

## **Análisis temporal de precipitación en la ciudad de Acobamba, Huancavelica, Perú**

### **Temporal analysis of precipitation in the city of Acobamba, Huancavelica, Peru**

**Max Uhle Flores-Muñoz**

Universidad Nacional Autónoma de Huanta, Ayacucho, Perú

Email: [mflores@unah.edu.pe](mailto:mflores@unah.edu.pe) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0546-363X>

**Santos Clemente Herrera-Díaz**

Universidad Nacional Autónoma de Huanta, Ayacucho, Perú

Email: [sherrera@unah.edu.pe](mailto:sherrera@unah.edu.pe) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8260-266X>

**Michael Huisa-Taípe**

Universidad Nacional Autónoma de Huanta, Ayacucho, Perú

Email: [mhuisa@unah.edu.pe](mailto:mhuisa@unah.edu.pe) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9643-9373>

**Jose Luis Contreras-Paco**

Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú

Email: [jose.contreras@unh.edu.pe](mailto:jose.contreras@unh.edu.pe) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4591-3885>

**Manuel Alberto Luis Manrique-Nugent**

Universidad Nacional Autónoma de Huanta, Ayacucho, Perú

Email: [manuelmanriquenu@gmail.com](mailto:manuelmanriquenu@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0816-2499G>

Recepción: 17/11/2023 Aceptado: 25/11/23 Publicación: 10/12/2023

#### **Resumen**

El agua es un recurso natural fundamental para los seres vivos. El desarrollo económico de una población depende de la disponibilidad de agua. La lluvia es una de las fuentes naturales más importantes para el desarrollo del sector agropecuario, agrícola y saneamiento, solo necesita de un buen manejo. Sin embargo, el cambio climático está dejando graves consecuencias ambientales, económicas y sociales e incluso pérdidas humanas. La ciudad de Acobamba se caracteriza por la producción agrícola, donde las cosechas se realizan una vez al año aprovechando las precipitaciones pluviales anuales. Para realizar el presente trabajo se utilizaron datos mensuales y anuales de la precipitación pluviométrica de una estación meteorológica, los datos históricos analizados comprenden desde el año 1994 hasta el 2014 (21 años). Los datos fueron descargados del sitio web de SENAMHI-Perú. Los análisis de datos fueron procesados en Microsoft Excel (2016) utilizando las fórmulas de estadística descriptiva básica. En la serie de 21 años, el año 2011 fue el más lluvioso con 1088.80 mm de precipitación,



el año 1994 fue el año más seco con 327.22 mm de precipitación. La precipitación mensual máxima se registró en febrero del año 2011 (256.30 mm). Se identificó el mes de febrero como el mes más lluvioso y el mes de junio como el mes más seco. Los meses con mayor frecuencia de lluvia fueron diciembre, enero, febrero y marzo que en volumen representan más de 65% de la precipitación total. El promedio anual registra una precipitación de 697.38 mm.

**Palabras clave:** Estadística descriptiva, Precipitación, Caracterización, Acobamba.

### Abstract

Water is a fundamental natural resource for living beings. The economic development of a population depends on the availability of water. Rain is one of the most important natural sources for the development of the agricultural and livestock sector, and sanitation only needs good management. However, climate change is leaving serious environmental, economic and social consequences and even human losses. The city of Acobamba is characterized by agricultural production, where harvests are carried out once a year taking advantage of the annual rainfall. To carry out this work, monthly and annual rainfall data from a meteorological station were used. The historical data analyzed range from 1994 to 2014 (21 years). The data were downloaded from the SENAMHI-Peru website. Data analyzes were processed in Microsoft Excel (2016) using basic descriptive statistics formulas. In the 21-year series, the year 2011 was the wettest with 1088.80 mm of precipitation, the year 1994 was the driest year with 327.22 mm of precipitation. The maximum monthly precipitation was recorded in February 2011 (256.30 mm). The month of February was identified as the rainiest month and the month of June as the driest month. The months with the highest frequency of rain were December, January, February and March, which in volume represent more than 65% of the total precipitation. The annual average records a precipitation of 697.38 mm.

**Keywords:** Descriptive statistics, Precipitation, Characterization, Acobamba.

### Resumo

A água é um recurso natural fundamental para os seres vivos. O desenvolvimento económico de uma população depende da disponibilidade de água. A chuva é uma das fontes naturais mais importantes para o desenvolvimento do sector agrícola e pecuário e o saneamento só necessita de uma boa gestão. No entanto, as alterações climáticas estão a deixar graves consequências ambientais, económicas e sociais e até perdas humanas. A cidade de Acobamba é caracterizada pela produção agrícola, onde as colheitas são realizadas uma vez por ano aproveitando as chuvas anuais. Para a realização deste trabalho foram utilizados dados de precipitação mensal e anual de uma estação meteorológica. Os dados históricos analisados vão de 1994 a 2014 (21 anos). Os dados foram baixados do site do SENAMHI-Peru. As análises dos dados foram processadas no Microsoft Excel (2016) por meio de fórmulas básicas de estatística descritiva. Na série de 21 anos, o ano de 2011 foi o mais chuvoso com 1.088,80 mm de precipitação, o ano de 1994 foi o ano mais seco com 327,22 mm de precipitação. A precipitação máxima mensal foi registrada em fevereiro de 2011 (256,30 mm). O mês de fevereiro foi identificado como o mês mais chuvoso e o mês de junho como o mês mais seco. Os meses com maior frequência de chuvas foram dezembro, janeiro, fevereiro e



março, que em volume representam mais de 65% do total de precipitação. A média anual registra uma precipitação de 697,38 mm.

**Palavras-chave:** Estatística descritiva, Precipitação, Caracterização, Acobamba.

## 1. Introdução

A nivel mundial, se estima que más de 3900 millones o el 40% de la población mundial se enfrentarán a una grave falta de los recursos hídricos para el año 2050 (An et al., 2022). El agua es un recurso natural fundamental para los seres vivos y para el desarrollo de la agricultura (Wu et al., 2022). El crecimiento y el desarrollo de una población urbana y rural está relacionado con la disponibilidad de los recursos hídricos.

