016	1	14.5466	14.5466
03/2011	193.5	77.5236	11/2013	58.9	45.0243	07/2016	8	18.1377	18.1377
04/2011	68.7	10.9269	12/2013	165.4	103.825	08/2016	3	20.964	20.964
05/2011	6.4	16.9036	01/2014	259.4	169.455	09/2016	35	9.64061	9.64061
06/2011	0	1.29332	02/2014	122.9	83.4849	10/2016	53	37.9924	37.9924
07/2011	12	2.99579	03/2014	67.1	116.236	11/2016	50	21.2888	21.2888
08/2011	3.6	4.32826	04/2014	40.2	24.0837	12/2016	124	83.1312	83.1312
09/2011	56	20.1012	05/2014	5.7	11.627	01/2017	326.5	107.511	107.511
10/2011	21.8	16.4588	06/2014	0	7.5023	02/2017	194.4	78.0896	78.0896
11/2011	71.7	23.3456	07/2014	2	11.6547	03/2017	152.1	88.5154	88.5154
12/2011	262.4	171.938	08/2014	26.3	17.5779	04/2017	33	40.133	40.133
01/2012	245.9	106.289	09/2014	82.7	84.077	05/2017	35.3	27.3281	27.3281
02/2012	334.2	135.586	10/2014	44.8	28.8872	06/2017	0.1	3.59907	3.59907
03/2012	244.3	102.192	11/2014	46.9	17.4014	07/2017	8	10.315	10.315
04/2012	81	54.7171	12/2014	87.9	83.3003	08/2017	0	4.20848	4.20848
05/2012	0	5.1891	01/2015	262.8	104.152	09/2017	53.9	41.123	41.123
06/2012	1.2	2.61057	02/2015	170.7	90.6213	10/2017	26.1	59.4097	59.4097
07/2012	1.3	2.14389	03/2015	214	89.5332	11/2017	56.6	21.9727	21.9727
08/2012	1.5	12.2122	04/2015	169.2	78.2015	12/2017	125.6	68.2217	68.2217
09/2012	5.4	5.6105	05/2015	0.4	20.115	01/2018	257.8	114.526	114.526
10/2012	16.8	10.1028	06/2015	0.2	13.6285	02/2018	240.4	136.757	136.757
11/2012	34.1	39.6878	07/2015	16.7	12.0458	03/2018	175.1	122.212	122.212
12/2012	239.8	97.5378	08/2015	15.6	18.827	04/2018	31.7	22.9504	22.9504
01/2013	165	86.9819	09/2015	34.9	43.4669	05/2018	5	20.3222	20.3222
02/2013	205.1	112.728	10/2015	29.2	46.8529	06/2018	0	18.6643	18.6643
03/2013	128.5	62.5875	11/2015	20.7	35.9748	07/2018	12	12.5652	12.5652
04/2013	9.1	11.7949	12/2015	73	64.8909	08/2018	19	10.8666	10.8666
05/2013	36.8	19.0484	01/2016	95.3	105.901	09/2018	10	8.87076	8.87076
06/2013	40.4	11.1529	02/2016	271	140.734	10/2018	50	101.684	101.684
07/2013	9.1	1.71499	03/2016	7	61.4245	11/2018	57	36.5889	36.5889
08/2013	10.2	9.60588	04/2016	33	56.5967	12/2018	103	95.6221	95.6221

ESTACION DESAGUADERO									
Año	OBSERV	TRMM3B43v7	Año	OBSERV	TRMM3B43v7	Año	OBSERV	TRMM3B43v7	TRMM3B43v7
01/2011	113.1	85.6884	09/2013	0	3.19226	05/2016	1	3.34049	3.34049
02/2011	221.6	150.706	10/2013	51.6	29.5562	06/2016	1	6.6443	6.6443
03/2011	124.4	63.14	11/2013	61.3	38.6782	07/2016	2	12.1527	12.1527
04/2011	46.7	7.41561	12/2013	135.8	135.724	08/2016	2	11.2405	11.2405
05/2011	8.7	10.1428	01/2014	195.4	172.258	09/2016	19	6.30773	6.30773
06/2011	0	0.536456	02/2014	53.4	69.6539	10/2016	17	22.9352	22.9352
07/2011	14.8	5.2503	03/2014	94.8	90.5512	11/2016	26	18.3924	18.3924
08/2011	0	8.84401	04/2014	50.6	16.9057	12/2016	33.6	60.2992	60.2992
09/2011	24.4	10.9772	05/2014	0.5	11.0605	01/2017	272.4	133.561	133.561
10/2011	14.8	19.1999	06/2014	0	11.0547	02/2017	141.7	107.53	107.53
11/2011	57.6	24.2731	07/2014	0	7.57289	03/2017	144.8	78.6312	78.6312
12/2011	139.2	150.404	08/2014	30.7	25.5309	04/2017	39.7	29.3716	29.3716
01/2012	199.7	98.2485	09/2014	55.1	61.6635	05/2017	15	33.8101	33.8101
02/2012	189.7	200.365	10/2014	49.5	21.6808	06/2017	0	3.53597	3.53597
03/2012	141.6	77.4466	11/2014	11.3	16.5756	07/2017	4.6	5.10381	5.10381
04/2012	40.2	39.8796	12/2014	111.7	102.632	08/2017	0	1.92535	1.92535
05/2012	0	4.91403	01/2015	264.4	130.143	09/2017	62.4	41.1019	41.1019
06/2012	0.8	7.00037	02/2015	122	95.6241	10/2017	44.1	36.2782	36.2782
07/2012	3.3	4.1253	03/2015	103.1	83.6422	11/2017	16.6	19.1285	19.1285
08/2012	1	9.91686	04/2015	176.9	44.177	12/2017	73.9	64.2902	64.2902
09/2012	0	4.30213	05/2015	0.6	5.92935	01/2018	204.4	120.728	120.728
10/2012	29.6	11.4212	06/2015	0	3.49482	02/2018	142	182.385	182.385
11/2012	49.7	43.3433	07/2015	13.5	12.2258	03/2018	103.5	106.088	106.088
12/2012	155.2	120.675	08/2015	44.7	24.4365	04/2018	11.3	14.9176	14.9176
01/2013	210.5	107.777	09/2015	23.6	28.7348	05/2018	1	35.1552	35.1552
02/2013	127	131.194	10/2015	47.3	55.1582	06/2018	0	28.0168	28.0168
03/2013	65.2	64.3476	11/2015	20.9	28.0344	07/2018	3	16.1602	16.1602
04/2013	0	6.39548	12/2015	62.5	85.5882	08/2018	9	9.99825	9.99825
05/2013	35.6	15.0004	01/2016	55.8	113.863	09/2018	21	3.15853	3.15853
06/2013	51.6	23.228	02/2016	288.7	128.89	10/2018	29	70.7507	70.7507
07/2013	1.3	11.321	03/2016	26	44.0951	11/2018	27	28.817	28.817
08/2013	22.4	10.191	04/2016	17	39.9725	12/2018	75	83.4404	83.4404

