

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



TESIS:

**Aplicación del Método Racional de Temez para evaluar
el comportamiento de los caudales máximos en la
microcuenca Mirmaca, Ayacucho 2023**

Para optar el título profesional de:

INGENIERA AGRÍCOLA

PRESENTADO POR:

Bach. Rossely AYALA MELGAR

ASESOR:

Ing. Efraín CHUCHÓN PRADO

AYACUCHO - PERÚ

2024

DEDICATORIA

A mis padres y mi hijo por ser mi motor, motivo y la razón para superar cualquier obstáculo en la vida, una pequeña retribución en una deuda infinita.

AGRADECIMIENTO

En forma especial a mi querida madre y a mi querido padre, hermanos y a Eder, por su apoyo incondicional y permanente en mi formación personal y académica.

A mi alma máter Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, cuna de mi formación profesional.

A la Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola, en especial a cada uno de los docentes que laboran en ella por sus invalorable aportes en mi formación académica.

Al Ingeniero Efraín Chuchon Prado, por el gran apoyo y asesoramiento para realizar esta tesis bajo su dirección.

A mis jurados la Ph.D. Sandra del Aguilar Ríos, Ing. Orlando Fidel Sulca Castilla y Mtro. Jaime Villar Rodríguez, por todo el apoyo y consejos brindados durante la revisión de este trabajo de Investigación.

A todas y cada una de las personas que participaron en la investigación realizada, ya que invirtieron su tiempo y conocimientos para ayudarme y completar mi proyecto de tesis.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice general.....	iv
Índice de tablas	vi
Índice de figuras.....	vii
Índice de anexos.....	viii
Resumen.....	ix
Summary.....	x
Introducción	1

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO	3
1.1. Antecedentes de la investigación	3
1.2. Bases teóricas	6
1.2.1. <i>Parámetros morfométricos</i>	6
1.2.2. <i>Caudales máximos</i>	7
1.2.3. <i>Método racional</i>	8
1.2.4. <i>Método racional modificado</i>	9
1.2.5. <i>Distribuciones máximas</i>	11
1.2.6. <i>Curva número (CN)</i>	12

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA.....	15
2.1. Características de la zona de investigación	15
2.1.1. <i>Ubicación</i>	15
2.1.2. <i>Vías de acceso</i>	17
2.1.3. <i>Fisiografía</i>	17
2.1.4. <i>Geología</i>	17
2.1.5. <i>Herramientas, equipos e información requerida</i>	18
2.2. Metodología.....	18
2.2.1. <i>Cálculo de parámetros morfométricos</i>	18
2.2.2. <i>Cálculo las intensidades máximas de precipitación</i>	21

2.2.3. <i>Cálculo de coeficiente de escorrentía.....</i>	22
2.2.4. <i>Cálculo los caudales máximos para un periodo de retorno de 20, 50, 100 y 500 años.....</i>	22
 CAPÍTULO III	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
3.1. Parámetros morfométricos de la microcuenca	24
3.2. Intensidades máximas de precipitación la microcuenca.....	26
3.2.1. <i>Extracción de datos de precipitación de PISCO SENAMHI</i>	26
3.2.2. <i>Determinación de precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno</i>	27
3.2.3. <i>Intensidades máximas para diferentes periodos de retorno</i>	30
3.3. Coeficiente de escorrentía en la microcuenca	31
3.3.1. <i>Determinación de los valores de Curva Número para la cuenca Mirmaca</i>	31
3.3.2. <i>Cálculo del coeficiente de escorrentía</i>	32
3.4. Caudales máximos para un periodo de retorno de 20, 50, 100 y 500 años en la microcuenca.....	32
 CONCLUSIONES	35
RECOMENDACIONES	37
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38
ANEXOS.....	40

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. <i>Vías de acceso</i>	17
Tabla 2. <i>Parámetros morfométricos de la cuenca.....</i>	24
Tabla 3. <i>Prueba de Kolmogorov-Smirnov para las precipitaciones máximas en la cuenca.....</i>	30
Tabla 4. <i>Intensidades máximas.....</i>	30
Tabla 5. <i>Coeficiente de escorrentía calculado para diferentes periodos de retorno</i>	32
Tabla 6. <i>Coeficiente de escorrentía calculado para diferentes periodos de retorno</i>	33

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. <i>Mapa nacional de Número de Curva</i>	13
Figura 2. <i>Ubicación política del proyecto</i>	15
Figura 3. <i>Mapa de la cuenca delimitada</i>	19
Figura 4. <i>Curva hipsométrica de la cuenca</i>	25
Figura 5. <i>Información anual del producto PISCO, SENAMHI</i>	26
Figura 6. <i>Precipitación mensual en la cuenca Mirmaca 1981 – 2016</i>	27
Figura 7. <i>Precipitación máxima anual en la cuenca Mirmaca 1981 – 2016</i>	29
Figura 8. <i>Ajuste a precipitaciones máximas</i>	29
Figura 9. <i>Mapa de Número de Curva de la cuenca Mirmaca</i>	31

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. <i>Datos de entrada</i>	41
Anexo 2. <i>Caudales máximos</i>	56
Anexo 3. <i>Extracción de datos de precipitación</i>	57
Anexo 4. <i>Mapas complementarios de la cuenca</i>	58

RESUMEN

El objetivo de esta tesis fue determinar los caudales máximos en la microcuenca Mirmaca mediante el método racional modificado de Temez adecuado para cuencas de hasta 3000 km², considerando periodos de retorno de 20, 50, 100 y 500 años. La metodología aplicada incluyó la delimitación de la cuenca con un área de 1630.00 km² mediante un DEM y análisis GIS, se encontraron los parámetros morfométricos como perímetro, longitud del cauce principal, forma, Índice de Compacidad y densidad de drenaje. Se recolectaron datos de precipitación histórica del producto PISCO de SENAMHI, tomando valores máximos anuales y ajustándolos a una distribución de valores extremos, validada con la prueba de Kolmogorov-Smirnov, para calcular las intensidades máximas de precipitación para distintos tiempos de retorno. Utilizando el mapa nacional de número de curva, se determinó el coeficiente de escorrentía. Los resultados con respecto a la morfometría, fue un perímetro de 222.37 km, una altitud media de 3727.47 msnm y una pendiente promedio de 18.04%. El coeficiente de compacidad fue de 1.54, un factor de forma de 0.31, y un índice de alargamiento de 0.62. Mediante la distribución LogNormal, se estimaron las intensidades máximas de precipitación para los periodos de retorno, arrojando valores que van desde 39.35 mm a 66.11 mm en 24 horas, con intensidades de 4.18 mm/h a 7.03 mm/h, respectivamente. Los coeficientes de escorrentía variaron de 0.43 a 0.60, resaltando diferencias en la generación de escorrentía. Se calcularon caudales máximos para los mismos periodos de retorno, obteniendo 1141.26 m³/s para 20 años y hasta 2666.20 m³/s para 500 años, demostrando su aplicabilidad para el diseño de infraestructura hidráulica, pese a la tendencia del método a sobreestimar, proporcionando así un margen de seguridad importante para la gestión del agua.

Palabras clave: Método racional modificado, caudales máximos, PISCO SENAMHI

SUMMARY

The objective of this thesis was to determine the maximum flows in the Mirmaca watershed using the modified Temez rational method suitable for watersheds up to 3000 km², considering return periods of 20, 50, 100 and 500 years. The methodology applied included the delimitation of the basin with an area of 1630.00 km² by means of a DEM and GIS analysis, morphometric parameters such as perimeter, length of the main channel, shape, Compacity Index and Drainage Density were analyzed. Historical precipitation data were collected from SENAMHI's PISCO product, taking maximum annual values and adjusting them to a distribution of extreme values, validated with the Kolmogorov-Smirnov test, to calculate maximum precipitation intensities for different return times. Using the national curve number map, the runoff coefficient was determined. The results with respect to morphometry were a perimeter of 222.37 km, an average altitude of 3727.47 masl and an average slope of 18.04%. The compactness coefficient was 1.54, a shape factor of 0.31, and an elongation index of 0.62. Using the LogNormal distribution, the maximum rainfall intensities for the return periods were estimated, yielding values ranging from 39.35 mm to 66.11 mm in 24 hours, with intensities of 4.18 mm/h to 7.03 mm/h, respectively. Runoff coefficients ranged from 0.43 to 0.60, highlighting differences in runoff generation. Maximum flows were calculated for the same return periods, obtaining 1141.26 m³/s for 20 years and up to 2666.20 m³/s for 500 years, demonstrating its applicability for the design of hydraulic infrastructure, despite the tendency of the method to overestimate, thus providing an important safety margin for water management.

Key words: Modified rational method, Maximum flows, PISCO SENAMHI.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación, titulada “Aplicación del Método Racional de Temez para Evaluar el Comportamiento de los Caudales Máximos en la Microcuenca Mirmaca, Ayacucho 2023”, se propone abordar uno de los aspectos fundamentales en la gestión de recursos hídricos y la planificación hidrológica a nivel de microcuenca. Enfocada en el sector de la región de Ayacucho, la investigación surge ante la necesidad de comprender y prever el comportamiento de los caudales máximos, los cuales tienen implicaciones directas en la infraestructura, agricultura y seguridad de la población.

Los antecedentes de este estudio se fundamentan en investigaciones previas que han explorado la dinámica fluvial de la zona y los métodos de estimación de caudales, así como en datos históricos de precipitaciones suministrados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) y el uso de mapas de curva número proporcionados por la Autoridad Nacional del Agua (ANA). Estas referencias establecen un marco sólido para la aplicación del método racional, una técnica ampliamente reconocida por su efectividad en la estimación de caudales pico en cuencas pequeñas y medianas.

Una investigación reciente destaca la importancia y aplicación de métodos racionales y semiempíricos en la evaluación de caudales máximos. Por ejemplo, González et al. (2021) analizaron la exactitud del Método Racional de Temez en microcuencas con clima mediterráneo, concluyendo que este método ofrece estimaciones fiables siempre que los parámetros estén calibrados adecuadamente. Su estudio también mostró que la inclusión de datos pluviométricos de alta resolución mejora notablemente la precisión de las estimaciones de caudales.

Otro estudio significativo es el realizado por Martínez y Rodríguez (2022), quienes emplearon el Método Racional de Temez en microcuencas urbanas, enfrentando

los retos de la rápida urbanización y los cambios en el uso del suelo. Sus hallazgos indicaron que, a pesar de las limitaciones inherentes del método, su simplicidad y flexibilidad lo convierten en una herramienta adecuada para una primera aproximación en la planificación urbana, la gestión adecuada de recursos hídricos.

El objetivo de esta tesis es aplicar y validar el método racional, adaptándolo a las condiciones específicas de la microcuenca Mirmaca. Se espera que los resultados puedan contribuir al cuerpo académico de conocimientos en la ingeniería y en el desarrollo de estrategias efectivas de manejo de recursos hídricos, sino que también sirvan como herramienta para los tomadores de decisiones en la región de Ayacucho, mejorando las estrategias de prevención de riesgos y optimización del uso del agua.

Con esta investigación se pretende alcanzar una mejor comprensión de los procesos hidrológicos locales y proveer estimaciones precisas de caudales máximos que son esenciales para el diseño adecuado de obras hidráulicas y para la gestión eficiente y sostenible de los recursos hídricos en la microcuenca Mirmaca en el año 2023.

Según lo antes indicado, el presente trabajo permite formular los siguientes objetivos:

Objetivo principal

Evaluar los caudales máximos a partir del método racional de Temez en la microcuenca Mirmaca, Ayacucho, 2023.