Especialmente, el agua precipitada en forma de lluvia es importante y significativa para las actividades económicas de una población. La lluvia mediante el cauce del flujo de escorrentía superficial forma ríos, riachuelos y lagunas, una gran parte de la precipitación forma las aguas superficiales, mientras la otra cantidad se infiltra y se evapora. Actualmente, a raíz de la fuerte tendencia del cambio climático los científicos han observado variaciones en las precipitaciones locales, regionales y mundiales (Liu et al., 2023; Zhang et al., 2022; Dore, 2005), que está generando por un lado disminuciones en las cantidades de las aguas superficiales y subterráneas, sobre todo, en la zonas altoandinas.

Sin embargo, en la actualidad, muchas ciudades urbanas y semiurbanas como Acobamba, vienen sufriendo las consecuencias de la crisis hídrica. Algunas de las consecuencias se observan por la baja producción agrícola, baja disponibilidad de agua para consumo humano, entre otras. La crisis hídrica se considera cuando la diferencia de agua para consumo humano sin contaminación es menor a la demanda de la población (Peña, 2019).

Observar la variabilidad de la precipitación con un largo periodo de registro ayuda a determinar los cambios en el clima. Según De medeiros et al., 2021) el monitoreo de las lluvias: es una tarea determinante e importante para la sociedad. Una forma de vigilar la variabilidad de las lluvias es mediante el registro meteorológico, registrados no solo en las estaciones meteorológicas automáticas, si no, también en las convencionales instaladas. La lluvia se registra en milímetros, es decir: el registro de un milímetro de lluvia acumulada, corresponde a un litro de agua precipitado en una área de un metro cuadrado (Fragoso et al., 2021).



La lluvia es una de las fuentes naturales más importantes para el desarrollo del sector agropecuario. En las zonas rurales, la agricultura depende de las precipitaciones pluviales para su desarrollo (Capurata y Álvarez, 2019). Aunque, en la actualidad, pocas instituciones públicas o privadas se han interesado en almacenar y aprovechar los recursos provenientes de la lluvia. La agricultura y el abastecimiento de agua necesitan de volúmenes regulares de agua. Y almacenar volúmenes regulares de agua en los meses de avenida (lluvia) podría llegar como reserva de agua para los meses de estiaje (Townsend et al., 2020). Inclusive se puede destinar a otros usos, como riego de jardines, limpieza, contra incendio, bebida de animales, riego de tierras agrícolas y abastecimiento de agua. Es importante conocer la variabilidad de la precipitación en una localidad, observar el diagnóstico de la precipitación en una zona en específico para tomar algunas decisiones hacia el futuro, planificar ahora y estar preparado para los eventos futuros.

La ciudad de Acobamba se caracteriza por la producción agrícola, siendo el sector agropecuario el motor principal para el desarrollo de la ciudad. Desde los años 70 (siglo pasado) es denominado despensa del Perú, por la alta producción agrícola, tales como la: arveja, papa, trigo, maíz, haba, cebada y entre otros. Las cosechas se realizan una sola vez al año aprovechando las precipitaciones pluviales anuales. En la provincia, es inminente la falta de gestión de los recursos hídricos (agua) para la agricultura, como para el propio abastecimiento del agua potable. En ese contexto, el objetivo de este trabajo es el análisis descriptivo de la precipitación mensual y anual de una estación meteorológica en la localidad de Acobamba, para ayudar en las decisiones políticas en la gestión de los recursos hídricos, así como plantear alternativas de almacenamiento de agua de lluvia.

## 2. Estado de arte

El cambio climático posibilita cambios extremos en el ambiente meteorológico, intensifica la ocurrencia de los cambios naturales a cambios extremos (Lee; Zhao, 2021; Wasko et al., 2021; Moustakis et al., 2020). Así como, la intensidad de las lluvias en corto tiempo (Tamm et al., 2023): que contamina, destruye y desaparece ecosistemas naturales, genera inundaciones, atoros sanitarios y escurrimientos superficiales de las tierras agrícolas. Estos impactos no solo comprometen a los ecosistemas naturales, si no, también a la salud y al



bienestar de los seres humanos. La variabilidad de la precipitación en la última década trajo muchas consecuencias ambientales, económicas y sociales, e incluso pérdidas humanas. Estas variaciones extremas del clima ocurrieron con mayor frecuencia en los tiempos de estiaje y tiempos de avenida (Fiorese y Torres, 2019). La precipitación es uno de los componentes del ciclo hidrológico que más se estudia para detectar el cambio climático (Baig et al., 2021).

En el mundo al menos una ciudad de todos los países viene sufriendo esta crisis, este efecto es a consecuencia de la contaminación ambiental. Por ello, todos los países se encuentran preocupados por el aumento de la contaminación atmosférica, por ejemplo, el aumento de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la atmósfera (James; Menzies, 2022; Bruhwiler et al., 2021; Letcher, 2021; Ramanathan; Feng, 2009). Uno de los acuerdos firmados por todos los países, para tratar de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera y controlar el aumento de CO<sub>2</sub> se firmó en el año 2015, en París, los 17 objetivos de desarrollo sostenible (ODS).