ESTACION MAÑAZO											
Año	OBSERV	TRMM3B43v7	Año	OBSERV	TRMM3B43v7	Año	OBSERV	TRMM3B43v7	Año	OBSERV	TRMM3B43v7
01/2011	81.1	66.3315	09/2013	6.2	26.0303	05/2016	1.4	2.64527			
02/2011	193.5	154.752	10/2013	38.9	25.9004	06/2016	1.5	10.0265			
03/2011	89.2	162.986	11/2013	42.3	50.8295	07/2016	4.1	24.9244			
04/2011	41.6	33.2221	12/2013	98.3	147.095	08/2016	0	6.01458			
05/2011	5.2	9.50395	01/2014	154.7	137.163	09/2016	3.5	4.79205			
06/2011	0	22.6483	02/2014	62.6	106.004	10/2016	64	47.2093			
07/2011	4.2	11.2901	03/2014	52.9	112.446	11/2016	10.6	12.4926			
08/2011	0	3.39512	04/2014	71.6	34.6417	12/2016	52.9	52.025			
09/2011	4.4	16.0222	05/2014	1.2	3.72543	01/2017	179.1	162.43			
10/2011	11.4	26.1474	06/2014	0.2	9.33726	02/2017	131.8	127.495			
11/2011	92.2	34.3727	07/2014	0.8	5.81957	03/2017	106.7	116.056			
12/2011	201.1	272.821	08/2014	27.5	11.1757	04/2017	31.5	51.6095			
01/2012	162.8	180.132	09/2014	43.2	52.9915	05/2017	14.4	11.2137			
02/2012	253.3	233.454	10/2014	43.4	43.8271	06/2017	0	2.00814			
03/2012	163.9	161.407	11/2014	69.3	38.0497	07/2017	13.2	8.00197			
04/2012	62.7	80.1005	12/2014	113.2	107.926	08/2017	0	6.06868			
05/2012	0	16.1114	01/2015	157.3	156.853	09/2017	43.6	24.9637			
06/2012	0	62.3617	02/2015	106.9	89.9871	10/2017	54.4	43.1485			
07/2012	0	9.847	03/2015	89.7	82.3685	11/2017	81.9	36.2382			
08/2012	2.2	14.3575	04/2015	146.6	104.828	12/2017	99.5	114.326			
09/2012	1.5	8.84686	05/2015	1.9	1.76971	01/2018	148.4	157.806			
10/2012	2.3	10.7821	06/2015	0	2.63163	02/2018	144.2	126.495			
11/2012	61.2	39.91	07/2015	5.8	24.8436	03/2018	133.3	114.54			
12/2012	181.4	136.191	08/2015	6.8	20.8409	04/2018	40.6	29.7261			
01/2013	178.9	138.419	09/2015	23	34.6788	05/2018	8	21.4909			
02/2013	175.2	150.564	10/2015	34.7	25.3559	06/2018	0	11.6285			
03/2013	87.4	84.201	11/2015	33.8	41.3299	07/2018	2	20.1412			
04/2013	8.2	24.5991	12/2015	41.6	85.5778	08/2018	11	7.91889			
05/2013	2.9	20.6507	01/2016	31.6	77.3065	09/2018	11	5.97133			
06/2013	10.8	29.5412	02/2016	135	202.645	10/2018	41	93.0798			
07/2013	15.4	16.3556	03/2016	19.7	48.6083	11/2018	31	36.9696			
08/2013	2.1	25.3785	04/2016	99.6	53.9071	12/2018	70	142.716			

ESTACION LARAQUERI									
Año	OBSERV	TRMM3B43v7	Año	OBSERV	TRMM3B43v7	Año	OBSERV	TRMM3B43v7	TRMM3B43v7
01/2011	150.3	87.0989	09/2013	0.9	10.4544	05/2016	4		3.30506
02/2011	244.4	147.391	10/2013	17.5	25.43	06/2016	8		7.24593
03/2011	120.7	106.582	11/2013	72	48.8451	07/2016	2		19.385
04/2011	48.7	25.0837	12/2013	190.8	156.938	08/2016	0		5.28568
05/2011	3.4	4.9202	01/2014	181	176.77	09/2016	13		7.39912
06/2011	0	11.4198	02/2014	92.7	82.3669	10/2016	50		43.516
07/2011	5.3	3.05464	03/2014	51.9	121.419	11/2016	11		18.8747
08/2011	0.2	2.71658	04/2014	32	39.928	12/2016	52.3		46.2125
09/2011	9.6	18.9333	05/2014	0.5	2.58253	01/2017	282.8		169.052
10/2011	35.7	17.7283	06/2014	0	3.84098	02/2017	169.1		86.3278
11/2011	47.3	41.4728	07/2014	2.8	7.58551	03/2017	122.2		92.2367
12/2011	193.2	250.009	08/2014	22.7	13.4834	04/2017	37.2		49.4841
01/2012	213	137.027	09/2014	63.2	86.9437	05/2017	10.5		17.7486
02/2012	284.4	173.057	10/2014	60.9	59.3581	06/2017	0		3.97309
03/2012	159.8	121.077	11/2014	35.5	44.1256	07/2017	10.6		8.26475
04/2012	97.9	93.2867	12/2014	77.2	118.048	08/2017	0		8.72859
05/2012	0.6	18.5248	01/2015	159.5	163.628	09/2017	32.4		25.5683
06/2012	0	19.6978	02/2015	93	84.0957	10/2017	54.8		38.5177
07/2012	0.5	13.2251	03/2015	144.1	88.1136	11/2017	14.2		36.8054
08/2012	9.2	14.1974	04/2015	128.4	105.668	12/2017	84.5		82.1274
09/2012	15.5	8.22252	05/2015	3.5	4.35482	01/2018	140.6		112.898
10/2012	18.1	6.35986	06/2015	0	0	02/2018	212.8		123.325
11/2012	69.3	36.4273	07/2015	6.8	10.1915	03/2018	75.5		120.857
12/2012	229.7	142.264	08/2015	7.9	10.718	04/2018	50.7		28.1783
01/2013	246.1	111.272	09/2015	15.2	29.6914	05/2018	5		18.5887
02/2013	161.2	121.259	10/2015	45	53.4277	06/2018	0		9.92279
03/2013	81.9	77.585	11/2015	56.1	25.6055	07/2018	2		7.68217
04/2013	23.8	21.8768	12/2015	51.9	55.6431	08/2018	23		5.76993
05/2013	6.3	15.5975	01/2016	89	72.9907	09/2018	14		7.37946
06/2013	26.9	16.9743	02/2016	194	189.717	10/2018	34		96.0227
07/2013	18.7	18.6086	03/2016	65	60.6565	11/2018	23		28.4753
08/2013	17.9	13.3451	04/2016	88	65.8624	12/2018	93		130.225