Objetivos específicos

1. Calcular los parámetros morfométricos de la microcuenca Mirmaca, Ayacucho, 2023.
2. Calcular las intensidades máximas de precipitación la microcuenca Mirmaca, Ayacucho, 2023.
3. Calcular el coeficiente de escorrentía en la microcuenca Mirmaca, Ayacucho, 2023.
4. Calcular los caudales máximos para un periodo de retorno de 20, 50, 100 y 500 años en la microcuenca Mirmaca, Ayacucho, 2023.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes de la investigación

En la investigación de Atoche y Alemán (2019), estimaron el Caudal Máximo de Diseño utilizando modelos hidrológicos preestablecidos para el diseño de características hidráulicas de una obra de protección contra inundaciones en la cuenca Angostura Cabuyal. Esto se realizó a través de un estudio de investigación aplicada, que permitió el cálculo del caudal máximo de diseño para abordar los problemas de inundación y erosión en la cuenca mencionada. Dicho estudio fue de enfoque no experimental de corte transversal-descriptivo-correlacional, lo que implicó que no se requirieron grupos de control o experimentales. Para ello, se analizó información correspondiente a un período específico de tiempo, permitiendo la descripción de variables y la correlación entre ellas, utilizando para ello el coeficiente de correlación de Spearman y el coeficiente de correlación de Pearson, así como diferentes distribuciones estadísticas. La población de estudio estuvo constituida por una cantidad infinita de cuencas secas en la región de Tumbes, y la muestra específica fue la cuenca hidrográfica Quebrada Angostura, con un área de 187.81 km². Los métodos empleados para calcular el caudal máximo (m³/s) para distintos periodos de retorno en cuencas secas incluyeron el Método Racional Modificado y el Método de Creager. Los resultados concluyeron que los caudales máximos obtenidos de los modelos hidrológicos en la Cuenca Angostura Cabuyal son un promedio de los resultados entre los métodos Racional Modificado y de Creager para cada periodo de retorno. Los datos obtenidos permitieron calcular la velocidad erosiva del cauce, que resultó ser de 3.63 m/s, y una profundidad de socavación de 2.50 m. Estos hallazgos son fundamentales para la planificación de infraestructuras de control de inundaciones y medidas de mitigación de la erosión en la región estudiada.

Asimismo, Saldaña (2022), se enfocó en analizar y transferir información meteorológica de cuencas con registros existentes hacia cuencas deficitarias en datos

pluviométricos. La investigación tuvo como meta principal generar caudales máximos utilizando el Método Racional Modificado de Témez para la subcuenca del río Chetillano, la cual carece de información pluviométrica de 24 horas. Los objetivos específicos incluyeron la caracterización morfométrica de la subcuenca del Río Chetillano y la determinación de caudales máximos para períodos de retorno de 50, 100, 200 y 500 años. Este estudio aplicado seleccionó cuatro estaciones meteorológicas (Cutervo, Llama, Augusto Weberbauer y Udimá) con registros de precipitaciones máximas de 24 horas. Utilizando el software ArcGIS, se delimitaron las cuencas y se determinaron características morfométricas adimensionales, como el coeficiente de compacidad (K_c), la relación de confluencia (R_c) y el coeficiente orográfico (C_o), para asegurar la similitud geométrica, cinemática y dinámica entre la subcuenca del río Chetillano y las cuatro cuencas seleccionadas. Se aplicó la prueba de bondad de ajuste de Smirnov-Kolmogorov a los datos de precipitaciones máximas de las estaciones, y en base a los resultados, seleccionó la estación Cutervo como la más representativa para transferir la información meteorológica a la subcuenca del río Chetillano. Los caudales máximos obtenidos para los distintos períodos de retorno fueron significativos: 58.61 m³/s para 50 años, 65.76 m³/s para 100 años, 72.87 m³/s para 200 años y 82.28 m³/s para 500 años. Estos resultados proporcionan una base crucial para la gestión de recursos hídricos y el diseño de infraestructuras hidráulicas en la subcuenca estudiada, considerando los impactos del cambio climático y el desarrollo urbano en los regímenes de caudales máximos.

Ponce (2011), abordó la problemática de la ausencia de datos históricos de aforos en la cuenca de la quebrada Carrizal, situada en la costa norte del Perú. Ante esta limitación, se optó por generar estimaciones de caudales utilizando tres diferentes métodos de modelación precipitación-escorrentía: el método Racional, el Hidrograma Triangular y el modelo HEC-Hms, aplicados a series históricas de precipitaciones máximas en 24 horas de la estación Llama, comprendiendo el período de 1964 a 2007. El estudio se desarrolló en un contexto climático tropical, cálido y seco, característico de la región de Cajamarca, con variaciones significativas en las precipitaciones durante el verano y eventos extremos durante fenómenos como El Niño. Para obtener datos precisos, se realizó una corrección pluviométrica y se llevó a cabo un análisis de frecuencia, empleando cinco distribuciones de probabilidad: Normal, Log-Normal, Gumbel, Gamma y Log-Gamma. La elección del modelo de probabilidad más adecuado se efectuó a través de la prueba de Smirnov-Kolmogorov, permitiendo así determinar las precipitaciones e

intensidades máximas para la generación de los caudales máximos correspondientes. El objetivo central del estudio fue la generación de caudales máximos de diseño para la planificación y el diseño de infraestructuras hidráulicas, en este caso, la proyección de un puente sobre la quebrada Carrizal. Siguiendo las directrices del Manual de Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito (MTC-2008), se analizaron caudales de diseño para periodos de retorno de 100 y 500 años. Este enfoque permitió no solo proyectar una solución de drenaje transversal para mejorar la transitabilidad entre los distritos de Chongoyape y Llama, sino también ofrecer una metodología adecuada para futuros proyectos de ingeniería hidráulica en la región bajo condiciones similares de escasez de datos.

Por otra parte, el estudio realizado por Alonso (2021), adoptó un enfoque probabilístico para el tratamiento de la información meteorológica de precipitaciones, debido a la ausencia de datos hidrométricos. Siguiendo las metodologías establecidas por Ven Te Chow y Máximo Villón, se efectuaron análisis de consistencia y verificación de la distribución de probabilidades para obtener una tormenta de diseño o curva IDF. Esto permitió la determinación de las intensidades máximas de diseño para diversos periodos de retorno. Los parámetros fisiográficos de la cuenca, como el área, el coeficiente de escorrentía y el tiempo de concentración, recolectados durante la investigación, fueron cruciales para estimar los caudales. Utilizando los métodos de Mac Math y Racional Modificado, se procedió al cálculo de caudales máximos. La hipótesis principal del proyecto, que postula que las áreas de inundación varían en función de los caudales máximos correspondientes a diferentes periodos de retorno, fue confirmada. Mediante el uso de herramientas computacionales y la aplicación de modelamiento hidráulico con el software HEC RAS, se identificaron las áreas susceptibles a inundaciones en la zona de influencia del río Pomabamba. La generación de mapas de inundación permitió establecer un indicador de los niveles de riesgo. Como resultado de la investigación, se identificaron zonas vulnerables y se propusieron obras hidráulicas para mitigar el impacto de las inundaciones. Además, como contribución adicional, se instaló una regla limnimétrica que actuará como estación hidrométrica, cuya gestión y monitoreo permanente quedará a cargo de la Autoridad Local del Agua Pomabamba. Este dispositivo aportará datos valiosos para futuras investigaciones y para la gestión del recurso hídrico en la región.

Finalmente, el trabajo de investigación de Balladares (2022) resalta la significativa contribución de los estudios hidrológicos al desarrollo de proyectos hidráulicos y la gestión de recursos hídricos. Centrándose en la subcuenca Angostura, el estudio aborda la estimación de caudales máximos en respuesta a la limitada información meteorológica e hidrométrica de la zona. Para alcanzar el principal objetivo del estudio, se emplearon métodos estadísticos avanzados que incluyen la descarga y análisis estadístico de datos de precipitación diaria del producto Grillado del estudio PISCO v 2.1. Se realizaron pruebas de correlación, doble masa y análisis de datos dudosos para evaluar la precipitación máxima en un periodo de 24 horas. Adicionalmente, se aplicó la metodología de ILLA – SENAMHI-UNI para derivar las curvas de intensidad, duración y frecuencia. La culminación del proceso fue la estimación de los caudales máximos a través de la modelación hidrológica empleando el software HEC-HMS, el método Racional Modificado y el método de Creager. Los resultados obtenidos con HEC-HMS fueron consistentes con los generados por los otros dos métodos, demostrando la fiabilidad de las técnicas empleadas para la modelación de los caudales en la subcuenca Angostura y su relevancia para la planificación y gestión de recursos hídricos en áreas con datos limitados.

1.2. Bases teóricas

1.2.1. *Parámetros morfométricos*

- **Área de la cuenca (A):** El área total de terreno que drena hacia un punto específico en un curso de agua.
- **Perímetro de la cuenca (P):** La longitud total del límite de la cuenca.
- **Longitud del cauce principal (L):** La longitud del cauce principal desde su nacimiento hasta la salida de la cuenca.
- **Altitud media de la cuenca:** La altitud promedio de todos los puntos dentro de la cuenca.
- **Pendiente media de la cuenca:** La pendiente promedio del terreno en toda la cuenca.
- **Índice de elongación (Re):** Relaciona la forma de la cuenca con un círculo, indicando el grado de alargamiento de la cuenca.

$$Re = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi \times P^2}} \quad (1.2.1)$$

- **Índice de compacidad (Kc):** Mide la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo de la misma área.

$$Kc = \frac{0.28 \times P}{\sqrt{A}} \quad (1.2.2)$$

- **Densidad de drenaje (Dd):** Indica la densidad total de canales y cursos de agua en la cuenca.
- **Orden de la cuenca (U):** Es una clasificación jerárquica de los cursos de agua en la cuenca, según su tamaño o importancia. Se determina visualmente o utilizando herramientas GIS, siguiendo el sistema de clasificación de cursos de agua (por ejemplo, el método de Strahler).

1.2.2. Caudales máximos

Los caudales máximos en las cuencas hidrográficas son eventos hidrológicos críticos que representan el pico más alto en el volumen de agua que pasa por un punto específico del río o arroyo, usualmente en respuesta a precipitaciones intensas o al deshielo rápido. Estos caudales son una variable fundamental en la planificación y diseño de infraestructuras hidráulicas, tales como presas, diques y sistemas de drenaje (Chow et al., 1988). Además, tienen un papel relevante en la gestión del riesgo de inundaciones y en el desarrollo de estrategias de adaptación frente a posibles eventos extremos (Smith, 2013).

El cálculo de los caudales máximos se realiza comúnmente mediante modelos hidrológicos que integran factores como la precipitación, la evapotranspiración, las características del suelo y la morfología de la cuenca (Maidment, 1993). Entre los métodos empleados se encuentra el Método Racional, un modelo clásico para el diseño de sistemas de drenaje urbano, que ha sido ampliamente utilizado y validado en pequeñas cuencas (McCuen, 2017).

Estimar el caudal máximo para un periodo de retorno específico, como 100 años, es un desafío que involucra asumir la estacionariedad en las series de datos históricos y la extrapolación de los mismos para eventos que exceden los periodos registrados. La teoría de valores extremos y el análisis de frecuencias son herramientas estadísticas comúnmente usadas para esta extrapolación.

Es importante destacar que la variabilidad y el cambio en los patrones de precipitación pueden introducir incertidumbre en las estimaciones de caudales máximos, lo que requiere un enfoque que contemple el análisis de riesgo y la incertidumbre. Los modelos hidrológicos actuales, como el HEC-HMS desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EE. UU., incorporan cada vez más la modelización estocástica y métodos que consideran la variabilidad climática.

La validez y precisión de estas estimaciones de caudales máximos dependen en gran medida de la disponibilidad y calidad de los datos hidrometeorológicos, así como de la correcta parametrización y calibración de los modelos. La calibración puede llevarse a cabo mediante la comparación de los resultados del modelo con eventos de caudales máximos observados, ajustando los parámetros hasta lograr una concordancia razonable entre los caudales modelados y medidos.

1.2.3. Método racional

El método racional es una técnica ampliamente utilizada para estimar el caudal pico de diseño en una cuenca pequeña para fines de ingeniería hidráulica y civil, particularmente en el diseño de infraestructuras de drenaje urbano y rural. Fue desarrollado originalmente en el siglo XIX y sigue siendo relevante por su simplicidad y utilidad práctica (Chow et al., 1988).

La fórmula del método racional es la siguiente:

$$Q = C \times I \times A \quad (1.4.1)$$

Donde:

Q es el caudal pico (generalmente en m^3/s),

C es el coeficiente de escorrentía, que representa la fracción del agua de lluvia que se convierte en escorrentía,

I es la intensidad de la lluvia para una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca y para una frecuencia específica (usualmente en mm/h), y

A es el área de la cuenca (en hectáreas o km^2).