### 3. Material y Métodos

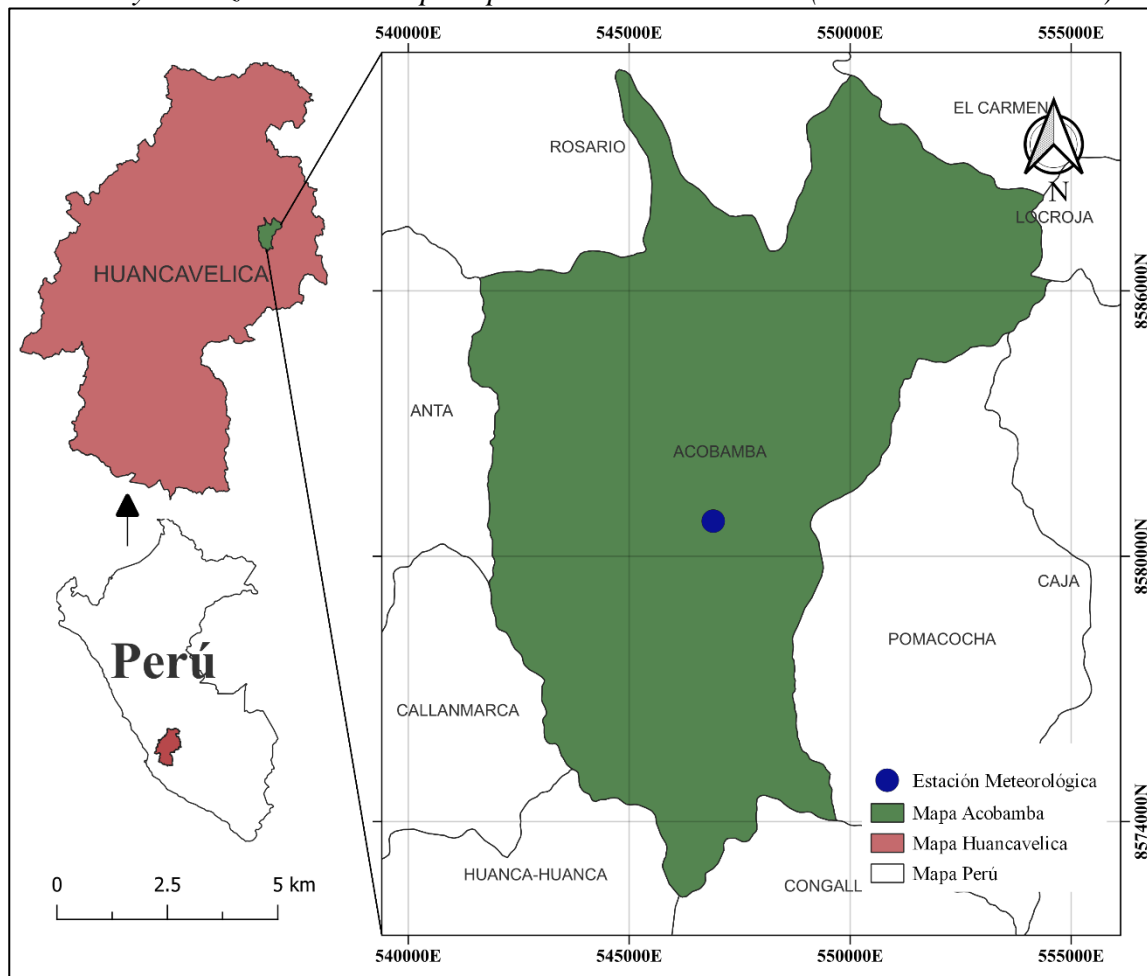
#### 3.1. Área de estudio

La provincia de Acobamba es una de las siete provincias del departamento de Huancavelica, Perú. Posee siete distritos (Andabamba, Anta, Caja Espíritu, Marcas, Paucará, Pomacocha y Rosario), la ciudad de Acobamba es el distrito capital de la provincia de Acobamba, se ubica en las coordenadas geográficas Longitud: -74.569, Latitud: -12.843 (Figura 1) a una altitud aproximada de 3427 metros sobre el nivel del mar (msnm), con tipo de clima ecuatorial frío, la temperatura promedio anual varía entre 3 y 17 ° C. Reconocido como provincia y capital de la misma, desde hace 78 años, desde el 15 de enero de 1943. Según el censo de 2017, realizado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), el distrito de Acobamba tiene una población de 8980 habitantes, está ubicado en la sierra central andina, en la parte oriental de la cordillera de los andes del Perú. Debido a sus tierras agrícolas es llamada despensa del Perú (paraíso de la navidad), teniendo la agricultura y la ganadería como la principal actividad económica para el desarrollo del distrito, la población vive de su producción agrícola, por ejemplo, por el cultivo de papa, maíz, arveja, trigo, haba, cebada, etc. Pero por falta de agua, se cosecha una sola vez al año, aprovechando las lluvias anuales.



**Figura 1.**

*Ubicación y localización de la capital provincial de Acobamba (Distrito de Acobamba)*



Nota. Elaborado por los autores

Hasta la actualidad, la ciudad de Acobamba sigue sufriendo por la falta de recursos hídrico para fines agrícolas y abastecimiento, por lo que no cuenta con disponibilidad hídrica suficiente. El sistema de agua anterior se encuentra en estado crítico, solo cuenta con una continuidad de servicio de agua por una hora al día e incluso de mala calidad.

Según la clasificación de regiones naturales por el geógrafo Javier Pulgar Vidal, la ciudad de Acobamba estaría ubicada en la región ceja de montaña (Quechua) (Vidal, 2014). Según la clasificación de Werren Thorntwaite, la provincia de Acobamba presenta cinco tipos de clima: B (o, i) C' clima lluvioso y frío con diferencias de humedad en otoño e invierno, C (r) B' clima semiseco con humedad en todas las estaciones del año y templado, C (o, i) C' clima semiseco y frío con diferencia de humedad en otoño e invierno, B (i) B' clima lluvioso



con deficiencias de lluvias en invierno y templado y D (i) B' clima semiárido y templado con diferencias de lluvias en invierno (Senamhi, 2020).

### 3.2. Metodología

Para realizar este estudio fueron utilizados los datos mensuales y anuales de precipitación pluviométrica de una sola estación meteorológica, ubicado en la capital provincial de Acobamba, los datos históricos comprenden el periodo de 1994 hasta 2014 una serie de 21 años, registrados en la estación meteorológica convencional de Acobamba con su código de registro 000659, ubicado en la coordenada geográfica Longitud: -74.5678, Latitud: -12.8375 y Altitud 3337 msnm. Los datos históricos fueron descargados desde el sitio web del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) - Perú.

El análisis de datos, fueron realizados mediante la aplicación de fórmulas de estadística descriptiva básica, utilizando hojas de cálculo de Microsoft Excel (2016). La primera etapa consiste en analizar la homogeneidad de los datos mediante la prueba estadística de Pettitt (Pettitt, 1979), a un nivel de significancia de 5%. A continuación, se describe la fórmula matemática de Pettit (Ecuación 1).

$$X_t = \max |K_{t,T}| \quad (1)$$

Donde,  $K_{t,T} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=t+1}^T \text{sgn}(x_i - x_j)$ , y que  $t = 2,3,4,5, T$

Donde, la hipótesis nula (H0) indica que los datos son homogéneos, mientras la hipótesis alterna (Ha) indica que existe una fecha de cambio en los datos. Cuando el  $\rho$  valor es menor a un nivel de significancia de 0.05, se rechaza la H0, y se acepta la Ha (Gadedjissou et al., 2021).