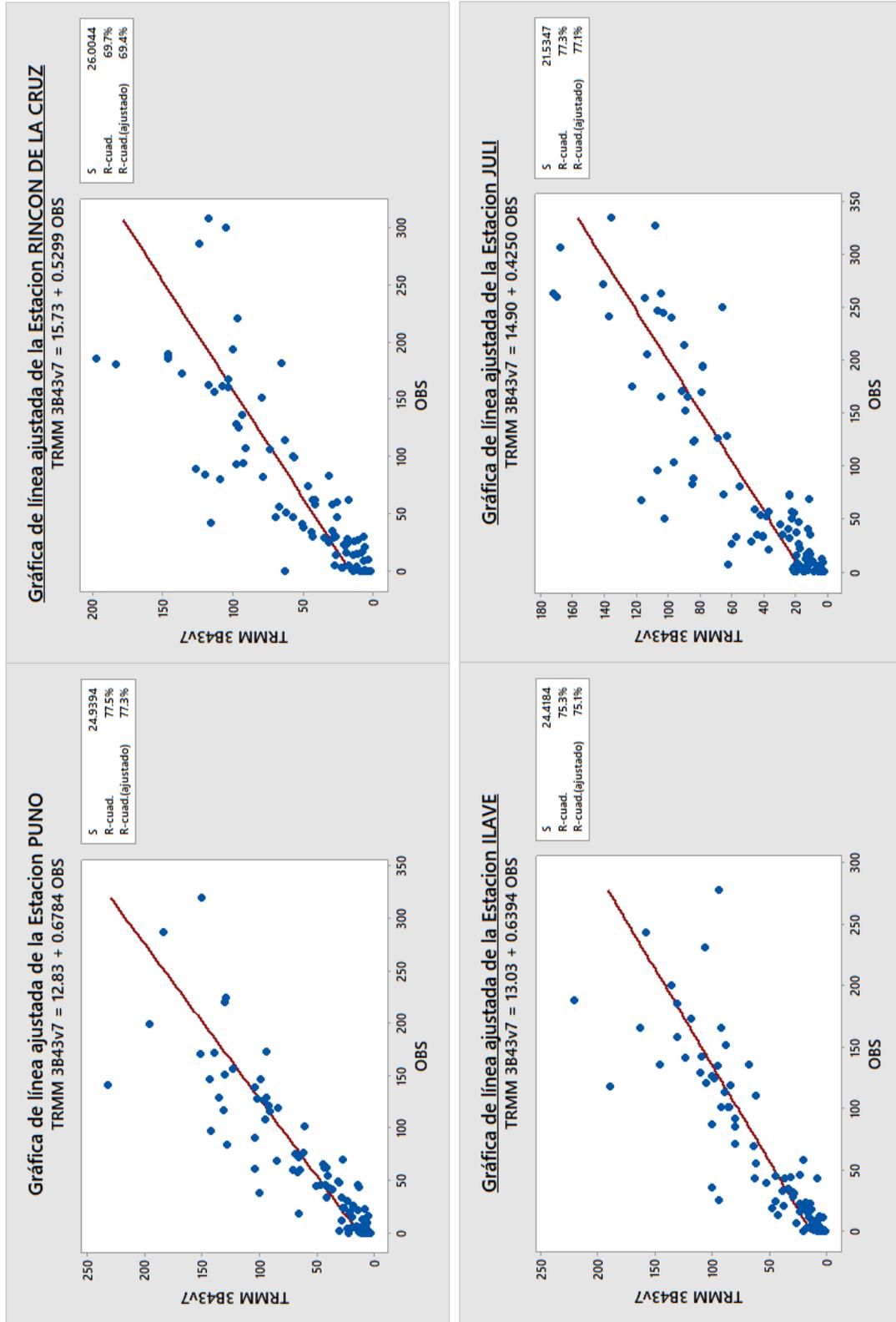
ESTACION MAZOCRUZ									
Año	OBSERV	TRMM3B43v7	Año	OBSERV	TRMM3B43v7	Año	OBSERV	TRMM3B43v7	TRMM3B43v7
01/2011	119	138.818	09/2013	2.6	25.2879	05/2016	1	4.36373	4.36373
02/2011	156.2	154.974	10/2013	65.8	29.6019	06/2016	0	5.4531	5.4531
03/2011	46.6	78.7337	11/2013	18	42.1963	07/2016	0	14.2162	14.2162
04/2011	47.7	13.1634	12/2013	140.8	133.703	08/2016	0	5.86986	5.86986
05/2011	5.8	13.1591	01/2014	160.5	148.049	09/2016	0	9.80129	9.80129
06/2011	0	4.88711	02/2014	28.2	79.0904	10/2016	5	37.1908	37.1908
07/2011	3.2	11.4567	03/2014	37	104.853	11/2016	37	22.2094	22.2094
08/2011	0	7.09408	04/2014	25.5	16.7854	12/2016	38.2	91.3985	91.3985
09/2011	12.4	23.1198	05/2014	0	11.8674	01/2017	209.8	182.842	182.842
10/2011	0.4	11.5116	06/2014	0	3.07705	02/2017	84	105.465	105.465
11/2011	37.6	21.4451	07/2014	0	4.32273	03/2017	101.6	83.6924	83.6924
12/2011	167.4	182.086	08/2014	15	16.4824	04/2017	7	30.2902	30.2902
01/2012	187.2	108.29	09/2014	24.6	60.5661	05/2017	13.2	20.1105	20.1105
02/2012	173.2	151.71	10/2014	33	20.8079	06/2017	0	10.0321	10.0321
03/2012	87.3	114.997	11/2014	47.8	19.6205	07/2017	3.4	8.54158	8.54158
04/2012	74.8	50.9774	12/2014	57.4	99.3251	08/2017	0.4	9.51649	9.51649
05/2012	0.2	11.4871	01/2015	137	116.56	09/2017	29.8	27.8223	27.8223
06/2012	0	54.811	02/2015	107	103.536	10/2017	7.2	29.0768	29.0768
07/2012	0.4	22.0053	03/2015	103	90.5139	11/2017	22.6	19.1841	19.1841
08/2012	3.4	39.0231	04/2015	19	37.6248	12/2017	70.6	77.1002	77.1002
09/2012	0.9	10.1692	05/2015	1.2	5.41728	01/2018	172	108.038	108.038
10/2012	7.6	10.4213	06/2015	0	2.69756	02/2018	168.7	139.485	139.485
11/2012	36	33.2929	07/2015	2	10.9609	03/2018	83.2	96.1343	96.1343
12/2012	142.6	88.3689	08/2015	14.4	17.4763	04/2018	42.3	29.3524	29.3524
01/2013	152.4	131.733	09/2015	9	18.8958	05/2018	2	14.3909	14.3909
02/2013	162.6	136.017	10/2015	38	34.9068	06/2018	0	16.8447	16.8447
03/2013	52.8	89.7912	11/2015	39	26.1811	07/2018	0	13.0223	13.0223
04/2013	1.8	16.0558	12/2015	18.8	55.4195	08/2018	2	10.6664	10.6664
05/2013	22.4	14.5715	01/2016	33.8	87.3217	09/2018	17	6.9893	6.9893
06/2013	8.2	67.4395	02/2016	174.8	133.44	10/2018	19	73.5868	73.5868
07/2013	4	21.3506	03/2016	67	63.4474	11/2018	11	44.1744	44.1744
08/2013	8	14.6227	04/2016	7	75.3541	12/2018	93	141.527	141.527