El tiempo de concentración es el tiempo que tarda una gota de agua en viajar desde el punto más distante de la cuenca hasta el punto de salida o de aforo. Este concepto es crucial porque la intensidad de la lluvia se selecciona basándose en este tiempo.

El coeficiente de escorrentía C depende de varios factores como el uso del suelo, la topografía, el tipo de suelo y las condiciones de humedad, siendo un valor que varía entre 0 (cuando no hay escorrentía) y 1 (cuando toda el agua precipitada se convierte en escorrentía). A pesar de su amplio uso, el método racional tiene limitaciones. Es más apropiado para cuencas pequeñas (generalmente menos de 2 km²) debido a la suposición de que la intensidad de la lluvia es uniforme en toda la cuenca y durante el tiempo de concentración. Además, no considera el efecto de la infiltración y el almacenamiento de agua en la cuenca a lo largo del tiempo (McCuen, 2017). La aplicación del método racional en el contexto de un cambio climático podría requerir una revisión de los coeficientes de escorrentía y las intensidades de lluvia para reflejar los cambios en las condiciones climáticas y de uso del suelo, asegurando así que los diseños de drenaje sean adecuados para las condiciones futuras.

1.2.4. Método racional modificado

El Método Racional Modificado de Témez es una adaptación del Método Racional tradicional que fue propuesta por el profesor J.R. Témez para mejorar las estimaciones de los caudales de diseño, especialmente en cuencas más grandes (hasta 3000 km²) y heterogéneas. Este método se caracteriza por la introducción de varios factores correctores que ajustan la precipitación y el coeficiente de escorrentía en función de las características específicas de la cuenca.

$$Q = K \times \frac{C \times I \times A}{3.6} A \quad (1.5.1)$$

El Método Racional Modificado de Témez incorpora los siguientes elementos clave en su cálculo:

- **Factor reductor de lluvia:** Debido a la variabilidad espacial de las precipitaciones, se aplica un factor reductor para ajustar la precipitación máxima diaria en cuencas de tamaño mayor a 1 km².

$$K_a = 1 - \frac{\log_{10}(A)}{15} \quad (1.5.2)$$

Donde A es el área de la cuenca.

- **Coefficiente de uniformidad:** Este coeficiente ajusta el tiempo de concentración de la cuenca y se utiliza en lugar de la mayoración del 20% que se realizaba en la Instrucción de Drenaje Superficial.

$$K = 1 + \frac{T_c^{1.25}}{T_c^{1.25} + 14} \quad (1.5.3)$$

Donde T_c es el tiempo de concentración en horas.

- **Tiempo de concentración:** Es el tiempo que tarda una gota de agua en viajar desde el punto más alejado de la cuenca hasta el punto de desagüe. Se calcula en base a la longitud y pendiente del cauce principal.

$$T_c = 0.3 \times \left[\frac{L}{S^{0.25}} \right]^{0.76} \quad (1.5.4)$$

Donde L es la longitud del cauce mayor en km y S es la pendiente del cauce mayor en m/m.

- **Máxima precipitación diaria (Pd):** Se estima para el periodo de retorno considerado, y se puede calcular a partir de datos extraídos de PISCO SENAMHI. En el caso de otra cuenca, se tendría que trabajar con distribuciones estadísticas.

$$P = K_a \times P_d \quad (1.5.5)$$

Donde K_a es el facto reductor y P_d es la precipitación máxima diaria

- **Intensidad media diaria (Id):** Se calcula como la precipitación diaria dividida por 24 y corresponde a la intensidad media para el periodo de retorno y tiempo igual al de concentración.

$$I = \left(\frac{P}{24} \right) \times (11)^{\frac{28^{0.1} - T_c^{0.1}}{28^{0.1} - 1}} \quad (1.5.6)$$

Donde P es la precipitación máxima corregida (mm) y T_c es el tiempo de concentración en horas

- **Umbral de escorrentía (P_0):** Es el valor mínimo de precipitación a partir del cual se produce escorrentía. Se determina en función del uso del suelo, la pendiente y las características hidrológicas del suelo.

$$P_0 = \frac{5000}{CN} - 50 \quad (1.5.7)$$

Donde CN es el valor de Curva Número

- **Coefficiente de escorrentía (C):** Se verifica que la precipitación máxima diaria es mayor que el umbral de escorrentía y se aplica el coeficiente de escorrentía, que puede requerir un cálculo detallado si la cuenca es heterogénea.

$$C = \frac{(P_d - P_0) \times (P_d + 23 \times P_0)}{(P_d + 11 \times P_0)^2} \quad (1.5.8)$$

Donde:

P_d es la Precipitación máxima diaria (mm), P_0 es el Umbral de escorrentía = $\left(\frac{500}{CN}\right) - 50$ y CN es el Número de curva.

El resultado final de este método es el caudal de referencia en el punto de desagüe de una cuenca, lo cual es esencial para el diseño de infraestructuras hidráulicas como alcantarillas, canales y presas, y para la gestión de riesgos de inundación. Este método modificado proporciona un enfoque más preciso y adaptado para el cálculo del caudal de diseño en cuencas que no son adecuadamente atendidas por el Método Racional Clásico, especialmente en regiones con gran variabilidad hidrológica y meteorológica.

1.2.5. *Distribuciones máximas*

Las distribuciones de valores máximos son fundamentales en hidrología para el análisis de eventos extremos, como las precipitaciones máximas. Estas distribuciones permiten a los hidrólogos y planificadores estimar la magnitud de eventos de lluvia para diferentes periodos de retorno, que son esencialmente el intervalo de tiempo promedio en el cual se espera que un evento de una determinada magnitud sea igualado o superado. Una de las distribuciones más empleadas es la Distribución de Gumbel, también conocida como la distribución de valores extremos tipo I, la cual es adecuada para modelar el máximo de una serie de eventos (V. T. Chow et al., 1988).

Otra distribución comúnmente usada es la Distribución de Valores Extremos Generalizada (GEV), que incluye la Distribución de Gumbel como un caso particular (Coles, 2001). La Distribución Log-Pearson Tipo III también es ampliamente utilizada por US Geological Survey para estudios hidrológicos en los Estados Unidos. Además, la distribución de Frechet y la Distribución de Weibull son otras opciones utilizadas en análisis hidrológicos para determinar precipitaciones máximas (Kottegoda y Rosso, 1997). Para aplicar estas distribuciones, es esencial contar con series de datos de

precipitaciones históricas lo suficientemente largas y confiables. Se emplean métodos estadísticos para ajustar la distribución seleccionada a los datos observados, y de este modo, se calculan las estimaciones para diferentes periodos de retorno. La estimación de eventos extremos es crucial para el diseño de infraestructuras hidráulicas como presas, sistemas de drenaje urbano y medidas de protección contra inundaciones. La elección de la distribución adecuada y la correcta aplicación de estos métodos estadísticos son esenciales para garantizar la seguridad y la eficiencia de estas estructuras.

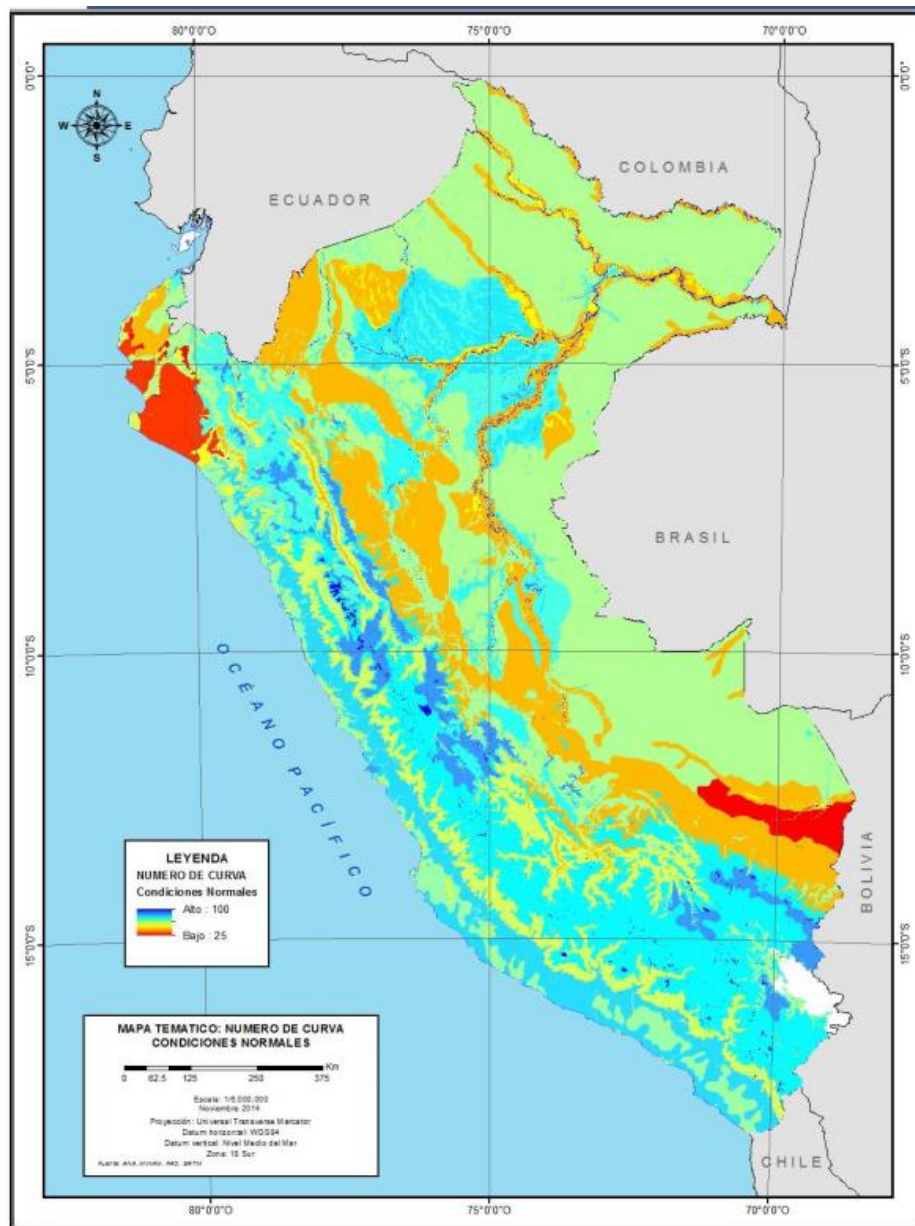
1.2.6. Curva número (CN)

La curva número, también conocida como número de curva (CN), es un parámetro hidrológico desarrollado por el Servicio de Conservación de Recursos Naturales de Estados Unidos (NRCS, anteriormente conocido como SCS, Servicio de Conservación del Suelo). Esta métrica es un componente integral del Método de la Curva Número del SCS, que se utiliza para estimar la escorrentía superficial directa o el escurrimiento resultante de una precipitación (McCuen, 2017).

El número de curva se basa en las características físicas de la cuenca hidrográfica, como el tipo de suelo, la cobertura del terreno, la humedad del suelo y las prácticas de uso de la tierra. Los valores de CN varían entre 0 y 100, donde un valor más bajo indica una menor generación de escorrentía y un valor más alto representa un mayor potencial de escorrentía para una lluvia dada. Por ejemplo, superficies impermeables como pavimentos tendrán números de curva altos, mientras que áreas permeables como pastizales tendrán números más bajos. El uso del número de curva permite a ingenieros e hidrólogos evaluar el impacto de diferentes prácticas de manejo de tierras en la hidrología de una cuenca y diseñar adecuadamente infraestructuras para el control de inundaciones y la gestión del agua.

Figura 1

Mapa nacional de Número de Curva



Nota. Tomado de *Autoridad Nacional del Agua* (ANA, 2016).

El método ha sido ampliamente adoptado y es fundamental en la planificación y el diseño de proyectos de ingeniería ambiental y de recursos hídricos. La simplicidad y la amplia disponibilidad de los datos para su aplicación han hecho del Método de la Curva Número una herramienta estándar en el campo, aunque se ha debatido su precisión en diferentes condiciones y su aplicabilidad universal. A pesar de estas discusiones, la contribución de este método a la gestión del agua y la planificación de recursos es indiscutible, como lo reflejan múltiples estudios y aplicaciones prácticas en todo el mundo.