La segunda etapa consiste en el análisis de estadística descriptiva de los datos mensual y anual. Para este estudio, fueron calculados la media aritmética, mediana, desviación estándar, máximo, mínimo, coeficiente de variación, coeficiente de asimetría y coeficiente de curtosis. Las fórmulas utilizadas fueron las mismas descritas a continuación (Reis et al., 2020).

La media aritmética ( $\bar{X}$ ) o el promedio aritmético, es el promedio de todos los valores (Herbst et al., 2020). La operación es sencilla, es el cociente de la suma de los valores por el número total de valores. Este estudio fue utilizado para obtener el valor promedio de las





precipitaciones mensual y anual. La fórmula matemática se describe en la ecuación (2). Donde (n) es el número total de valores.

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + X_n}{n} = \sum_{j=1}^n \frac{X_j}{n} \quad (2)$$

La mediana (*Me*) se utiliza mucho en la estadística descriptiva, describe la distribución y es el número central (Herbst et al., 2020), es decir, determina el valor central de un conjunto de datos. Para este estudio se ha determinado la mediana usando la fórmula que se describe en la ecuación (3). En que, (n) es el número de datos.

$$Me = \frac{n + 1}{n} \quad (3)$$

La desviación estándar (*s*) mide la separación o dispersión de los valores respecto a la media ( $\bar{X}$ ) (Herbst et al., 2020; Gaddis et al., 1990). Está comprendido entre la raíz cuadrada de la varianza. Para este estudio se ha calculado la desviación estándar (*s*) utilizando la fórmula de la ecuación (4). En que,  $X_i$  es el valor observado,  $\bar{X}$  es la media aritmética y *fi* es la frecuencia.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 f_i}{n - 1}} \quad (4)$$

El coeficiente de variación (*Cv*) es una medida estadística de la dispersión, es medida por la razón de desviación estándar (*s*) con respecto a la media ( $\bar{X}$ ) (Reis et al., 2020). Para este estudio se ha utilizado la fórmula descrita en la ecuación (5). Donde, *Cv* es coeficiente de variación, (*s*) desviación estándar y ( $\bar{X}$ ) es la media aritmética.

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}} * 100\% \quad (5)$$

El coeficiente de asimetría (*Cas*) mide la desviación de la asimetría, es decir, la asimetría de distribución respecto a la media, la medida resulta ser entre positivo o negativo (Reis et al., 2020). Para este estudio se ha utilizado la fórmula de la ecuación (6). Donde, (*Cas*) es el coeficiente de asimetría, (*s*) desviación estándar,  $X_i$  es el valor observado y  $\bar{X}$  es la media aritmética.





$$Cas = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{X_i + \bar{X}}{S} \right)^3 \quad (6)$$

El coeficiente de curtosis ( $Ck$ ) determina el grado de achatamiento de la curva de la función de distribución (Reis et al., 2020). Para este estudio se ha utilizado la fórmula de la ecuación (7). En que, ( $Ck$ ) es el coeficiente de curtosis, ( $s$ ) desviación estándar,  $X_i$  es el valor observado y  $\bar{X}$  es la media aritmética.

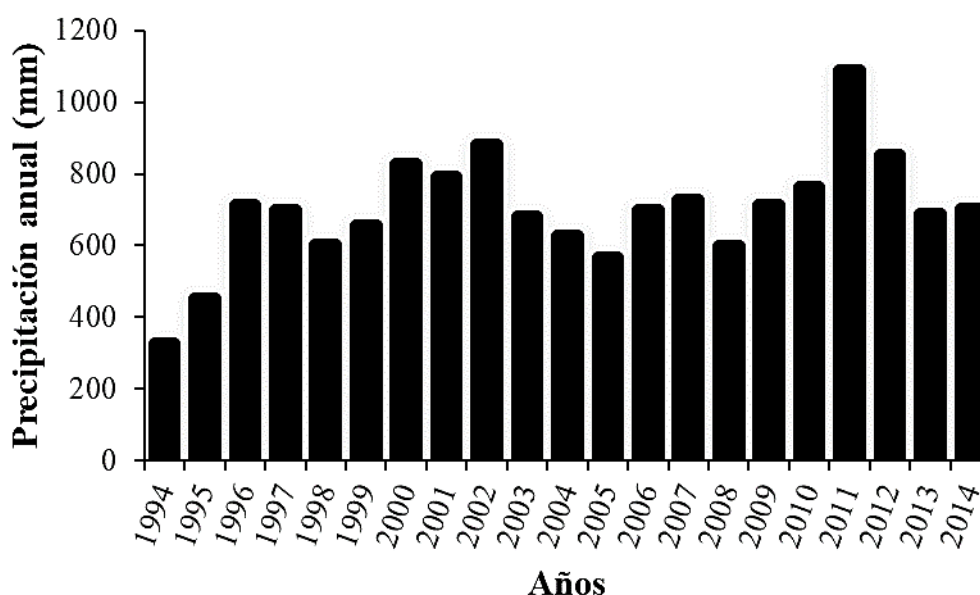
$$Ck = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{X_i + \bar{X}}{S} \right)^4 - 3 \quad (7)$$

#### 4. Resultados

Para la serie histórica de 21 años, el promedio temporal de la precipitación anual de la ciudad de Acobamba (Huancavelica) es de 697.38 mm, correspondiente al periodo de 1994 hasta 2014. En el año 2011 registra la mayor cantidad de lluvia con una precipitación anual de 1088.80 mm, además, en el año 1994 registra la menor cantidad de lluvia con una precipitación anual de 327.22 mm, considerándose años con mayor y menor presencia de lluvia de la serie histórica de las precipitaciones anuales, como se observa en la Figura 2.