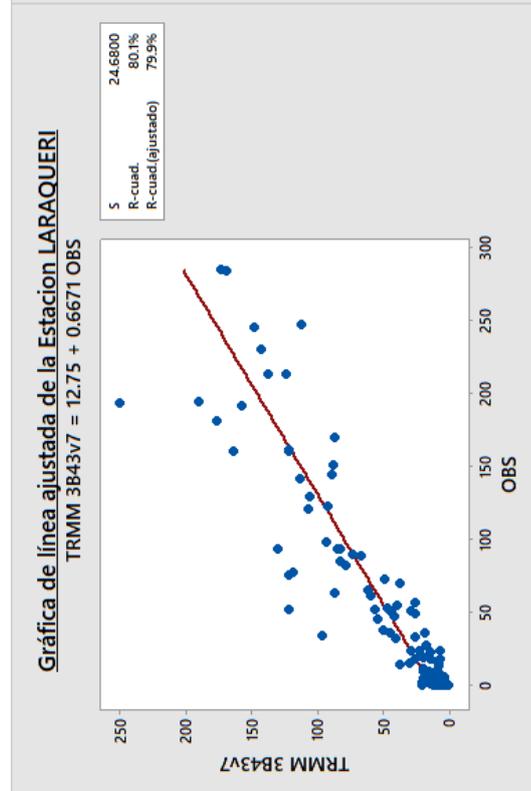
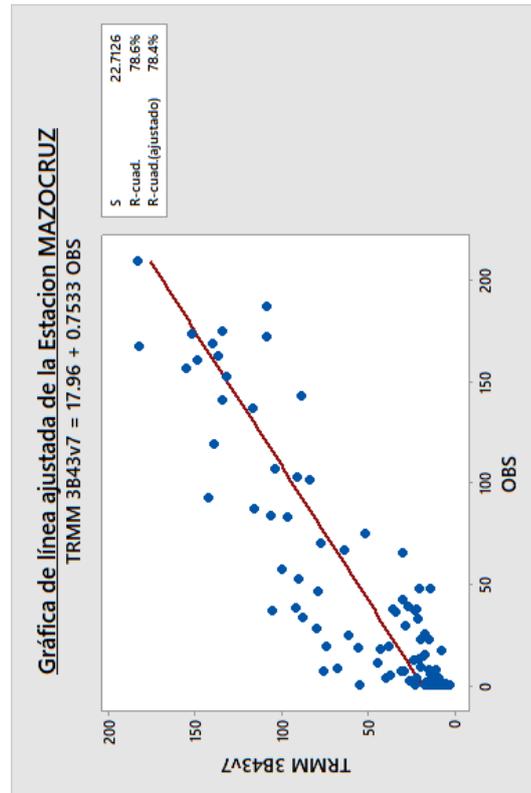
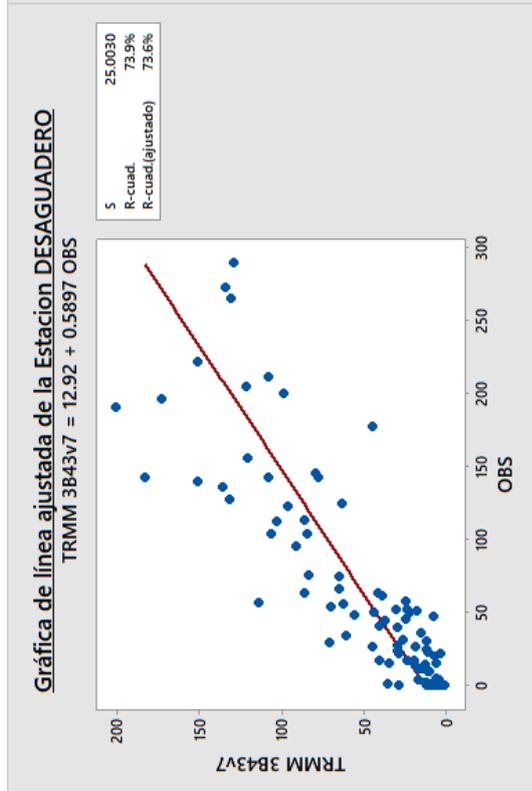
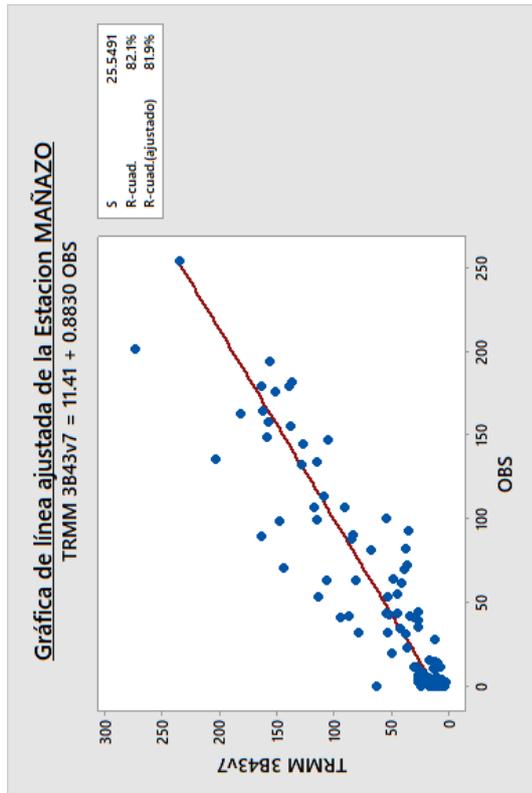
ESTACION PIZACOMA									
Año	OBSERV	TRMM3B43v7	Año	OBSERV	TRMM3B43v7	Año	OBSERV	TRMM3B43v7	TRMM3B43v7
01/2011	79.7	102.839	09/2013	2.1	21.7297	05/2016	0	4.29904	4.29904
02/2011	180.4	189.384	10/2013	84.4	54.2353	06/2016	0	6.61671	6.61671
03/2011	95.9	65.1099	11/2013	12.5	37.1229	07/2016	1	9.45723	9.45723
04/2011	15.3	18.5063	12/2013	162.8	188.98	08/2016	2	6.30026	6.30026
05/2011	10.2	10.1107	01/2014	149.6	143.994	09/2016	0	10.533	10.533
06/2011	0	3.02189	02/2014	50.3	69.5545	10/2016	3	25.2558	25.2558
07/2011	7.9	11.1145	03/2014	16.8	83.0829	11/2016	44	20.6914	20.6914
08/2011	1.6	8.5314	04/2014	5.7	15.9251	12/2016	77.7	67.8492	67.8492
09/2011	17.1	15.1719	05/2014	0	15.1131	01/2017	210.3	180.759	180.759
10/2011	0	9.45345	06/2014	0	1.48054	02/2017	94.2	120.38	120.38
11/2011	27.2	17.3403	07/2014	0	3.47562	03/2017	42.9	57.7892	57.7892
12/2011	219.4	150.869	08/2014	10.2	18.6099	04/2017	27.1	29.7926	29.7926
01/2012	133.9	104.973	09/2014	35.8	46.199	05/2017	9.6	20.3182	20.3182
02/2012	205.1	160.302	10/2014	20.1	16.8308	06/2017	0	10.5262	10.5262
03/2012	132.2	92.3647	11/2014	16.6	23.5918	07/2017	6.6	5.84757	5.84757
04/2012	68.5	51.6079	12/2014	57.1	109.941	08/2017	0.4	8.93397	8.93397
05/2012	0.4	17.863	01/2015	164	138.743	09/2017	50.4	23.1865	23.1865
06/2012	0	72.6481	02/2015	130.4	140.017	10/2017	28.2	30.1046	30.1046
07/2012	0	16.7055	03/2015	78.3	92.2801	11/2017	25.2	13.086	13.086
08/2012	1.4	24.9845	04/2015	69.8	39.0751	12/2017	104.7	78.6804	78.6804
09/2012	13.4	7.52278	05/2015	5	9.9151	01/2018	127.8	139.811	139.811
10/2012	12.1	10.0819	06/2015	0	2.48378	02/2018	186.6	163.275	163.275
11/2012	21	31.4345	07/2015	0	7.62426	03/2018	136.2	85.0688	85.0688
12/2012	137.1	106.963	08/2015	8.8	17.6043	04/2018	33.7	14.9921	14.9921
01/2013	171.4	142.775	09/2015	11.4	17.8828	05/2018	1	10.1855	10.1855
02/2013	153.7	136.376	10/2015	32.5	53.6472	06/2018	0	22.1471	22.1471
03/2013	31.9	80.1159	11/2015	31.8	33.8209	07/2018	0	18.3093	18.3093
04/2013	0	11.7794	12/2015	27.2	64.6514	08/2018	1	8.02885	8.02885
05/2013	22.5	16.7419	01/2016	43	90.9949	09/2018	15	7.47575	7.47575
06/2013	24.2	68.8228	02/2016	214.6	134.136	10/2018	16	62.9656	62.9656
07/2013	0	27.252	03/2016	100	50.5116	11/2018	2	36.0651	36.0651
08/2013	25.1	13.0866	04/2016	13	56.2869	12/2018	60	130.713	130.713