La metodología de Portuguez y Verano (2016), para determinar la curva número en Perú comienza con el análisis visual de imágenes satelitales para elaborar un Mapa de Cobertura Vegetal por parte del MINAM, complementado con verificaciones en el terreno a través de inspecciones aéreas, terrestres y fluviales, utilizando una escala de 1/100 000 para el mapeo. Se integran datos adicionales de suelos y topografía proporcionados por la FAO UNESCO y la Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), con escalas que van desde 1/5 000 000 hasta una resolución de 90 m x 90 m. Se reclasifican las coberturas vegetales y tipos de suelo en códigos específicos y se identifica a qué grupo hidrológico pertenece cada tipo de suelo, utilizando una clasificación previamente establecida. Las características de infiltración de los suelos son esenciales para esta determinación y varían desde suelos con alta capacidad de infiltración hasta aquellos con muy poca, influenciados por su textura y drenaje.

Se adapta el valor del Número de Curva según el grupo hidrológico y la condición de infiltración correspondiente, abarcando una amplia gama de condiciones de uso del suelo y prácticas de laboreo. Utilizando la extensión HEC-geoHMS para ArcGIS, se corrige el Modelo Digital de Elevaciones (MDE) y se acondiciona la información temática de cobertura vegetal y suelos. A través de la superposición de mapas y la eliminación de datos no intersectados, se genera un nuevo mapa vectorial. Finalmente, con herramientas específicas dentro de la extensión, se genera el ráster del Número de Curva, ajustando los valores para condiciones normales, húmedas y secas utilizando fórmulas específicas, culminando así el proceso de determinación espacial del Número de Curva en Perú.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Características de la zona de investigación

El presente trabajo de investigación se realizó en la microcuenca del río Mirmaca.

2.1.1. Ubicación

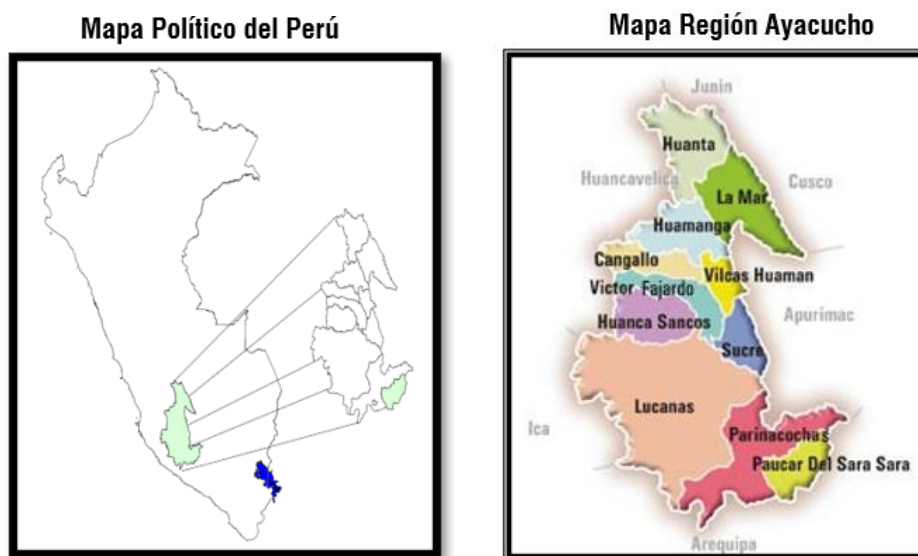
Ubicación política

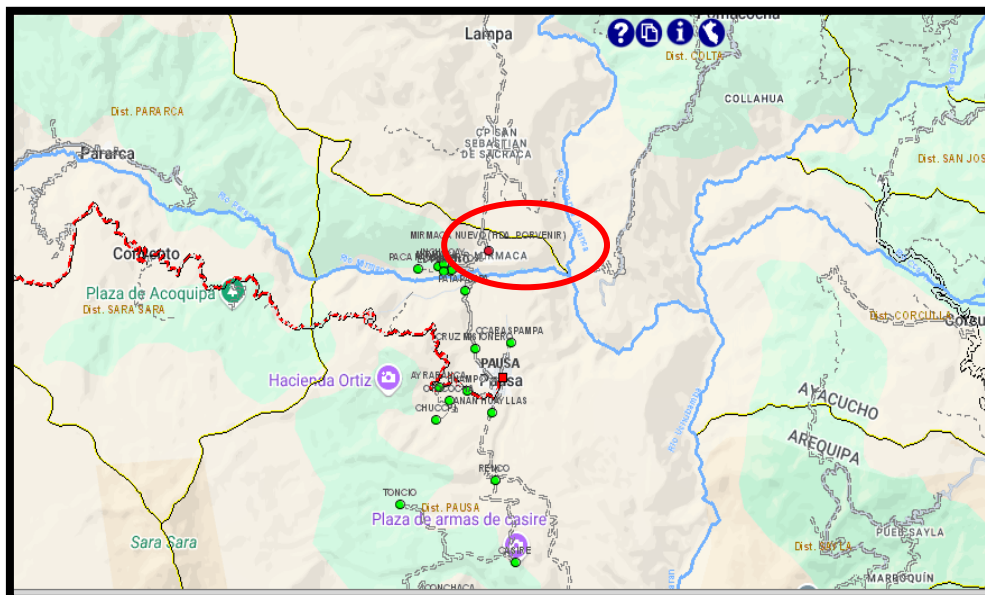
Políticamente el área de estudio se encuentra ubicado en:

Departamento : Ayacucho
Provincia : Paucar del Sara Sara
Distrito : Pausa
Lugar : Mirmaca

Figura 2

Ubicación política del proyecto





Nota. Elaboración propia.

Ubicación geográfica

La localización geográfica del área de estudio (centroide del polígono microcuenca del río Mirmaca) están ubicadas en las coordenadas UTM WGS 84, zona 18 L – UTM:

Este (UTM)	: 677 422 m
Norte (UTM)	: 8 313 895 m
Altitud	: 2 438 msnm

Ubicación hidrográfica

Vertiente	: Pacífico
Cuenca	: río Ocoña
Subcuenca	: río Maran
Microcuenca	: río Mirmaca

Ubicación administrativa

Administración Administrativa del Agua Caplina - Ocoña.

2.1.2. Vías de acceso

El acceso a la zona de estudio cuenta con una red vial departamental adecuada (Tabla 1)

Tabla 1

Vías de acceso

Tramo	Longitud (Km)	Tipo de vía
Ayacucho – Desvío Tocto	38	Carretera asfaltada
Desvío Tocto– Pampa Cangallo	37	Carretera asfaltada
Pampa Cangallo - Huancasancos	41	Carretera asfaltada
Huancasancos - Puquio	63	Carretera afirmada
Puquio - Chaviña	79	Carretera asfaltada
Chaviña - Coracora	19	Carretera asfaltada
Coracora - Chumpi	15	Carretera asfaltada
Chumpi - Incuyo	33	Carretera asfaltada
Incuyo – Quilcata – Paucar del Sara Sara	37	Carretera asfaltada
Paucar del Sara Sara - Mirmaca	9	Carretera afirmada

Nota. Elaboración propia.

2.1.3. Fisiografía

La zona en estudio conformado por las laderas y relieve pronunciado que es la característica de la sierra peruana con escurrimiento rápido y en algunas partes de fuerte erosión de 4 a 30% la pendiente.

2.1.4. Geología

La Unidad Hidrográfica del presente estudio de investigación presenta una formación geológica con predominancia de rocas sedimentarias e ígneas, entre las

abundantes se encuentra las rocas sedimentarias como las turbas y andesitas completamente alterados en la parte superficial, en cambio el área agrícola de formación aluvio - coluvial y coluvial, observándose en algunas partes, afloramientos de origen sedimentario.

Las rocas intrusivas que afloran principalmente de gabros, granodioritas y monzonitas. Presentan una morfología de montañas y colinas altas, con pendientes moderadas a escarpadas, estas rocas de acuerdo a su morfología, litología, grado de fracturamiento e intemperismo, son susceptibles en bajo grado a determinados procesos de movimientos en masa (caídas de roca, derrumbes, reptación y erosión de laderas).

2.1.5. Herramientas, equipos e información requerida

Herramientas y equipos

01 computadora

Información requerida

Mapa nacional de Número de Curva.

Modelo Digital de Elevación (DEM) nacional:

<https://www.geogpsperu.com/2013/09/cuadro-de-empalme-de-la-cartografia.html>

Carta Nacional: 30 O – zona: Cora Cora, 30 P – zona: Pacapausa, 31 O – zona: Cora Cora y 31P – zona: Pausa.

Biblioteca de datos SENAMHI HSR PISCO:

<https://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.SENAHMI/.HSR/.PISCO/>

Softwares

ArcGIS 10.3

Hydrognomon

Excel

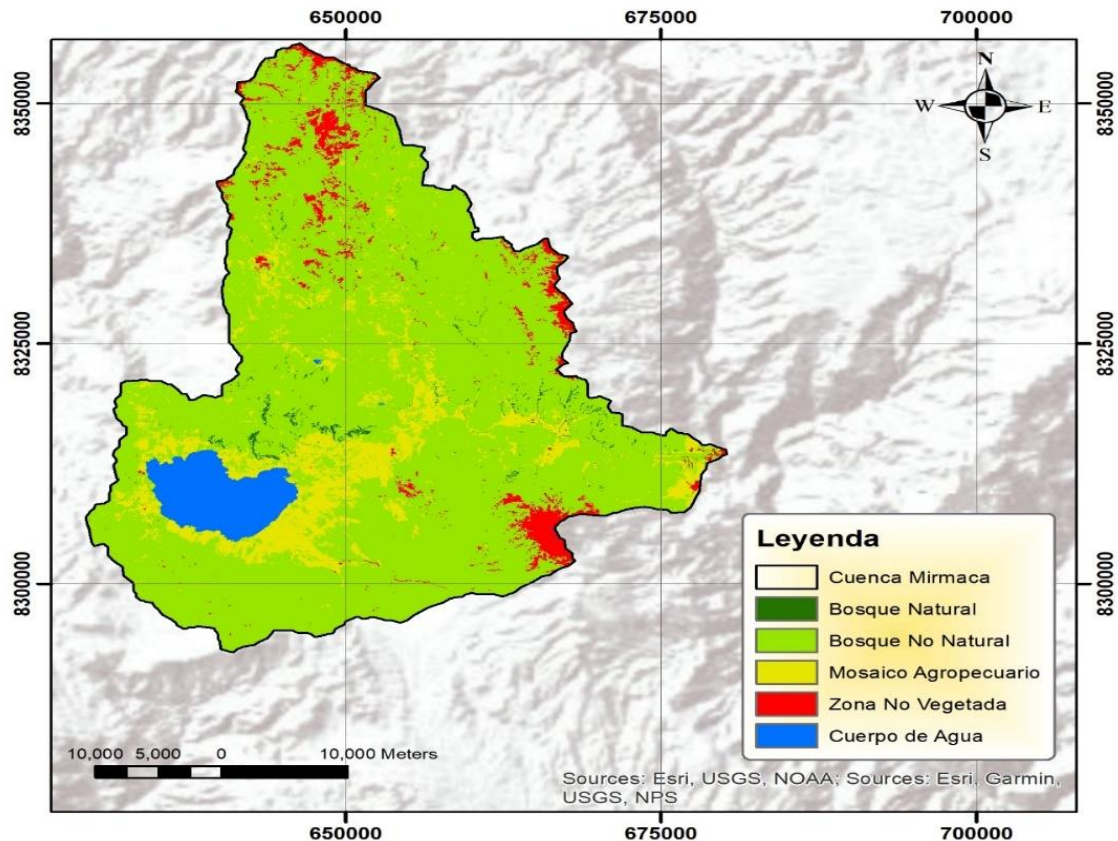
2.2. Metodología

2.2.1. Cálculo de parámetros morfométricos

Se delimitó la cuenca Mirmaca como se muestra en la siguiente Figura, de la delimitación se determinó que el área de la cuenca es de 1630.00 km².

Figura 3

Mapa de la cuenca delimitada



Nota. Tomado de Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2016).