**Figura 2.**

*La precipitación anual registrada en la serie de tiempo 1994-2014*



*Nota.* Elaborado por los autores



La precipitación acumulada mensual de la serie histórica de datos, se registró el mayor valor en el mes de febrero del año 2011 (256.30 mm), así mismo, el menor valor de precipitación acumulada mensual, fueron registrados en los meses de mayo del año 1995; en junio del año 1997 y 2007; en julio del año 1996, 1998, 2003, 2006 y 2010; y en el mes de agosto del año 1994 y 1999, como se observa en la Tabla 1.

**Tabla 1.**  
*Precipitación acumulada mensual y anual registrada en la serie histórica de 21 años (1994-2014)*

Precipitación Total Mensual y Anual													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1994	84.5	94.3	35.2	32.7	1.2	1.4	0.0	0.0	12.5	14.5	19.0	31.9	327.2
1995	92.8	89.0	66.3	7.3	0.0	4.6	9.9	8.2	32.1	35.1	53.0	53.3	451.6
1996	108.8	209.5	127.1	49.9	1.1	3.4	0.0	16.5	18.1	62.4	47.7	68.3	712.8
1997	135.6	110.0	62.3	42.3	14.7	0.0	7.4	29.9	54.2	52.6	101.1	87.3	697.4
1998	74.1	111.4	85.0	28.7	3.6	10.5	0.0	10.4	19.5	96.2	42.8	117.9	600.1
1999	147.8	163.6	65.8	33.9	2.0	16.8	6.5	0.0	47.7	14.0	86.9	70.0	655.0
2000	147.9	211.0	147.2	10.8	20.6	26.6	32.6	4.9	7.9	55.5	27.6	133.1	825.7
2001	215.8	49.6	110.5	34.2	54.4	4.9	38.3	17.7	38.6	40.0	73.7	114.0	791.7
2002	71.5	210.2	116.6	50.4	37.2	1.4	23.2	22.8	55.8	71.4	96.1	125.6	882.2
2003	80.6	134.9	113.2	80.7	8.2	0.9	0.0	54.9	28.4	11.6	35.6	132.4	681.4
2004	95.1	141.1	45.3	24.3	20.7	20.2	15.0	7.5	23.4	38.1	43.5	151.5	625.7
2005	71.5	51.0	83.3	19.8	12.2	2.4	11.7	6.7	11.8	116.8	38.1	141.3	566.6
2006	141.5	91.0	121.1	55.0	3.2	2.8	0.0	40.4	7.9	56.4	104.5	74.8	698.6
2007	108.2	68.0	152.5	88.6	40.9	0.0	7.0	2.0	47.1	74.0	27.2	109.7	725.2
2008	179.1	100.6	50.9	9.2	51.3	8.7	4.7	8.0	11.6	64.4	28.9	80.8	598.2
2009	120.4	164.3	68.3	30.4	18.1	3.4	5.9	18.4	19.8	30.0	118.7	115.4	713.1
2010	202.1	108.5	104.2	55.4	10.0	3.8	0.0	13.3	24.2	60.3	34.3	148.4	764.5
2011	239.9	256.3	171.4	73.2	10.1	7.6	11.8	16.8	28.2	76.1	88.4	109.0	1088.8
2012	102.0	212.3	80.6	127.2	33.1	19.6	3.4	4.0	21.4	37.7	45.0	164.2	850.5
2013	138.5	91.1	143.3	13.9	19.3	4.5	6.8	48.4	8.4	46.3	28.9	138.4	687.8
2014	116.7	94.6	171.9	49.4	29.4	1.2	21.4	1.8	27.4	56.0	40.0	91.1	700.9

Fuente: SENAMHI

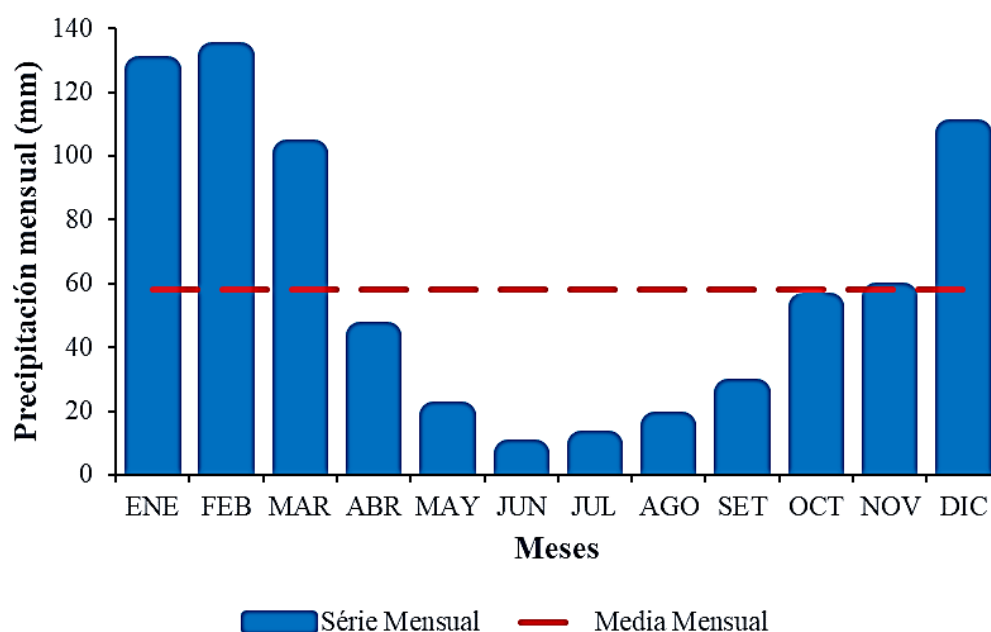
El promedio histórico mensual para la serie de 21 años (1994-2014) es de 58.12 mm, de las precipitaciones registradas de la serie histórica de 21 años correspondiente al periodo de 1994 hasta 2014. Como se observa en la Figura 3, la distribución de la lluvia mensual, los meses con mayor presencia de lluvia fueron (4 meses) diciembre, enero, febrero y marzo. En



consecuencia, estos 4 meses registraron con mayor frecuencia de lluvia en la serie histórica de 21 años, la suma de promedios del cuatrimestre registra de 467.48 mm, el cual, representa en volumen más de 65% de precipitación durante los años de 1994 hasta 2014, de igual forma, los meses más secos se observa los meses de mayo, junio, julio y agosto. El promedio histórico mensual de la precipitación registra 58.12 mm.