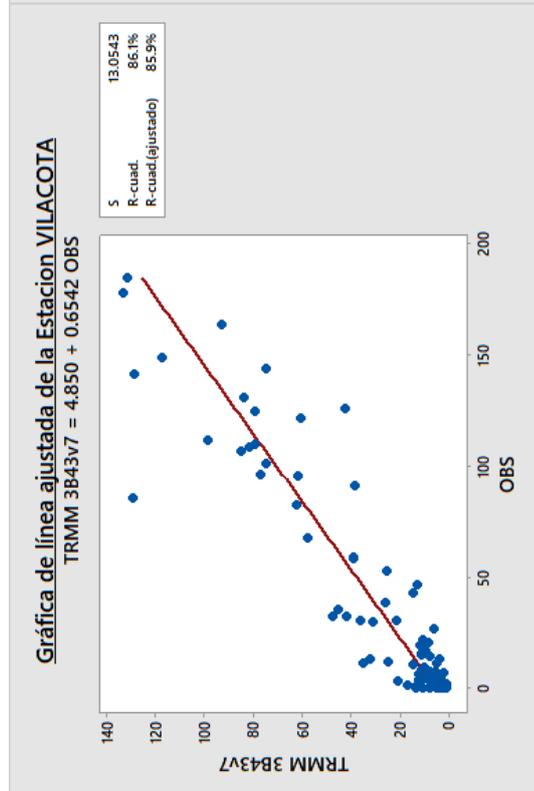
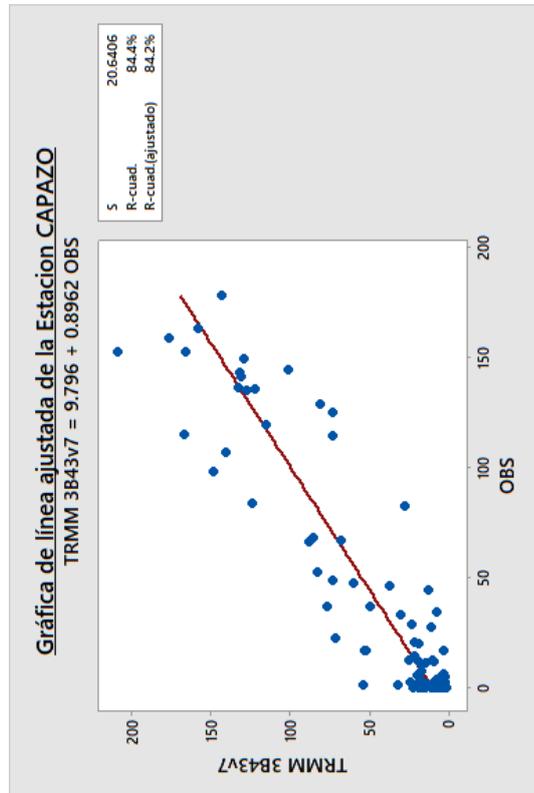
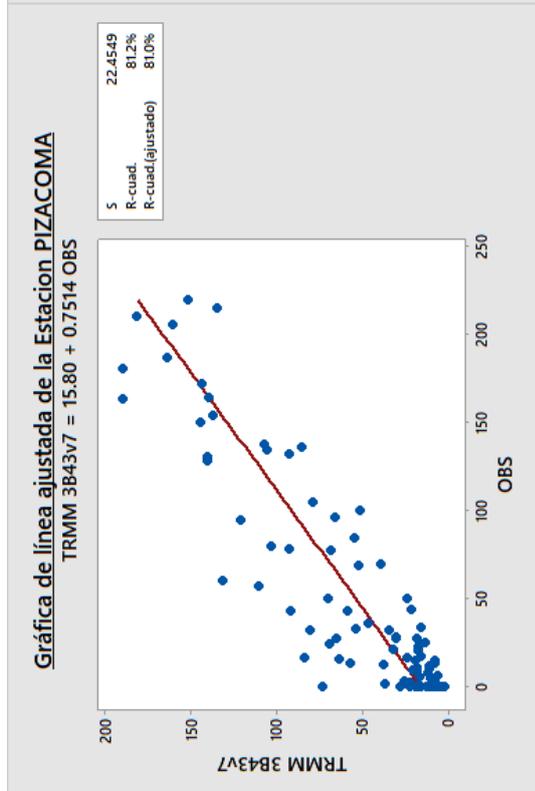
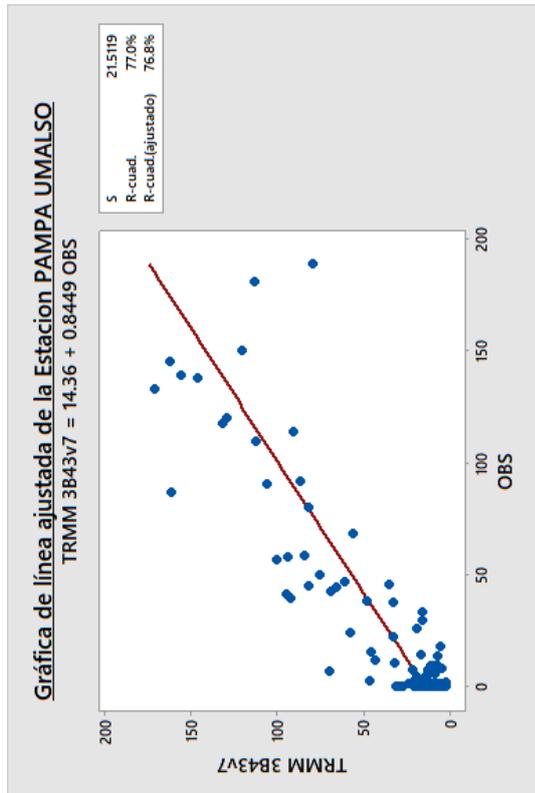
ESTACION CAPAZO											
Año	OBSERV	TRMM3B43v7	Año	OBSERV	TRMM3B43v7	Año	OBSERV	TRMM3B43v7	Año	OBSERV	TRMM3B43v7
01/2011	114.4	72.7562	09/2013	0	5.07409	05/2016	0	5.07409	05/2016	0	2.64778
02/2011	152.6	208.589	10/2013	13.9	22.1508	06/2016	0	22.1508	06/2016	0	6.41335
03/2011	47.6	59.513	11/2013	7.6	16.8259	07/2016	2	16.8259	07/2016	2	9.28746
04/2011	34.5	6.52371	12/2013	83.9	123.707	08/2016	0	123.707	08/2016	0	5.8076
05/2011	3.6	4.03772	01/2014	136.1	132.801	09/2016	0	132.801	09/2016	0	7.75119
06/2011	1.5	1.71594	02/2014	16.8	52.4383	10/2016	3	52.4383	10/2016	3	16.6964
07/2011	4.8	1.39927	03/2014	48.8	72.7091	11/2016	1	72.7091	11/2016	1	17.4543
08/2011	0	0.886533	04/2014	12.5	9.43315	12/2016	37	9.43315	12/2016	37	48.6418
09/2011	6	2.85196	05/2014	0	4.54533	01/2017	162.8	4.54533	01/2017	162.8	157.608
10/2011	0	2.73416	06/2014	0	15.5813	02/2017	119.4	15.5813	02/2017	119.4	114.646
11/2011	20.7	20.4732	07/2014	0	3.55609	03/2017	128.5	3.55609	03/2017	128.5	80.9726
12/2011	142.9	131.241	08/2014	16.5	2.38688	04/2017	10.8	2.38688	04/2017	10.8	16.5645
01/2012	134.7	127.481	09/2014	5.3	18.0373	05/2017	2	18.0373	05/2017	2	14.1675
02/2012	152.1	165.898	10/2014	44.2	11.7483	06/2017	0	11.7483	06/2017	0	21.6639
03/2012	66.1	87.4285	11/2014	28.5	22.6374	07/2017	1.1	22.6374	07/2017	1.1	8.981
04/2012	46.3	36.2744	12/2014	22.4	70.9823	08/2017	0	70.9823	08/2017	0	18.3138
05/2012	0	5.70231	01/2015	114.6	166.919	09/2017	5.6	166.919	09/2017	5.6	19.5459
06/2012	0	8.85304	02/2015	106.7	139.985	10/2017	2.7	139.985	10/2017	2.7	23.1084
07/2012	0	1.13918	03/2015	149.2	129.016	11/2017	20.2	129.016	11/2017	20.2	17.9817
08/2012	0	9.46401	04/2015	82.2	26.9429	12/2017	66.7	26.9429	12/2017	66.7	67.3706
09/2012	5.4	3.09688	05/2015	0	8.80739	01/2018	141.4	8.80739	01/2018	141.4	130.301
10/2012	12.1	8.66001	06/2015	0	9.41715	02/2018	178	9.41715	02/2018	178	142.98
11/2012	33.1	29.2847	07/2015	0.2	7.32741	03/2018	68.3	7.32741	03/2018	68.3	84.7593
12/2012	135.4	122.176	08/2015	2.7	17.2994	04/2018	27.3	17.2994	04/2018	27.3	10.5707
01/2013	144.5	100.356	09/2015	3.7	7.17767	05/2018	1	7.17767	05/2018	1	7.39306
02/2013	98.3	147.947	10/2015	12.7	19.5716	06/2018	0	19.5716	06/2018	0	13.6198
03/2013	52.1	81.9641	11/2015	11	13.7918	07/2018	0	13.7918	07/2018	0	10.0265
04/2013	0	4.49339	12/2015	1.4	31.0884	08/2018	1	31.0884	08/2018	1	4.9576
05/2013	12.5	24.5963	01/2016	36.9	76.0912	09/2018	0	76.0912	09/2018	0	7.68555
06/2013	14.6	20.8799	02/2016	158.6	176.434	10/2018	1	176.434	10/2018	1	53.2939
07/2013	2.7	1.57723	03/2016	17	51.6132	11/2018	2	51.6132	11/2018	2	17.0146
08/2013	2.2	5.3502	04/2016	17	52.8078	12/2018	125	52.8078	12/2018	125	72.7717