Para determinar los parámetros morfométricos de la cuenca Mirmaca, se siguió un proceso detallado que incluye el corte del Modelo Digital de Elevación (DEM) nacional, la delimitación de la cuenca, y la determinación de varios parámetros clave como el perímetro, área, longitud del cauce principal y otros índices morfométricos.

La información digital descargada de las Cartas Nacionales del Perú del Instituto Geográfico Nacional IGN en el formato ArcGis – SHAPEFILE cuyo enlace de descarga es la siguiente: https://www.geogpsperu.com/2013/09/cuadro-de-empalme-de-la-cartografia.html#google_vignette, de donde se pudo obtener las carta cuyo códigos son: 30 O – zona: Cora Cora, 30 P – zona: Pacapausa, 31 O – zona: Cora Cora y 31P – zona: Pausa.

Inicialmente, se accedió al DEM nacional y se cortó utilizando un software de Sistemas de Información Geográfica (GIS) para obtener el segmento correspondiente a la región de interés donde se encuentra la cuenca Mirmaca. Este corte del DEM se realizó

seleccionando las coordenadas geográficas que delimitaron la región de estudio, asegurando que se cubra toda el área de la cuenca.

Posteriormente, se utilizó el DEM cortado para delimitar la cuenca Mirmaca, aplicando algoritmos de análisis hidrológico en el software GIS. Este proceso implicó identificar la red de drenaje y el punto de salida de la cuenca, permitiendo así definir con precisión los límites de la cuenca Mirmaca.

Una vez delimitada la cuenca, se procedió a determinar el perímetro y el área de esta. Para el cálculo del perímetro, se trazó una línea siguiendo el borde de la cuenca y se midió su longitud total. Para el área, se utilizó una herramienta de GIS que permitió calcular la superficie encerrada dentro del perímetro de la cuenca.

A continuación, se identificó y midió la longitud del cauce principal de la cuenca. Este paso implica localizar el curso de agua más largo desde el punto de salida hasta el punto más alejado de la divisoria de aguas. Este valor será crucial para cálculos posteriores.

Con los datos del perímetro, área y longitud del cauce principal, se procedió a calcular otros parámetros morfométricos. Entre ellos, se incluyeron la forma de la cuenca, utilizando la fórmula $F = A / L^2$, y el Índice de Compacidad, calculado como $Kc = P / (2 * \sqrt{\pi * A})$, donde P es el perímetro, A es el área y L es la longitud del cauce principal.

Además, se determinó la densidad de drenaje de la cuenca, que se calcula dividiendo la longitud total de los cursos de agua dentro de la cuenca por el área total de la misma. Este paso ha requerido de un análisis detallado de la red fluvial de la cuenca Mirmaca para la identificación y suma de la longitud de todos los cauces.

Finalmente, se realizó una clasificación de la cuenca según el orden de los cursos de agua basada en el sistema de Strahler o Horton. Este proceso involucró la identificación de todos los segmentos fluviales y su clasificación jerárquica según la presencia o ausencia de tributarios.

Las ecuaciones involucradas son para el cálculo del índice de elongación e índice de compacidad.

2.2.2. *Cálculo las intensidades máximas de precipitación*

Para calcular las intensidades máximas de precipitación en la cuenca Mirmaca, se siguió un procedimiento analítico que comenzó con la recolección de datos pluviométricos históricos. Se recopilaron registros de precipitación de estaciones meteorológicas dentro o cercanas a la cuenca, asegurándose de que dichas estaciones tengan un mínimo de 20 años de datos para garantizar la fiabilidad estadística del análisis, cuyos datos calculados datan desde el año 1981 al 2016.

Una vez recopilados los datos, se seleccionaron los valores máximos anuales de precipitación. Estos valores corresponden a la mayor cantidad de lluvia registrada en un solo evento de precipitación para cada año. La selección de estos valores máximos fue crucial para el estudio de eventos extremos, que son fundamentales para el diseño hidrológico y la gestión de riesgos de inundación.

Con los valores máximos en mano, se ajustaron a una distribución de valores extremos. Este paso involucra el análisis de los datos para determinar la mejor distribución estadística que los representa, comúnmente se utiliza la distribución de Gumbel para eventos extremos en hidrología.

Posteriormente, se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para validar el ajuste de la distribución seleccionada. Esta prueba compara la distribución acumulada de los datos observados con la distribución acumulada esperada de la distribución teórica elegida, proporcionando así un criterio cuantitativo para aceptar o rechazar la hipótesis de que los datos siguen dicha distribución.

Una vez validada la distribución de los datos, se empleó la fórmula mostrada en la imagen proporcionada para calcular las intensidades máximas de precipitación. En la fórmula, variables como la intensidad de lluvia, el tiempo de retorno y la duración del evento están interrelacionadas. Se tomaron en cuenta las características propias de la cuenca Mirmaca y los parámetros necesarios de la fórmula, tales como el período de retorno y la duración del evento de lluvia.

Finalmente, utilizando los datos de la cuenca y los parámetros ajustados, se obtuvieron las intensidades máximas para diferentes tiempos de retorno. Estos valores fueron fundamentales para el diseño de infraestructuras hidráulicas y para la planificación de medidas de mitigación de inundaciones, contribuyendo así a una mejor gestión de los recursos hídricos y la protección contra eventos extremos en la cuenca Mirmaca.

2.2.3. Cálculo de coeficiente de escorrentía

Para determinar el coeficiente de escorrentía utilizando el método racional en la cuenca Mirmaca, se adoptó una secuencia de pasos metódicos que se basaron en datos existentes y en el mapa nacional de número de curva proporcionado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA). Se comenzó con la identificación de la región de interés dentro del mapa nacional para extraer el número de curva correspondiente a la cuenca Mirmaca. Este número de curva, que es un indicador del potencial de escorrentía de un área dada, se correlacionó con el coeficiente de escorrentía que es un parámetro fundamental del método racional.

El mapa nacional de número de curva reflejó las características hidrológicas específicas de la cuenca, como el tipo de suelo, la cobertura del terreno y las condiciones de humedad, que son determinantes para la generación de escorrentía. Se accedió a este mapa y se localizó la cuenca Mirmaca, tras lo cual se identificó el número de curva promedio o se calculó un valor ponderado en caso de que la cuenca presente una variedad de números de curva debido a heterogeneidades en el uso del suelo o en las características del terreno.

Tras obtener el número de curva, se convirtió en un coeficiente de escorrentía utilizando relaciones empíricas establecidas que vinculan estos dos parámetros. Esta conversión fue posible debido a que ambos, el número de curva y el coeficiente de escorrentía, describen la fracción de precipitación que se convirtió en escorrentía.

2.2.4. Cálculo los caudales máximos para un periodo de retorno de 20, 50, 100 y 500 años

Para calcular los caudales máximos de la cuenca Mirmaca para los periodos de retorno de 20, 50 y 100 años, se inició con el coeficiente de escorrentía ya determinado. Este coeficiente refleja la capacidad de la cuenca para generar escorrentía a partir de la

precipitación recibida. Se aprovechó el trabajo previo donde se utilizó el mapa nacional de número de curva de la ANA para obtener este coeficiente, el cual fue indicativo de las características hidrográficas de la cuenca, como la vegetación, el uso del suelo y la permeabilidad.

A continuación, se identificaron las intensidades de lluvia para los periodos de retorno de interés. Estas intensidades máximas que se espera tener durante un intervalo de tiempo específico con una probabilidad de ocurrencia dada por el periodo de retorno. La estimación de estas intensidades se basó en datos históricos de precipitación y en un análisis estadístico que permitió proyectar los valores de lluvia para los periodos de retorno seleccionados.

Con el coeficiente de escorrentía y las intensidades de lluvia adecuadas para cada periodo de retorno, se procedió a la estimación de los caudales máximos. Se aplicó una fórmula específica que relaciona estos factores con el área de la cuenca, la cual se expresó en kilómetros cuadrados.

Este proceso se llevó a cabo de forma separada para cada uno de los periodos de retorno de 20, 50 y 100 años. Los resultados obtenidos fueron los valores de caudal máximo que se esperan para eventos de precipitación de esas magnitudes de retorno. Los caudales calculados fueron fundamentales para la planificación de infraestructuras de control de avenidas, como presas y sistemas de drenaje urbano, y para el diseño de estrategias de gestión del agua que puedan afrontar adecuadamente la variabilidad y el cambio climático.

El método que se utilizó para el cálculo de caudales máximos fue el Método de Témez cuya área de alcance es de 3000 km², superando al método racional tradicional.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Parámetros morfométricos de la microcuenca

En la siguiente Tabla 2 se muestran los parámetros morfométricos:

Tabla 2

Parámetros morfométricos de la cuenca

Características	Unidad	Valor
Características de relieve		
Área	Km ²	1630.00
Perímetro	km	222.37
Altitud media	msnm	3727.47
Características de forma		
Coeficiente de compacidad		1.54
Factor de forma		0.31
Pendiente de la cuenca	%	18.04
Índice de alargamiento		0.62
Características hidráulicas del cauce		
Longitud principal	km	73.02
Pendiente	%	18.04
Características de la red hidrográfica		
Densidad de drenaje		0.20
Tiempo de concentración	h	6.26

Fuente: Elaboración propia

La cuenca en cuestión, con una extensión de 1630.00 km², representa un sistema hídrico de tamaño considerable, cuyo manejo eficaz requiere una comprensión profunda de sus dinámicas internas de flujo y almacenamiento de agua. Esta extensión está claramente delineada por un contorno que define la longitud total del perímetro de la cuenca, que es de 222.37 km. La forma en que este perímetro se extiende en relación con

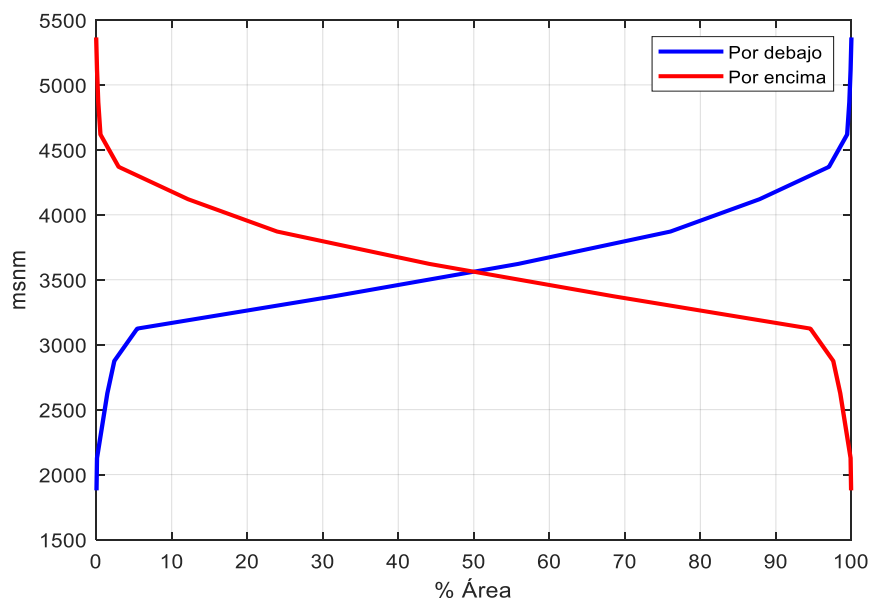
el área total sugiere una forma posiblemente irregular de la cuenca, afectando cómo el agua se acumula y se desplaza a través de ella.

Situada a una altitud media de 3727.47 m.s.n.m, la cuenca se ubica en las zonas altoandinas del Perú, presentando características topográficas y climáticas específicas de esta región. El coeficiente de Compacidad de la cuenca es de 1.54, indicativo de una forma más compacta y redondeada, lo que según estudios como el de Horton (1932), sugiere una menor propensión a la distorsión y una respuesta hidrológica potencialmente más uniforme y rápida ante eventos de precipitación.

El factor de forma de 0.31 complementa la interpretación del coeficiente de Compacidad, proyectando cómo la cuenca responderá a las lluvias. Un valor bajo en este factor sugiere que los picos de flujo pueden ser más altos, aunque de menor duración. Con un pendiente promedio del 18.04%, la cuenca presenta una inclinación considerable que puede acelerar la escorrentía y aumentar el potencial de erosión, lo que subraya la necesidad de prácticas de gestión orientadas a la conservación del suelo y agua.