**Figura 3.**

*Distribución mensual y media mensual de la precipitación en la serie histórica de 21 años de 1994 hasta 2014*



*Nota.* Elaborado por los autores

Resultados obtenidos después de la prueba de homogeneidad de Pettitt. Antes de analizar los cálculos de la estadística descriptiva, fue observado la homogeneidad de los datos de la serie histórica mensual y anual. Donde se ha encontrado que todas las series de datos presentaron homogeneidad a una significancia de 5%, menos la serie del mes de mayo con  $\rho$  valor de 0.027 en 1999.

La Tabla 2 presenta los resultados estadísticos básicos de la serie histórica de 1994 hasta 2014, el mes de febrero presenta mayor desviación estándar, el cual está en función del promedio, donde demuestra que el mes de febrero registra mayor frecuencia de lluvia, con un promedio mensual (131.54 mm) de 21 años de análisis, en este mes la amplitud se registra



168.40 mm (Max: 239.9 mm y Min: 71.5 mm), mes con mayor presencia de lluvia. De forma similar, el mes de junio presenta la menor desviación estándar, donde se evidencia menor registro de lluvia, con un promedio mensual (6.89 mm) de 21 años de análisis, en este mes la amplitud se registra 26.6 mm (Max: 26.6 mm y Min: 0.0 mm), esto indica que el mes de junio, es el de mayor ausencia de lluvia (precipitación), es decir, el mes más seco.

Así mismo, se ha observado que el coeficiente de variación (Cv), tuvo variaciones altas por encima del 30% en todos los meses. Se observa que los valores de coeficiente de variación se encuentran en un rango de 32.74% (diciembre) y 111.24% (julio), donde se constata que el mes de diciembre presenta mayor homogeneidad de precipitación, es decir, mientras el valor de coeficiente de variación disminuye, aumenta la homogeneidad de la precipitación. Analizando el coeficiente de asimetría (Cas) los meses de marzo, octubre y diciembre presentaron distribución asimétrica negativa a la izquierda, en que, los valores medios mensuales son menores a la mediana, mientras, los demás meses presentaron distribución asimétrica positiva o a la derecha.

Los resultados de coeficiente de curtosis (Ck) confirmaron que los meses febrero, marzo, mayo, septiembre, noviembre y diciembre presentaron valores negativos, indicando una curva de la distribución de frecuencia más cerrada, lo que se conoce como distribución leptocúrtica, indicando que los meses son los que tienen mayor regularidad de la precipitación (lluvia). Así mismo, los demás meses presentaron valores positivos, indicando una curvatura de la distribución de frecuencia más abierta, lo que se conoce como distribución platicúrtica, indicando que los meses son los que tienen mayor irregularidad de la precipitación.

Tabla 2.

*Cálculo con estadística descriptiva básica de promedio mensual (mm). Donde, (N) es Muestra, ( $\bar{X}$ ) es la Media, (DS) es Desviación Estándar, (Cv) es Coeficiente de Variación, (Cas) es Coeficiente de Asimetría y (Ck) es Coeficiente de Curtosis*

Mes	N	Media	Mínimo	Máximo	Mediana	DS (s)	coeficientes		
							Cv (%)	Cas	Ck
ENE	21	127.35	71.5	239.9	116.70	48.39	38.00	0.93	0.18
FEB	21	131.54	49.6	256.3	110.01	59.29	45.07	0.61	-0.67
MAR	21	101.05	35.2	171.9	104.20	41.28	40.85	0.21	-1.03
ABR	21	43.68	7.3	127.2	34.20	29.79	68.20	1.20	1.73



Mes	N	Media	Mínimo	Máximo	Mediana	DS (s)	coeficientes		
							Cv (%)	Cas	Ck
MAY	21	18.63	0.0	54.4	14.70	16.63	89.27	0.85	-0.23
JUN	21	6.89	0.0	26.6	3.80	7.59	110.12	1.44	1.14
JUL	21	9.79	0.0	38.3	6.80	10.89	111.24	1.41	1.49
AGO	21	15.84	0.0	54.9	10.40	15.66	98.89	1.34	1.11
SET	21	26.00	7.9	55.8	23.40	15.06	57.94	0.71	-0.49
OCT	21	52.83	11.6	116.8	55.50	26.25	49.69	0.50	0.58
NOV	21	56.24	19.0	118.7	43.50	30.59	54.38	0.77	-0.86
DIC	21	107.54	31.9	164.2	114.00	35.21	32.74	-0.42	-0.54