ESTACION VILACOTA									
Año	OBSERV	TRMM3B43v7	Año	OBSERV	TRMM3B43v7	Año	OBSERV	TRMM3B43v7	TRMM3B43v7
01/2011	130.4	83.5875	09/2013	0	1.13555	05/2016	0	2.38769	2.38769
02/2011	141.3	128.167	10/2013	14	7.41568	06/2016	7.5	7.56948	7.56948
03/2011	35.5	44.7724	11/2013	1.8	3.29752	07/2016	15	10.5714	10.5714
04/2011	46.4	12.6882	12/2013	32.3	41.1907	08/2016	0	3.72878	3.72878
05/2011	13.3	3.34617	01/2014	111.2	98.4137	09/2016	0	4.33955	4.33955
06/2011	0	4.39794	02/2014	11.8	24.6779	10/2016	7.8	10.7728	10.7728
07/2011	1	3.41129	03/2014	11	34.3939	11/2016	0.2	0.886758	0.886758
08/2011	0	0.516033	04/2014	42.8	14.3541	12/2016	30.1	20.7222	20.7222
09/2011	0.8	2.1623	05/2014	0	4.63353	01/2017	163.6	92.5675	92.5675
10/2011	0	0.819483	06/2014	0	4.06471	02/2017	95.2	61.1728	61.1728
11/2011	19.2	11.3428	07/2014	0	0.536383	03/2017	95.8	76.6402	76.6402
12/2011	101.2	74.5626	08/2014	1.7	0.616799	04/2017	7.7	7.32839	7.32839
01/2012	148.3	116.971	09/2014	1.4	16.4486	05/2017	4.8	5.27793	5.27793
02/2012	177.4	132.966	10/2014	15.5	10.7239	06/2017	0	13.0985	13.0985
03/2012	32.1	47.3302	11/2014	20.5	8.1562	07/2017	0	4.75114	4.75114
04/2012	58.8	38.3457	12/2014	38.4	25.8254	08/2017	0	10.3641	10.3641
05/2012	0	2.29084	01/2015	108.3	81.1689	09/2017	6.3	11.8143	11.8143
06/2012	0	4.2714	02/2015	143.8	74.5899	10/2017	9.3	9.40497	9.40497
07/2012	0	0.582663	03/2015	106.5	84.8027	11/2017	7.7	5.26657	5.26657
08/2012	0	4.5025	04/2015	52.6	25.0991	12/2017	58	38.5743	38.5743
09/2012	3.4	2.40911	05/2015	0.3	7.4855	01/2018	109.5	78.9194	78.9194
10/2012	21.5	9.98741	06/2015	0	4.61064	02/2018	124.5	78.9394	78.9394
11/2012	2.3	6.09389	07/2015	1.4	6.84538	03/2018	82.5	61.9601	61.9601
12/2012	125.5	42.2534	08/2015	0.7	12.803	04/2018	26.7	5.92764	5.92764
01/2013	121.2	60.0489	09/2015	2.3	5.26853	05/2018	0.6	4.16416	4.16416
02/2013	85.6	128.87	10/2015	3.9	12.0785	06/2018	16.8	8.78863	8.78863
03/2013	67.6	57.3188	11/2015	4.5	8.22388	07/2018	3	11.531	11.531
04/2013	0	2.76288	12/2015	0	12.9171	08/2018	0	7.61149	7.61149
05/2013	11.4	4.28111	01/2016	30.4	35.5563	09/2018	1	5.54347	5.54347
06/2013	10.6	14.1591	02/2016	184.6	131.45	10/2018	3	20.6233	20.6233
07/2013	6.9	1.85915	03/2016	13.2	31.8152	11/2018	3	4.9787	4.9787
08/2013	6.1	6.7837	04/2016	30	30.7889	12/2018	91	38.1726	38.1726

ANEXO 04. Resultados de la comparación de datos de precipitaciones mensuales obtenidas a través de las imágenes satelitales TRMM 3b43 v7 y observadas por el SENAMHI de los años 2011 al 2018 para la cuenca del río Ilave – Puno.







ANEXO 05. Cálculos Estadísticos.

Estación Puno:

Mes - Año	PRECIPITACIONES		CC		
	Observada (x _i)	TRMM3B43v7 (y _i)	$(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$	$(y_i - \bar{y})^2$	$(x_i - \bar{x})^2$
Ene-11	100.9	60.2675	255.6395	40.2098	1625.2656
Feb-11	224.2	128.774	12246.1617	5602.1658	26769.7319
Mar-11	115.8	90.6335	2026.7682	1347.4125	3048.6502
Abr-11	48	30.0647	300.3092	569.3799	158.3927
May-11	4.8	7.18314	2607.5913	2184.9307	3112.0127
Jun-11	0	10.5752	2626.4495	1879.3250	3670.5927
Jul-11	6.4	6.02464	2595.5759	2294.5769	2936.0594
Ago-11	0.2	3.79598	3027.1452	2513.0573	3646.3985
Set-11	45.8	13.8922	591.9221	1602.7358	218.6085
Oct-11	25.7	17.4235	1273.4183	1332.4604	1216.9923
Nov-11	48.5	31.0584	276.3691	522.9446	146.0573
Dic-11	140.2	231.536	14140.3157	31545.1762	6338.4819
Ene-12	146.2	142.45	7578.9126	7836.4308	7329.8569
Feb-12	285.9	183.408	29174.0967	16765.4892	50766.6615
Mar-12	219.1	129.07	11911.3592	5646.5632	25126.8731
Abr-12	60.1	70.3124	-7.9540	268.5016	0.2356
May-12	0	5.30916	2945.4947	2363.6343	3670.5927
Jun-12	0.2	12.3605	2509.9731	1727.7226	3646.3985
Jul-12	0	2.10668	3139.5183	2685.2816	3670.5927
Ago-12	5.6	14.398	2173.4846	1562.4930	3023.3960
Set-12	9.8	5.24044	2472.5359	2370.3210	2579.1585
Oct-12	7.6	8.91834	2384.7699	2025.7239	2807.4544
Nov-12	69.5	27.0114	-239.9359	724.4163	79.4698
Dic-12	155.9	122.4	6526.5343	4688.6363	9084.8698
Ene-13	150.6	129.811	6830.7222	5758.4752	8102.6252
Feb-13	170.2	151.101	10651.7552	9442.9063	12015.3569
Mar-13	108	94.2705	1912.8995	1627.6478	2248.1427
Abr-13	14.3	18.144	1656.2025	1280.3789	2142.3398
May-13	22.4	7.15937	1785.8179	2187.1535	1458.1260
Jun-13	12.5	9.56911	2132.9379	1967.5676	2312.2073
Jul-13	1.5	5.9117	2836.9675	2305.4097	3491.0865
Ago-13	4.5	18.9649	1960.8293	1222.3053	3145.5740
Set-13	11.6	27.1909	1309.6488	714.7860	2399.5710
Oct-13	32.9	27.2689	738.0235	710.6214	766.4823
Nov-13	61.4	41.1647	-10.3955	162.8605	0.6635
Dic-13	117.1	130.746	4341.4287	5901.2536	3193.8981
Ene-14	128.4	134.588	5470.0340	6506.2965	4598.8177
Feb-14	126.3	95.5885	2737.8087	1735.7320	4318.4065
Mar-14	60.5	103.052	-4.1961	2413.3263	0.0073
Abr-14	40.9	35.338	365.9201	345.5280	387.5156
May-14	0.1	4.7152	2976.5589	2421.7405	3658.4856
Jun-14	0	2.13544	3137.7758	2682.3017	3670.5927
Jul-14	0.2	8.48837	2743.7933	2064.6130	3646.3985
Ago-14	23.9	17.1101	1350.6207	1355.4387	1345.8198
Set-14	71.9	64.5684	120.4100	113.2525	128.0198
Oct-14	45.2	45.5169	129.3834	70.7194	236.7110
Nov-14	29.8	22.6579	962.6133	977.7180	947.7419
Dic-14	90	103.213	1449.7453	2429.1707	865.2177