Figura 4

Curva hipsométrica de la cuenca



Fuente: Elaboración propia

El índice de alargamiento de 0.62 señala una forma más alargada de la cuenca, influyendo en las estrategias de colocación de estructuras de control de inundaciones y en

la implementación de prácticas de conservación. Los datos de la longitud principal del río de 73.02 km y una pendiente de 3.23% son fundamentales para comprender la dinámica fluvial y prever el comportamiento de la corriente y su capacidad erosiva.

Una densidad de drenaje de 0.20 km/km² indica que la cuenca posee una red de drenaje menos densa, lo que podría reflejar una capacidad reducida para manejar rápidamente las aguas de lluvia. Finalmente, el tiempo de concentración de 6.26 horas proporciona una estimación del tiempo requerido para que el agua de precipitación viaje desde el punto más lejano de la cuenca hasta su salida, lo que es crucial para predecir la velocidad de los flujos y la magnitud de los picos durante eventos pluviales.

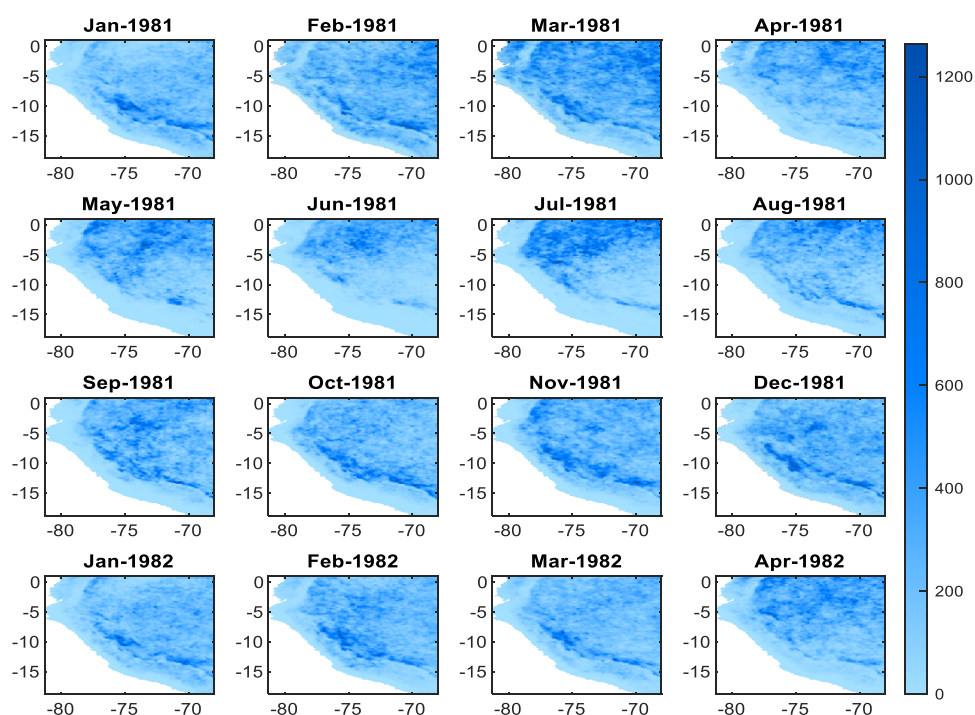
3.2. Intensidades máximas de precipitación la microcuenca

3.2.1. Extracción de datos de precipitación de PISCO SENAMHI

El producto PISCO es una base de datos de precipitación grillada para todo el Perú, estos datos fueron obtenidos con la información histórica de las estaciones y datos satelitales, de manera que los espacios sin información se completan mediante interpolación, a continuación, un esquema general de la data PISCO.

Figura 5

Información anual del producto PISCO, SENAMHI



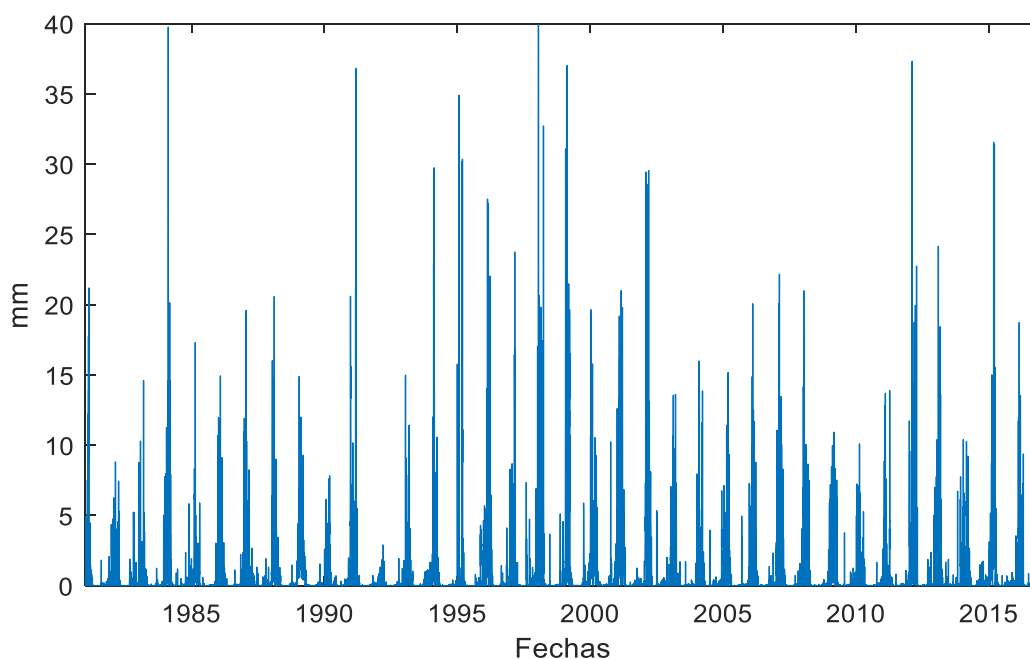
Fuente: Elaboración propia

En ese sentido se utilizó el centroide de la cuenca Mirmaca para extraer la información de precipitación diaria desde el periodo 1981 – 2016, haciendo un total de 36 años de información.

La utilización del producto PISCO SENAMHI para evaluar las precipitaciones máximas en la cuenca Mirmaca es significativa porque representa uno de los conjuntos de datos más completos y confiables para el análisis hidrológico en Perú. La interpolación de datos para llenar espacios sin información directa es una práctica común en hidrología y permite una estimación más precisa de las precipitaciones en áreas donde no hay estaciones de medición. Sin embargo, es importante considerar que, a pesar de la alta resolución y la sofisticación de los métodos de interpolación, siempre habrá incertidumbres asociadas a los datos interpolados, especialmente en regiones montañosas donde la variabilidad espacial de la precipitación es alta (Aybar et al., 2020)

Figura 6

Precipitación mensual en la cuenca Mirmaca 1981 – 2016



Fuente: Elaboración propia

3.2.2. Determinación de precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno

La información referida a la determinación de las precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno, se realizó de la siguiente manera:

a. Modelos de distribución

El objetivo del análisis de frecuencias es estimar precipitaciones, intensidades o caudales máximos para distintos períodos de retorno. Esto se logra utilizando modelos probabilísticos, que pueden ser tanto discretos como continuos.

En estadística, existen varias funciones de distribución de probabilidad teóricas; se recomienda utilizar las siguientes funciones:

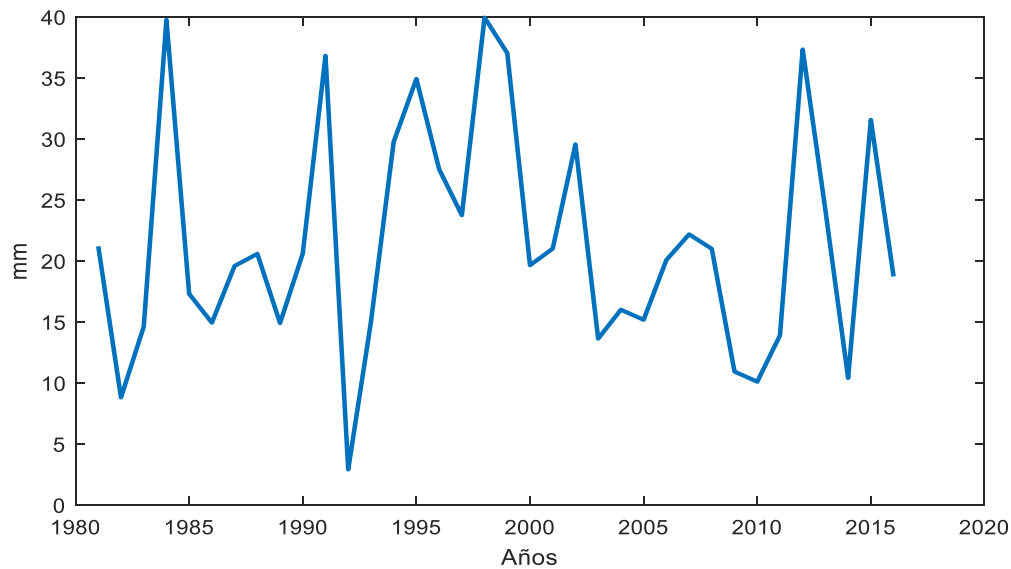
- Distribución Normal
- Distribución LogNormal
- Distribución Gamma
- Distribución Pearson III
- Distribución Exponencial
- Distribución Log Pearson III

La determinación de la precipitación máxima para diferentes periodos se realiza mediante el uso del software Hidrognomon, donde se demuestra la precisión de la distribución LogNormal sobre otras distribuciones indica que la variabilidad de las precipitaciones máximas en la cuenca sigue un patrón que tiende a agrupar más frecuentemente valores medios con menos ocurrencias de valores extremadamente bajos o altos.

La aplicación de la distribución LogNormal es respaldada por estudios como el de Maidment (1993), que reconoce la distribución LogNormal como una de las más aplicables para análisis hidrológicos debido a su capacidad para representar de manera efectiva las características estadísticas de eventos extremos.

Figura 7

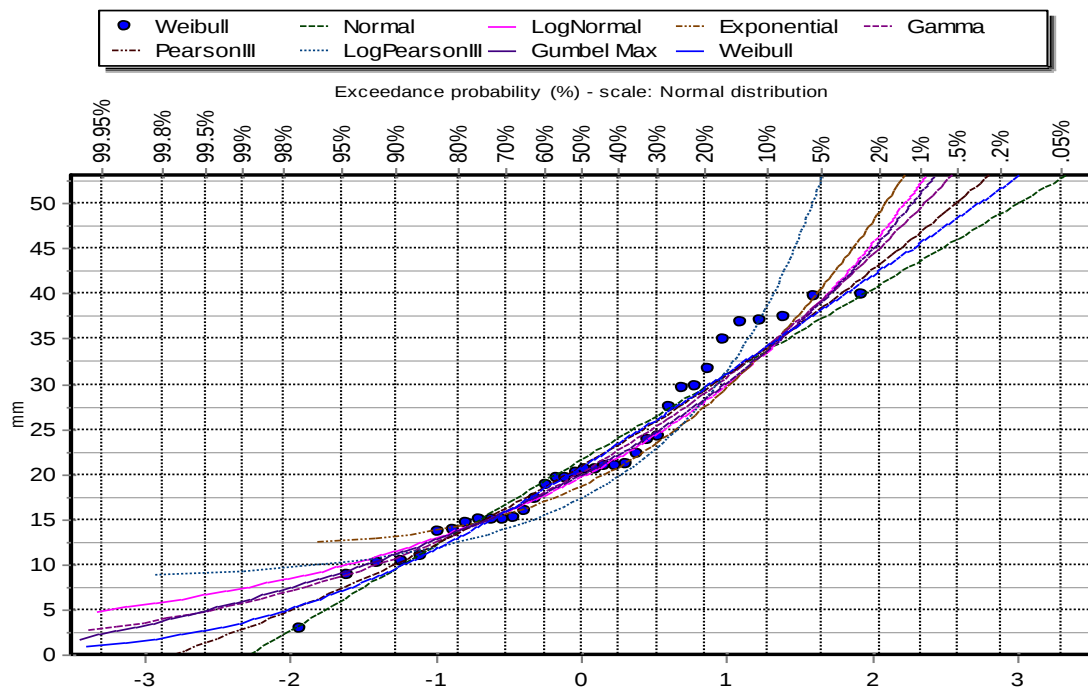
Precipitación máxima anual en la cuenca Mirmaca 1981 – 2016



Fuente: Elaboración propia

Figura 8

Ajuste a precipitaciones máximas



Fuente: Elaboración propia

Realizando la prueba de Kolmogorov-Smirnov, se determina que la distribución LogNormal se asemeja más a la distribución de precipitaciones máximas en la cuenca Mirmaca.