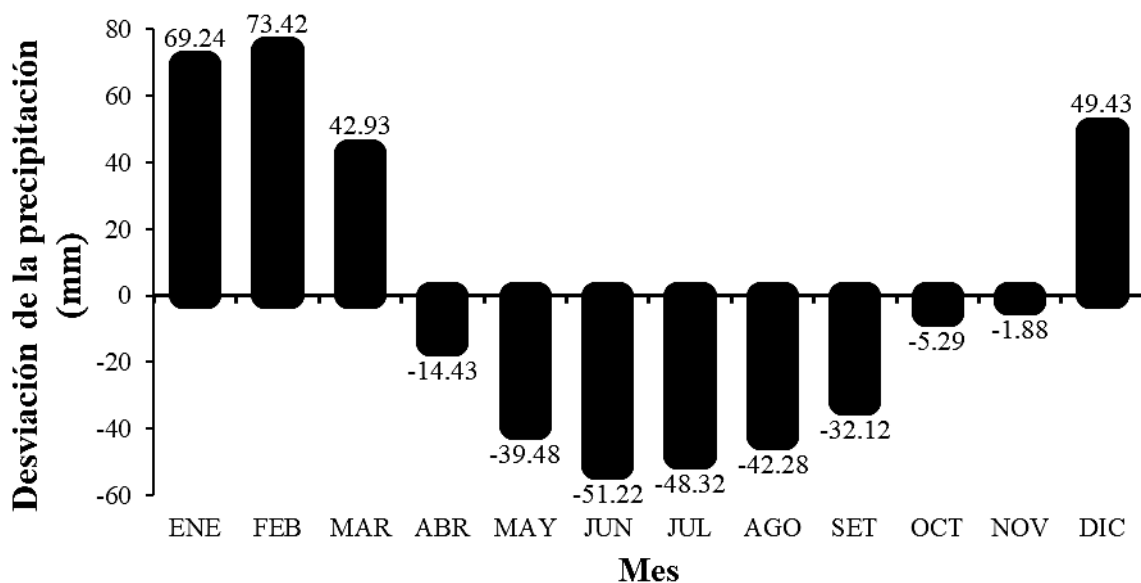
*Nota.* Elaborado por los autores

Teniendo la media mensual histórica de precipitación 58.12 mm para la serie de 21 años de (1994-2014) de la estación meteorológica de Acobamba y tomando la diferencia entre la media histórica y el valor media de las precipitaciones mensuales se ha obtenido la Figura 4. Donde se ha confirmado que las precipitaciones pluviométricas para la estación de Acobamba fueron variables, en que, el mes de febrero ha sido el mes con mayor presencia de lluvia, y el mes de junio con menor presencia de lluvia. Así mismo, fue posible observar periodos lluviosos y secos del año, los periodos lluviosos ocurrieron en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo, mientras los periodos secos ocurrieron en los meses abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre. Con estos resultados fue posible inferir que existen más meses secos que lluviosos, 4 meses lluviosos y 8 meses secos.

Figura 4.

*Desviación de la precipitación media mensual en la estación meteorológica de Acobamba para la serie de 21 años (1994 a 2014)*





Nota. Elaborado por los autores

### 5. Discusiones

Sobre la distribución de la lluvia mensual, los meses con mayor presencia de lluvia fueron (4 meses) diciembre, enero, febrero y marzo. En consecuencia, en la serie histórica de 21 años estos 4 meses registraron con mayor frecuencia de lluvia, la suma de promedios de los 4 meses se oscila en promedio de 467.48 mm, el cual, representa en volumen más de 65% de precipitación, mientras, los meses más secos se observa los meses de mayo, junio, julio y agosto llegando a tener un promedio histórico mensual de la precipitación de 58.12 mm. Por un lado, nuestros hallazgos son congruentes con el estudio realizado por Reis et al. (2020) donde observó la presencia de lluvia en una cuenca de la vertiente atlántico de la cordillera de los andes y determinó que la lluvia con mayor frecuencia ocurrió en el mes de marzo. También Frago et al. (2021) observó resultados similares en su estudio de una estación meteorológica en Brasil, durante la serie de 1981 a 2018 y observó que las mayores variaciones de precipitación concurren en diciembre, enero, febrero y marzo, así mismo, determinaron que desde la quincena de octubre hasta la quincena de abril representa en más de 90% de precipitación anual. Sin embargo, Dos santos et al. (2021) también confirmó que el periodo seco inicia en mayo y termina en setiembre. Arcanjo et al. (2021) Determinó que el mes de febrero presenta mayor frecuencia de lluvia que oscila entre 16 a 27 días.



## 6. Conclusiones

El estudio comprende una serie histórica de precipitación desde 1994 hasta 2014, las variables picos ocurrieron en el año 2011 y 1994 como el año más lluvioso y el año más seco, así mismo, la variabilidad mensual de la lluvia en la serie de 21 años, se identificó el mes de febrero y junio como el mes más lluvioso y el mes más seco. Los meses con mayor frecuencia de lluvia acumulada, con mayores volúmenes de agua se registra en diciembre, enero, febrero y marzo, estos 4 meses representan más de 65% de la precipitación total en la serie histórica de 1994 hasta 2014. El promedio anual de las precipitaciones de la serie histórica de 1994 hasta 2014 es de 697.38 mm.

La precipitación máxima se registró en el mes de febrero (256.30 mm) del año 2011, el menor valor en algunos años de los meses mayo, junio, julio y agosto (con 0.00 mm). Con mayor y menor cantidad de lluvia promedio se evidencia en el mes de febrero (131.54 mm) y junio (6.89 mm); Sin embargo, el mes de diciembre representa mayor homogeneidad de la precipitación. La media histórica mensual es de 58.12 mm. Los meses de febrero, marzo, mayo, septiembre, noviembre y diciembre son los meses más regulares de la precipitación pluviométrica. El análisis mensual y anual de la precipitación de una localidad fortalece la toma de decisiones y ayuda a plantear alternativas ante los eventos extremos en los diferentes grupos de interés.

## 7. Declaración de contribución de autoría: CREDIT

Max Uhle Flores Muñoz: Diagramación, elaboración de manuscrito borrador; Santos Clemente Herrera Díaz: Revisión y corrección de manuscrito; Michael Huisa Taipe: Revisión y corrección de manuscrito; Jose Luis Contreras Paco: supervisión y corrección de manuscrito.

## 8. Agradecimiento

Al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) por la disponibilidad de datos meteorológicos de precipitación.

## 9. Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe ningún tipo de conflicto de interés.





## 10. Disponibilidad de los datos

Los datos son de libre acceso en el sitio web de Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).