Ene-15	96.5	141.83	3157.0218	7727.0460	1289.8573
Feb-15	121.5	90.9524	2255.4244	1370.9260	3710.5865
Mar-15	172.8	93.1955	4406.5676	1542.0636	12592.1127
Abr-15	128.3	93.381	2671.6530	1556.6668	4585.2648
May-15	0.2	5.89237	2900.5539	2307.2664	3646.3985
Jun-15	0	4.08158	3019.8681	2484.5043	3670.5927
Jul-15	1.8	29.6066	1429.6486	591.4518	3455.7252
Ago-15	4	14.0466	2256.6141	1590.3971	3201.9094
Set-15	54.5	40.0748	84.2927	191.8663	37.0323
Oct-15	41.5	35.6874	348.0986	332.6605	364.2531
Nov-15	23.2	26.1052	1040.1065	774.0182	1397.6694
Dic-15	59.4	64.0036	-11.9457	101.5503	1.4052
Ene-16	75.1	68.3755	209.7229	208.7770	210.6731
Feb-16	199.2	195.379	19607.3956	20008.8430	19214.0027
Mar-16	17.8	65.4591	-493.4321	133.0036	1830.5919
Abr-16	57.5	66.3621	-38.3694	154.6471	9.5198
May-16	0.5	4.20377	2987.6039	2472.3382	3610.2573
Jun-16	2	12.2583	2441.1420	1736.2291	3432.2510
Jul-16	3.4	22.7529	1782.6686	971.7860	3270.1719
Ago-16	0	5.99416	2903.9937	2297.4980	3670.5927
Set-16	0.3	6.3137	2870.3504	2266.9675	3634.3315
Oct-16	76	60.6833	104.1551	45.6559	237.6094
Nov-16	43	12.2257	733.3239	1738.9469	309.2469
Dic-16	44.7	50.0657	61.3286	14.9049	252.3465
Ene-17	319.3	150.123	24887.4678	9253.7892	66933.2356
Feb-17	119.2	82.6556	1683.9511	825.3679	3435.6694
Mar-17	145.7	98.6424	3805.9852	1999.5222	7244.4923
Abr-17	45.5	41.7555	183.6028	148.1304	227.5698
May-17	21.7	13.3223	1578.9067	1648.6915	1512.0756
Jun-17	0	2.18054	3135.0434	2677.6322	3670.5927
Jul-17	2.6	6.67429	2739.9323	2232.7603	3362.3085
Ago-17	0	7.20056	2830.9034	2183.3025	3670.5927
Set-17	62.3	42.5901	-19.4370	128.5113	2.9398
Oct-17	65.2	43.8181	-46.6455	102.1774	21.2944
Nov-17	23.9	26.9255	990.5386	729.0477	1345.8198
Dic-17	67.9	84.1917	221.3782	915.9894	53.5031
Ene-18	171.7	138.213	9365.4724	7104.2339	12346.4506
Feb-18	138.1	103.315	3828.3381	2439.2355	6008.5106
Mar-18	128.1	100.847	3167.8259	2201.5443	4558.2190
Abr-18	33.2	40.8783	357.3272	170.2525	749.9610
May-18	19	20.5866	1386.4488	1111.5411	1729.3469
Jun-18	3	13.47	2329.6976	1636.7189	3316.0802
Jul-18	0	21.975	1935.7878	1020.8909	3670.5927
Ago-18	2	6.84266	2758.4195	2216.8769	3432.2510
Set-18	16	4.78193	2191.1259	2415.1772	1987.8594
Oct-18	38	99.2837	-1024.4139	2057.2862	510.1010
Nov-18	42	37.4671	305.9026	270.9080	345.4177
Dic-18	84	127.775	1729.1346	5453.6183	548.2427
PROMEDIO	60.585417	53.9263826			
SUMATORIA			297174.24	260060.0121	438070.1396



Estación Rincón de la cruz:

Mes - Año	PRECIPITACIONES		CC		
	Observada (xi)	TRMM 3B43v7 (yi)	$(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$	$(y_i - \bar{y})^2$	$(x_i - \bar{x})^2$
Ene-11	99.7	56.5134	160.5188917	24.9297827	1033.55552
Feb-11	307.3	117.314	15773.94067	4328.79429	57479.563
Mar-11	151.4	79.0987	2312.409492	760.56116	7030.64781
Abr-11	35.1	28.6629	741.7505503	522.466525	1053.07011
May-11	26.4	10.3545	1694.020764	1694.63352	1693.40823
Jun-11	0	1.20416	3398.916226	2531.72669	4563.14323
Jul-11	8.8	5.99454	2674.693264	2072.60636	3451.6849
Ago-11	0	4.20091	3196.482642	2239.13666	4563.14323
Set-11	59.8	25.3014	203.2247682	687.437359	60.0786469
Oct-11	23.9	17.2423	1496.275935	1174.98997	1905.41344
Nov-11	46.7	25.3842	544.9675512	683.102344	434.765939
Dic-11	185.2	197.054	17121.87331	21180.021	13841.2774
Ene-12	161.2	106.802	5177.061758	3056.05235	8770.1274
Feb-12	299.2	104.699	12318.76112	2827.96066	53661.2399
Mar-12	185.4	146.025	11137.26553	8931.11438	13888.377
Abr-12	106.4	72.8418	828.3131442	454.600961	1509.24156
May-12	0	2.47583	3313.013593	2405.37246	4563.14323
Jun-12	0	5.67251	3097.074529	2102.03146	4563.14323
Jul-12	0	1.69206	3365.958073	2482.86613	4563.14323
Ago-12	16	18.5502	1699.649529	1087.03585	2657.5099
Set-12	15.3	8.03528	2272.14421	1890.95798	2730.17136
Oct-12	27.3	17.9712	1350.39132	1125.55061	1620.14636
Nov-12	29.4	26.023	972.7533872	650.118767	1455.50198
Dic-12	219.9	96.3516	6829.982558	2009.8341	23210.2051
Ene-13	172.6	135.941	8868.293291	7126.8332	11035.2837
Feb-13	186.7	145.962	11252.61509	8919.21077	14196.4743
Mar-13	94	91.7431	1063.847811	1617.86345	699.547397
Abr-13	4.5	17.0247	2174.991499	1189.95516	3975.43386
May-13	20.9	5.04534	2168.111205	2159.93368	2176.31969
Jun-13	15	10.2904	2166.680849	1699.9151	2761.61198
Jul-13	29.4	5.61238	1751.439801	2107.54875	1455.50198
Ago-13	16.9	7.0006	2254.975595	1982.01497	2565.52802
Set-13	13.7	25.9441	1377.311833	654.148486	2899.93469
Oct-13	47.2	56.2742	-96.74423918	22.5983609	414.164897
Nov-13	58.1	28.4677	217.8722803	531.428207	89.3221886
Dic-13	161.8	116.615	6135.09573	4237.30348	8882.86615
Ene-14	188.8	146.072	11464.27978	8940.00002	14701.3099
Feb-14	106.7	90.0236	1507.359129	1482.49436	1532.64094
Mar-14	79.4	108.278	672.5181215	3221.42213	140.397814
Abr-14	37.5	49.1245	72.00009209	5.74046459	903.065105
May-14	0	7.28138	2988.393685	1957.09325	4563.14323
Jun-14	0	4.32802	3187.896229	2227.12325	4563.14323
Jul-14	2.2	11.3571	2624.715234	1613.09281	4270.75865
Ago-14	24.4	30.78	894.9710153	430.165298	1862.0124
Set-14	88.5	125.843	1556.980492	5523.84491	438.858855
Oct-14	62.2	42.1189	50.30796092	88.3887037	28.6336469
Nov-14	23.2	19.6758	1412.342364	1014.08025	1967.0149
Dic-14	93.2	96.938	1164.913446	2062.75597	657.869064