La adecuación de la distribución LogNormal concuerda con las observaciones de otros autores, como Shaw (1988), quien afirma que las precipitaciones extremas tienden a seguir una distribución logarítmica normal en muchas regiones del mundo. La confirmación de esta adecuación para la cuenca Mirmaca refuerza la aplicabilidad de la distribución LogNormal y su relevancia en estudios hidrológicos para la región andina.

Tabla 3

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para las precipitaciones máximas en la cuenca

Kolmogorov-Smirnov test	Precisión	DMax
LogNormal	97.48%	0.07550
Gamma	96.92%	0.07723
Pearson III	77.82%	0.10514
Exponencial	67.45%	0.11565
Normal	47.55%	0.13589
Log Pearson III	25.47%	0.16444

Fuente: Elaboración propia

3.2.3. Intensidades máximas para diferentes periodos de retorno

A partir de la distribución LogNormal se estiman las precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno; por la misma razón de haber arrojado un grado de precisión al 97.48% en la prueba de Kolmogorov-Smirnov.

Tabla 4

Intensidades máximas

Periodos de Retorno	Precipitaciones máximas en 24 h (mm)	Intensidades (mm/h)
20	39.35	4.18
50	46.74	4.97
100	52.42	5.57
500	66.11	7.03

Fuente: Elaboración propia

Las intensidades máximas estimadas para diferentes periodos de retorno indican un incremento significativo en la magnitud de las precipitaciones máximas con el aumento del periodo de retorno. Esto tiene implicaciones directas en el diseño de obras de infraestructura, como sistemas de drenaje y presas, donde se debe garantizar seguridad y funcionalidad ante eventos de precipitaciones de alta intensidad. La comparación de estos

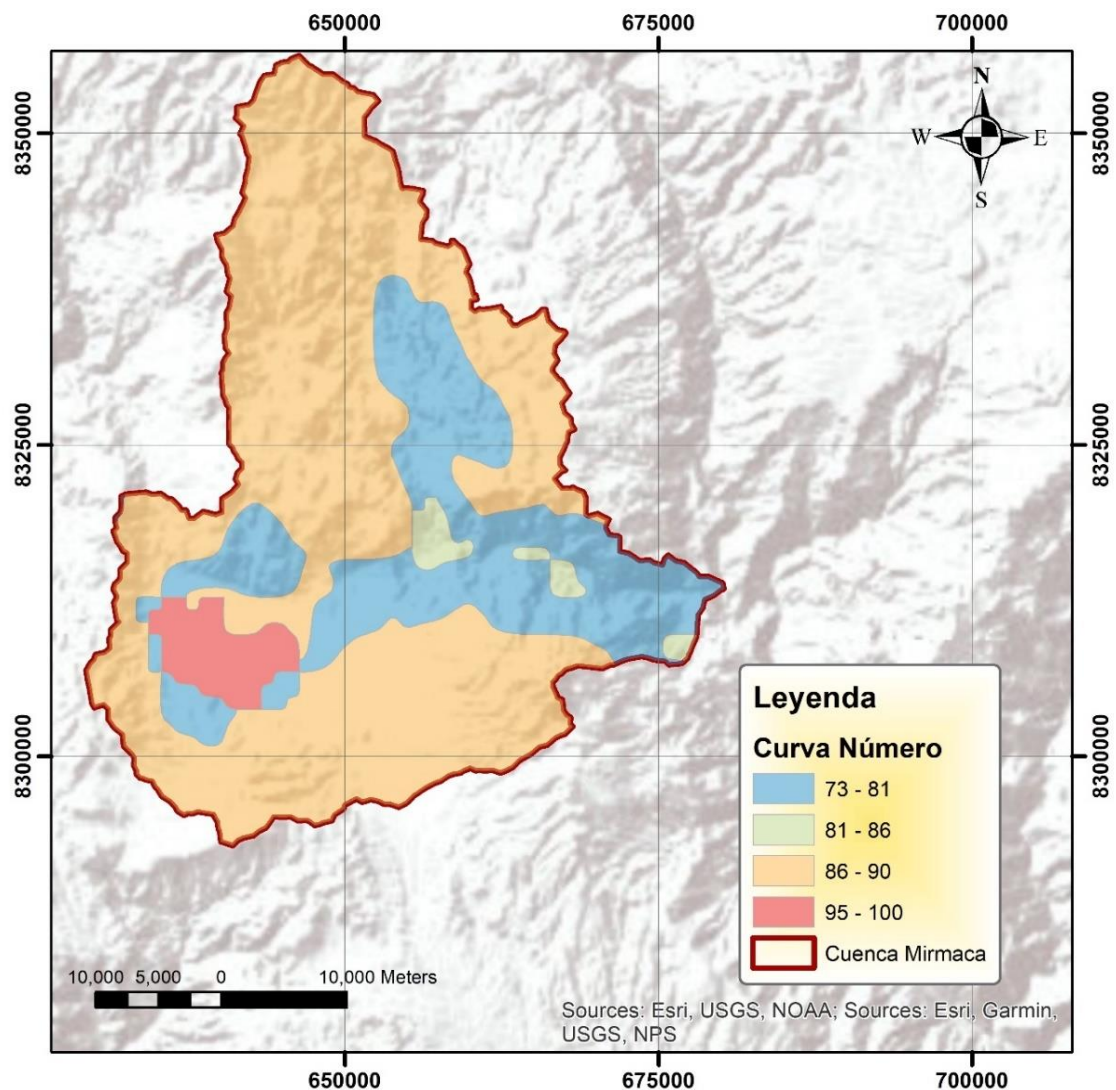
resultados con las recomendaciones de (V. Te Chow et al., 1988) sugiere que el uso de datos históricos para modelar y predecir eventos extremos es una estrategia válida para la planificación a largo plazo en la gestión de recursos hídricos.

3.3. Coeficiente de escorrentía en la microcuenca

3.3.1. Determinación de los valores de Curva Número para la cuenca Mirmaca

Figura 9

Mapa de Curva Número de la cuenca Mirmaca



Fuente: Elaboración propia

A partir del Mapa Nacional de Curva Número elaborado por SENAMHI, se obtuvo el mapa de curva número.

3.3.2. Cálculo del coeficiente de escorrentía

Para el cálculo de la escorrentía se aplica la fórmula de coeficiente de escorrentía (1.5.8), considerando los umbrales de precipitación y escorrentía, el cálculo se realiza para cada periodo de retorno:

Tabla 5

Coeficiente de escorrentía calculado para diferentes periodos de retorno

Periodos de Retorno	Coeficiente de escorrentía
20	0.43
50	0.49
100	0.53
500	0.60

Fuente: Elaboración propia

La tendencia observada en los coeficientes de escorrentía es respaldada por la literatura hidrológica, como los trabajos de Rallison y Miller (1982), quienes desarrollaron la metodología original del Curva Número y discutieron cómo el CN varía con diferentes condiciones de humedad del suelo, lo cual a su vez afecta la escorrentía. Además, Ponce (1989) discute cómo los cambios en la cobertura del terreno y las prácticas de manejo del suelo pueden influir en la escorrentía, lo cual puede ser relevante para la cuenca Mirmaca si ha habido cambios en el uso del suelo o la cobertura vegetal a lo largo del tiempo.

3.4. Caudales máximos para un periodo de retorno de 20, 50, 100 y 500 años en la microcuenca

Calculando el coeficiente de uniformidad considerando el tiempo de concentración:

$$K = 1 + \frac{T_c^{1.25}}{T_c^{1.25} + 14} = 1.4142$$

Entonces considerando el método racional de Temez modificado:

$$Q = 0.278 \cdot K \cdot C \cdot I \cdot A$$

El método racional modificado de Temez se emplea para calcular los caudales máximos esperados para diferentes periodos de retorno. Este enfoque tiene en cuenta el coeficiente de uniformidad (K), que se deriva del tiempo de concentración (Tc), y es

fundamental para reflejar cómo la variabilidad temporal de la lluvia afecta la generación de escorrentía. El coeficiente de uniformidad calculado ($K=1.4142$) ajusta la fórmula para reflejar una distribución más realista de la precipitación a lo largo del tiempo de concentración.

El uso de este método es pertinente en la cuenca Mirmaca, ya que se basa en principios hidrológicos bien establecidos y proporciona una estimación de caudales máximos que es crucial para el diseño y la gestión de estructuras hidráulicas como bocatomas, captaciones, canales, sistema de riego y sistemas de drenaje urbano. La ecuación $Q=0.278KCIA$ es una versión modificada del método racional clásico y se considera apropiada para cuencas de mayor tamaño, donde las precipitaciones no son uniformes y el tiempo de concentración es más prolongado.

Los valores de caudales máximos obtenidos son comparables a los reportados en estudios similares de cuencas andinas, donde la variabilidad de la precipitación y la respuesta hidrológica de la cuenca son factores críticos (McCuen, 2017). La metodología y los resultados son consistentes con los principios descritos por Chow et al. (1988) en su tratado sobre hidrología aplicada, en donde se enfatiza la importancia de ajustar los modelos hidrológicos a las condiciones específicas de cada cuenca para mejorar la precisión de las predicciones de caudales.

Tabla 6

Coeficiente de escorrentía calculado para diferentes periodos de retorno

Periodos de Retorno	Intensidades (mm/h)	Coeficientes de escorrentía	Caudales máximos (m³/s)
20	4.18	0.43	1141.26
50	4.97	0.49	1534.18
100	5.57	0.53	1851.32
500	7.03	0.60	2666.20

Fuente: Elaboración propia

Comparación con el método racional clásico

Para el método racional clásico, no se considera el factor K explicado anteriormente, con esos ajustes, los caudales máximos resultan un 30% menores que los

calculados con el método de Temez. Esto se debe a que el factor K del método de Temez aumenta el caudal para reflejar la variabilidad temporal de la precipitación, mientras que el método racional clásico no tiene este ajuste. El método de Temez tiende a sobreestimar los caudales máximos, especialmente en cuencas de gran tamaño o con alta variabilidad en la precipitación. Esto se debe a que el factor K asume que las precipitaciones son más intensas y uniformes de lo que realmente pueden ser.

Es importante considerar ambas metodologías al diseñar infraestructuras hidráulicas. El método racional clásico proporciona estimaciones más conservadoras, mientras que el método de Temez ofrece una perspectiva más amplia pero potencialmente sobreestimada. En el diseño de obras, se deben considerar factores de seguridad para compensar estas diferencias y asegurar la resiliencia de las estructuras ante eventos extremos.