### Referencias

1. An, Y., Li, Q., & Zhang, L. (2022). Managing Agricultural Water Use in a Changing Climate in China. *Sustainable Production and Consumption*, 33, 978–990. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.08.023>
2. Arcanjo, A., Luck, I., & Lelo, T. (2021). Análisis de la Frecuencia de días Consecutivos com Chuva no Município da Cidade de Quelimane (1987-2016). *Educação Sociedade e Meio Ambiental, Humaitá*, XIII(1), 326–342.
3. Baig, M. R. I., Shahfahad, Naikoo, M. W., Ansari, A. H., Ahmad, S., & Rahman, A. (2021). Spatio-temporal analysis of precipitation pattern and trend using standardized precipitation index and Mann–Kendall test in coastal Andhra Pradesh. *Modeling Earth Systems and Environment*, 8(2), 2733–2752. <https://doi.org/10.1007/s40808-021-01262-w>
4. Bruhwiler, L., Basu, S., Butler, J. H., Chatterjee, A., Dlugokencky, E., Kenney, M. A., McComiskey, A., Montzka, S. A., & Stanitski, D. (2021). Observations of greenhouse gases as climate indicators. *Climatic Change*, 12(165), 1–18. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10584-021-03001-7> Observations
5. Capurata, R. E., & Álvarez, O. R. (2019). Comeii-19041 análisis histórico de las precipitaciones en la región andina de bolivia. *COMeII-19041, April 2020*, 10.
6. De medeiros, R. M., Vieira, M., Morant, R., Falle, L. M. F., & Marcia Rodolfo, W. (2021). Bacia hidrográfica do alto curso do Rio Parnaíba-PB, Brasil e sua análise pluviométrica. *Revista Científica Multidisciplinar*, 2, 13. <https://doi.org/10.47820/recima21.v2i6.478>
7. Dore, M. H. I. (2005). Climate change and changes in global precipitation patterns : What do we know? *Environment International*, 31, 1167–1181. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2005.03.004>
8. Dos santos, J. R., Kuemanski, M., Azevedo, A., Peréa, R. O., & Do Vale, J. G. (2021). Caracterização temporal da precipitação pluviométrica na cidade de Cruzeiro do Sul, Acre, Brasil. *Programa de Pós Graduação Em Geografia*, 3, 12. <https://doi.org/https://doi.org/10.47418/uaquiri.vol3.n1.2021.4585>
9. Fiorese, C. H. U., & Torres, H. (2019). Análise estatística da série histórica da precipitação pluviométrica mensal do município de Castelo, ES. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 2(3), 908–916. <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BJAER/article/viewFile/1896/1898>
10. Fragoso, D., Evangelista, B. A., Caetano, G. F., & Cardoso, E. (2021). Análise Do Regime Pluviométrico Da Região Do Projeto Rio Formoso Em Formoso Do Araguaia-To. *Agri-Environmental Sciences*, 7(2), 14. <https://doi.org/10.36725/agries.v7i2.5442>
11. Gaddis, G. M., Gaddis, M. L., & Missouri, K. C. (1990). Introduction to Biostatistics : Part 2 , Descriptive Statistics. *Annals of Emergency Medicine*, 19(March), 309–315.



12. Gadedjisso-tossou, A., Adjegan, K. I. I., & Kablan, A. K. M. (2021). Rainfall and Temperature Trend Analysis by Mann – Kendall Test and Significance for Rainfed Cereal Yields in. *Sci*, 3(17), 1–20.
13. Herbst, K. W., Beckers, G. M. ., Harper, L., Bagli, D. ., Nieuwhof-Leppink, A. J., Kaefer, M., Fussum, M., & Kalfa, N. (2020). Don ' t be mean , be above average : Understanding data distribution and descriptive statistics. *Journal of Pediatric Urology*, 16(712), 75708. <https://doi.org/10.1016/j.jpuro.2020.09.007>
14. James, N., & Menzies, M. (2022). Global and regional changes in carbon dioxide emissions : 1970 – 2019. *Physica A*, 608, 128302. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2022.128302>
15. Lee, S., & Zhao, J. (2021). Journal of Economic Dynamics & Control Adaptation to climate change : Extreme events versus gradual changes. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 133, 104262. <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2021.104262>
16. Letcher, T. M. (2021). Global warming d a complex situation. In *Climate Change*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821575-3.00001-3>
17. Liu, J., Fu, Z., & Liu, W. (2023). Impacts of precipitation variations on agricultural water scarcity under historical and future climate change. *Journal of Hydrology*, 617(PB), 128999. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128999>
18. Moustakis, Y., Papalexiou, S. M., & Paschalis, A. (2020). Seasonality , Intensity , and Duration of Rainfall Extremes Change in a Warmer Climate Earth ' s Future. *Earth's Future*, 9, 1–15. <https://doi.org/10.1029/2020EF001824>
19. Peña, V. (2019). *Desarrollo de una metodología para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad ambiental en la gestión del agua potable Tesis doctoral*. Universidad Politécnica de Valencia.
20. Pettitt, A. N. (1979). A Non-Parametric Approach to the Change-Point Problem. *Applied Statistics*, 28(2), 126. <https://doi.org/10.2307/2346729>
21. Ramanathan, V., & Feng, Y. (2009). Air pollution, greenhouse gases and climate change: Global and regional perspectives. *Atmospheric Environment*, 43(1), 37–50. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.09.063>
22. Reis, F. A., Lima, L., Rico, F. D., Stracieri, J., & Dos Santos, G. (2020). Aplicação da estatística descritiva : análise da precipitação pluviométrica no município de Canavieiras , BA. *Gaia Scientia*, 14(3), 128–138.
23. Senamhi. (2020). Climas del Perú Mapa de Clasificación Climática Nacional. In A. Castro, C. Davila, W. Laura, F. Cubas, G. Avalos, C. López, D. Villena, M. Valdez, J. Urbiola, I. Trebejo, L. Menis, & D. Marín (Eds.), *Ministerio del Ambiente* (Primera, Issues 2021–09410). Ministerio del Ambiente.
24. Tamm, O., Saaremaa, E., Rahkema, K., Jaagus, J., & Tamm, T. (2023). The intensification of short-duration rainfall extremes due to climate change – Need for a frequent update of intensity – duration – frequency curves. *Climate Services*, 30(September 2022).
25. Townsend, D. A., Sušnik, J., & Zaag, P. (2020). Domestic Water Supply Vulnerability to Climate Change and the Role of Alternative Water Sources in. *Atmosphere*, 11(1314), 21.
26. Vidal, J. P. (2014). Las ocho regiones naturales del Perú. *Terra Brasilis*, 3, 21. <https://doi.org/10.4000/terrabrasilis.1027>
27. Wasko, C., Nathan, R., Stein, L., & Shea, D. O. (2021). Evidence of shorter more extreme



- rainfalls and increased flood variability under climate change. *Journal of Hydrology*, 603(PB), 126994. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126994>
28. Wu, B., Tian, F., Zhang, M., Piao, S., Zeng, H., & Zhu, W. (2022). Quantifying global agricultural water appropriation with data derived from earth observations. *Journal of Cleaner Production*, 358(January), 131891. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131891>
29. Zhang, X., Chen, Y., Fang, G., Li, Y., Li, Z., & Wang, F. (2022). Observed changes in extreme precipitation over the Tianshan Mountains and associated large-scale climate teleconnections. *Journal of Hydrology*, 606(January), 127457. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.127457>