Ene-15	160.5	102.742	4760.991886	2623.64958	8639.50886
Feb-15	180.8	64.7295	1495.913796	174.479618	12825.3266
Mar-15	193.4	99.416	6027.608013	2293.98595	15837.9603
Abr-15	135.9	92.7853	2820.411108	1702.78977	4671.58011
May-15	5	26.9863	1534.635179	601.923371	3912.63281
Jun-15	0	13.2325	2586.38933	1465.96533	4563.14323
Jul-15	2.8	20.7083	1995.117298	949.38715	4192.6974
Ago-15	13.9	13.2957	2050.796403	1461.12973	2878.43427
Set-15	29.5	42.4395	345.538719	82.4632291	1447.88177
Oct-15	83.2	31.0457	-320.4081445	419.214432	244.889897
Nov-15	29	34.5481	654.3008725	288.059873	1486.18281
Dic-15	46.6	68.7405	-360.7784739	296.530926	438.946147
Ene-16	0	61.9863	-706.9806456	109.534505	4563.14323
Feb-16	180.3	183.173	14843.69051	17332.4001	12712.3276
Mar-16	82	78.2976	386.9022618	717.017012	208.772397
Abr-16	51	61.3544	-162.7625024	96.7070315	273.93698
May-16	1	5.07401	3091.057411	2157.26962	4429.04115
Jun-16	0	8.72771	2890.692587	1831.2166	4563.14323
Jul-16	3	21.4001	1944.298462	907.234079	4166.83698
Ago-16	0	6.751	3024.221406	2004.30156	4563.14323
Set-16	2	11.6167	2615.730849	1592.3074	4296.93906
Oct-16	58	41.0098	100.3874332	110.473273	91.2223969
Nov-16	26	12.2812	1630.430742	1539.71691	1726.48906
Dic-16	55.8	66.4633	-175.5943272	223.289464	138.08698
Ene-17	285.8	123.708	15754.86268	5211.04574	47632.6078
Feb-17	99.2	55.3336	120.6829639	14.5402909	1001.65656
Mar-17	125.3	95.6946	2551.012495	1951.35759	3334.94219
Abr-17	33.3	42.9702	292.8541698	73.1063761	1173.13386
May-17	62.3	16.8718	181.9413823	1200.52733	27.5734386
Jun-17	0	1.97387	3346.921514	2454.86128	4563.14323
Jul-17	9.6	2.90875	2817.0973	2363.09511	3358.32323
Ago-17	0	4.10961	3202.650052	2247.78554	4563.14323
Set-17	61.7	40.6561	63.56762801	118.033594	34.2346886
Oct-17	40.9	50.0614	38.88458049	2.12875881	710.278022
Nov-17	28.6	27.1422	949.5573227	594.297935	1517.18365
Dic-17	114.1	62.5521	513.5129023	121.697817	2166.80552
Ene-18	167.5	103.143	5159.622431	2664.89008	9989.79427
Feb-18	156.6	112.589	5438.092842	3729.37065	7929.71698
Mar-18	127.8	96.703	2722.202978	2041.46493	3629.93698
Abr-18	74.2	45.7889	-38.10868199	32.8503979	44.2086469
May-18	22	19.6157	1453.293534	1017.91158	2074.8974
Jun-18	1	14.655	2453.432546	1359.05968	4429.04115
Jul-18	1	10.2722	2745.112452	1701.4162	4429.04115
Ago-18	4	10.9958	2575.382238	1642.24537	4038.7349
Set-18	15	11.1291	2122.606291	1631.45927	2761.61198
Oct-18	42	115.205	-1627.207187	4055.72488	652.85573
Nov-18	58	40.4532	105.703543	122.483506	91.2223969
Dic-18	84	119.419	1116.860804	4610.21626	270.56823
PROMEDIO	67.5510417	51.52042667			
SUMATORIA			275745.74	209681.473	520379.46



ANEXO 06. Información de Precipitación solicitada al SENAMHI.

PROCEDIMIENTO PARA OTORGAR INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA EN EL SENAMHI A
ESTUDIANTES, TESISISTAS, MAESTRISTAS, DOCTORADO E INVESTIGADORES

ANEXO 02: FORMATO DE SOLICITUD ESTUDIANTES/TESISTAS- DIRECCIÓN ZONAL

Señor(a)
**DIRECTOR (A) ZONAL DEL SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERU-
SENAMHI**
Presente.-

CHRISTIAN JHONATAN MAMANI CHOQUE
(Nombre y Apellidos)

AV. LAS RETAMAS Mz A Lt 6-2 urb. VIRGEN DE COPACABANA - PUNO
(Dirección)

Con No. DNI: 76979600 Telef.:...988038288 E-mail ...chrisjho.mch@gmail.com.....

Universidad/Instituto:.....UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO.....

Carrera/Profesión:.....INGENIERIA TOPOGRAFICA Y AGRIMENSURA.....

Ante usted me presento y expongo;

Que, (detallar el estudio o proyecto que están realizando y el motivo de solicitud de los datos)

Se desea realizar una comparación entre datos observados del SENAMHI y los datos extraídos estimados por las imágenes satelitales TRMM3B43v7, para lo cual se necesita datos de precipitaciones mensuales de 12 estaciones meteorológicas de periodo 1998 - 2020.....

Solicito la siguiente información:

ESTACIÓN/ZONA	PARÁMETROS	PERÍODOS
PUNO	PRECIPITACIONES MENSUALES	1998 - 2020
RINCÓN DE LA CRUZ	PRECIPITACIONES MENSUALES	1998 - 2020
ILAVE	PRECIPITACIONES MENSUALES	1998 - 2020
JULI	PRECIPITACIONES MENSUALES	1998 - 2020
DESAGUADERO	PRECIPITACIONES MENSUALES	1998 - 2020
MAÑAZO	PRECIPITACIONES MENSUALES	1998 - 2020
LARAQUERI	PRECIPITACIONES MENSUALES	1998 - 2020
MAZO CRUZ	PRECIPITACIONES MENSUALES	1998 - 2020
PIZACOMA	PRECIPITACIONES MENSUALES	1998 - 2020
PAMPA UMALZO	PRECIPITACIONES MENSUALES	1998 - 2020
VILACOTA	PRECIPITACIONES MENSUALES	1998 - 2020
CAPAZO	PRECIPITACIONES MENSUALES	1998 - 2020

La información solicitada deberá ser remitida al correo electrónico: chrisjho.mch@gmail.com

Por lo expuesto, agradeceré a usted atender lo solicitado.

Puno, 29 de enero del 2021

Firma del Usuario

CHRISTIAN JHONATAN MAMANI CHOQUE
DNI 76979600

DIRECTIVA N° 003-2016-SENAMHI-SG-OPP-UM
Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI



DIRECCION ZONAL 13

PROVEIDO N° D000240-2021-SENAMHI-DZ13

EXPEDIENTE : **2021-0000623**

ASUNTO: SOLICITA INFORMACIÓN METEOROLÓGICA PARA TESIS - ESTACIONES VARIAS - 1998-2020.

FECHA

29/01/2021

Atender en 0 días

REFERENCIA : SOLICITUD N° S/N SOLICITA INFORMACIÓN METEOROLÓGICA PARA TESIS - ESTACIONES VARIAS - 1998-2020.

DEPENDENCIA DESTINO	TRAMITE	PRIORIDAD	INDICACIONES
DIRECCION ZONAL 13 ORTEGA DIAZ LISBETH	ATENDER	NORMAL	Comunicar al solicitante que la informacion la puede descargar desde: https://www.senamhi.gob.pe/75p-descarga-datos-hidrometeorologicos

FLORES SANCHO SIXTO
DIRECTOR ZONAL 13