CONCLUSIONES

1. La caracterización morfométrica de la microcuenca, con un área de 1630 km² y un perímetro de 222.37 km, destaca una configuración física significativa que influye directamente en el comportamiento hidrológico. La forma irregular, indicada por un coeficiente de Compacidad de 1.54, junto con una altitud media de 3727.47 msnm, sitúa a la cuenca en una región altoandina susceptible a variaciones en el régimen de precipitaciones. La pendiente de la cuenca, de 18.04%, sugiere un incremento en la velocidad de escorrentía y potencial erosivo, mientras que el factor de forma de 0.31 y un Índice de alargamiento de 0.62 señalan una respuesta menos inmediata a las precipitaciones, lo cual es vital para la planificación del manejo del agua.
2. La utilización de la distribución LogNormal para modelar las precipitaciones máximas, demostrada con un 97.48% de precisión en la prueba de Kolmogorov-Smirnov, facilita la estimación de las precipitaciones máximas para periodos de retorno de 20, 50, 100 y 500 años, con valores respectivos de 39.35 mm, 46.74 mm, 52.42 mm y 66.11 mm en 24 horas. Estas cifras, traducidas en intensidades de 4.18 mm/h a 7.03 mm/h, proveen una base crucial para el dimensionamiento y diseño de infraestructuras capaces de soportar eventos pluviales extremos.
3. Los coeficientes de escorrentía obtenidos, que varían de 0.43 a 0.60 para los periodos de retorno analizados, revelan diferencias en la generación de escorrentía en respuesta a precipitaciones de distinta magnitud. Esta información es clave para el diseño eficaz de sistemas de drenaje y control de inundaciones, permitiendo implementar estrategias adecuadas para la gestión de las aguas superficiales y la mitigación de riesgos asociados a las precipitaciones intensas.
4. A pesar de que el método racional de Temez tiende a sobreestimar los caudales máximos, las estimaciones de 1141.26 m³/s, 1534.18 m³/s, 1851.32 m³/s y 2666.20

m³/s para los periodos de retorno de 20, 50, 100 y 500 años, respectivamente, se consideran confiables para el diseño de obras de defensa. Esta tendencia a la sobreestimación es preferible en el contexto de infraestructuras críticas, donde el margen de seguridad es fundamental para evitar el fallo estructural ante eventos extremos no anticipados, asegurando así la protección de las comunidades y los ecosistemas vulnerables en la cuenca. La integración de estos análisis morfométricos y hidrológicos proporciona una comprensión detallada de la dinámica de la cuenca, indispensable para el manejo sostenible y la planificación de infraestructuras resilientes al cambio climático y la variabilidad hidrológica.

RECOMENDACIONES

1. Dada la pendiente significativa de la cuenca y el potencial de erosión, es esencial adoptar prácticas de conservación del suelo, como terrazas y barreras vivas, para reducir la velocidad de escorrentía y fomentar la infiltración de agua. Esto no solo minimizará la erosión, sino que también mejorará la recarga de acuíferos y reducirá la sedimentación en cuerpos de agua.
2. Se recomienda un enfoque integrado para la gestión de los recursos hídricos que considere la variabilidad y cambio climático. Esto implica la implementación de sistemas de captación y almacenamiento de agua de lluvia, así mismo, realizar diseños de infraestructuras hidráulicas capaces de soportar eventos pluviales extremos bajo los datos obtenidos.
3. Es crucial establecer un sistema de monitoreo continuo que actualice los datos hidrológicos y geomorfológicos de la cuenca. Esto permitirá ajustar los modelos predictivos y las estrategias de manejo en respuesta a cambios en los patrones de precipitación y uso del suelo, asegurando una gestión adaptativa y proactiva de los recursos hídricos.
4. Considerando la tendencia del método racional de Temez a sobreestimar los caudales máximos, el diseño de obras de defensa, como presas y sistemas de drenaje, debe incluir un margen de seguridad adecuado. Esto asegurará que la infraestructura pueda manejar eventos de precipitación más extremos de lo previsto, contribuyendo a la protección de áreas agrícolas y comunidades locales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Atoche Balladares, M. G., & Alemán Marchán, W. J. (2019). *Estimación de caudales máximos en Cuencas secas y aplicación en diseños obras de defensas ribereñas: caso Quebrada Angostura, Tumbes, 2019*. [Tesis]. Universidad Nacional de Tumbes.
- Saldaña Vitón, L. F. (2022). *Generación de caudales máximos a través del método témez en cuencas sin información pluviométrica de 24 horas, subcuenca del río Chetillano, Chota, 2021*. [Tesis]. Universidad Nacional de Chota.
- Ponce Barnett, T. N. (2011). *Aplicación de tres Modelos Precipitación Escorrentia para estimar el caudal máximo de diseño en la Cuenca de la Quebrada Carrizal. Distrito Llama • Provincia de Chota • Departamento Cajamarca* [Tesis]. Universidad Nacional de Trujillo.
- Alonso Diestra, A. (2021). *Determinación de caudales máximos del río Pomabamba para identificar las zonas de inundación en el distrito de Pomabamba, Ancash - 2021* [Tesis]. Universidad Cesar Vallejo.
- Balladares Mena, J. L. (2022). *Estimación de caudales máximos para la subcuenca Angostura mediante la data Grillada Pisco – Tumbes 2022* [Tesis]. Universidad Nacional de Tumbes.
- Chow, V. Te, Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). *Applied Hidrology* (1st ed.). McGraw-Hill Science/Engineering/Math.
- Smith, K. (2013). Environmental hazards: Assessing risk and reducing disaster. In *Environmental Hazards: Assessing Risk and Reducing Disaster*. Taylor and Francis. <https://doi.org/10.4324/9780203805305>
- McCuen, R. (2017). *Hydrologic Analysis and Design* (4th ed.). Pearson. <https://www.pearson.com/store/p/hydrologic-analysis-and-design/P200000003189/9780134313122>
- Coles, S. (2001). *An Introduction to Statistical Modeling of Extreme Values*. Springer London. <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-3675-0>
- Kottegoda, N. y Rosso, R. (1997). *Statistics, Probability and Reliability for Civil and Environmental Engineers*. The McGraw – Hill Companies, Inc. United States of America.
- González, J., Pérez, L., & Torres, M. (2021). Aplicación del Método Racional de Temez en Microcuencas de Clima Mediterráneo. *Revista de Hidrología y Recursos Hídricos*, 34(2), 123-135.

- Martínez, R., & Rodríguez, P. (2022). Evaluación de Caudales Máximos en Microcuencas Urbanas Mediante el Método Racional de Temez. *Journal of Urban Hydrology*, 28(1), 87-101.
- Aybar, C., Fernández, C., Huerta, A., Lavado, W., Vega, F., & Felipe-Obando, O. (2020). Construction of a high-resolution gridded rainfall dataset for Peru from 1981 to the present day. *Hydrological Sciences Journal*, 65(5), 770–785. <https://doi.org/10.1080/02626667.2019.1649411>
- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). Applied Hydrology. In *Applied Hydrology*. McGraw-Hill.
- Portuguez, M., & Verano, C. (2016). Generación de mapa de número de curva con sistema de información geográfica. *Apuntes de Ciencia & Sociedad*, 06(01), 91–99. <https://doi.org/10.18259/acs.2016029>
- Autoridad Nacional del Agua. (2016). *Generación del mapa temática de Número de Curva (CN)*. ANA. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/99>
- Horton, R. (1932) Drainage Basin Characteristics. *Transactions of the American Geophysical Union*, 13, 360-361. <https://doi.org/10.1029/TR013i001p00350>

ANEXOS

Anexo 1. Datos de entrada

Datos morfológicos

Parámetros morfológicos	Unidad	Valor
Área	km ²	1630
longitud	km	73.02
Pendiente	%	18.04

Datos hidrológicos

Periodos de Retorno	Precipitaciones máximas (mm)	Intensidades (mm/h)	Umbral de escorrentía (mm)	Coefficientes de escorrentía
20	39.35	4.18	14.94	0.43
50	46.74	4.97	9.52	0.49
100	52.42	5.57	6.82	0.53
500	66.11	7.03	1.28	0.6

Datos de precipitación en la Cuenca Mirmaca obtenidos del producto PISCO de SENAMHI

1º Extracción de datos mediante el producto PISCO de SENAMHI

El link para la extracción de datos de PISCO SENAMHI, es el siguiente:

<https://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.SENAMHI/.HSR/.PISCO/>

Biblioteca de Datos
SENAMHI HSR PISCO

Descripción Modo Experto

SOURCES SENAMHI HSR PISCO

SENAMHI HSR PISCO

SENAMHI HSR PISCO: Peruvian Interpolated data.

Documentos

[overview](#) an outline showing sub-datasets of this dataset

Bases de Datos y Variables

[PET](#) Potential Evapotranspiration.
[Prec](#) Precipitation.
[Streamflow](#) Streamflow.
[Temp](#) Temperature.

Última Actualización: Thu, 23 Jul 2020 17:30:54 GMT

Biblioteca de Datos
SENAMHI HSR PISCO Prec v2p1 stable daily Prec

Descripción Documentación Visualización Filtros de Datos Selección de Datos Archivos de Datos Tablas de Datos

SOURCES SENAMHI HSR PISCO Prec v2p1 stable daily Prec

SENAMHI HSR PISCO Prec v2p1 stable daily Prec: Precipitation data

v2p1 stable daily Precipitation from SENAMHI HSR PISCO Prec: Precipitation.

Variables Independientes (Grillas)

Time (time)
 grid: /T (days since 1960-01-01) ordered (1 Jan 1981) to (31 Dec 2016) by 1.0 N= 13149 pts :grid
 Longitude (longitude)
 grid: /X (degree_east) ordered (81.25W) to (68.05W) by 0.09999998 N= 133 pts :grid
 Latitude (latitude)
 grid: /Y (degree_north) ordered (0.95N) to (18.75S) by 0.1 N= 198 pts :grid

Otra Info

CE
 null
 colorscale
 precip_colors
 CS



Biblioteca de Datos
SENAMHI HSR PISCO Prec

Descripción Documentación Modo Experto

SOURCES SENAMHI HSR PISCO Prec

SENAMHI HSR PISCO Prec

SENAMHI HSR PISCO Prec: Precipitation.

Documentos

[overview](#) an outline showing sub-datasets of this dataset
[dataset documentation](#)
[Readme](#)

Bases de Datos y Variables

[v1p0_Q](#) SENAMHI HSR PISCO Prec v1p0_Q[daily]
[v2p1](#) SENAMHI HSR PISCO Prec v2p1[unstable stable]

Última Actualización: Wed, 27 Mar 2019 18:43:59 GMT

Compartir Contáctenos

Biblioteca de Datos
SENAMHI HSR PISCO Prec v2p1 stable daily

Descripción Documentación Visualización Selección de Datos Archivos de Datos Tablas de Datos

SOURCES SENAMHI HSR PISCO Prec v2p1 stable daily

SENAMHI HSR PISCO Prec v2p1 stable daily

v2p1 stable daily from SENAMHI HSR PISCO Prec: Precipitation.

Documentos

[outline](#) an outline showing all sub-datasets and variables contained in this dataset

Bases de Datos y Variables

[precipitation](#) SENAMHI HSR PISCO Prec v2p1 stable daily Prec X Y | T

Variables Independientes (Grillas)

Time (time)
 grid: /T (days since 1960-01-01) ordered (1 Jan 1981) to (31 Dec 2016) by 1.0
 Longitude (longitude) grid: /X (degree_east) ordered (81.25W) to (68.05W) by 0.09999998 N= 133 pt
 Latitude (latitude) grid: /Y (degree_north) ordered (0.95N) to (18.75S) by 0.1 N= 198 pts :grid

Última Actualización: Mon, 20 May 2019 14:11:30 GMT



Biblioteca de Datos
SENAMHI HSR PISCO Prec v2p1

Descripción Documentación Modo Experto

FUENTES SENAMHI tren de alta velocidad PISCO Prec v2p1

SENAMHI HSR PISCO Prec v2p1

v2p1 de SENAMHI HSR PISCO Prec: Precipitación.

Documentos

[descripción general](#) un esquema que muestra subconjuntos de datos de este conjunto de datos

Bases de datos y variables

[estable](#) SENAMHI HSR PISCO Prec v2p1 estable [diario mensual]
[inestable](#) SENAMHI HSR PISCO Prec v2p1 inestable [mensual]

Última actualización: jueves, 21 de marzo de 2019 14:41:37 GMT

Compartir Contáctenos

Biblioteca de Datos
SENAMHI HSR PISCO Prec v2p1 stable

Descripción Documentación Modo Experto

SOURCES SENAMHI HSR PISCO Prec v2p1 stable

SENAMHI HSR PISCO Prec v2p1 stable

v2p1 stable from SENAMHI HSR PISCO Prec: Precipitation.

Documentos

[overview](#) an outline showing sub-datasets of this dataset

Bases de Datos y Variables

[daily](#) SENAMHI HSR PISCO Prec v2p1 stable daily[Prec]
[monthly](#) SENAMHI HSR PISCO Prec v2p1 stable monthly[Prec]

Última Actualización: Thu, 21 Mar 2019 14:41:37 GMT

Compartir Contáctenos

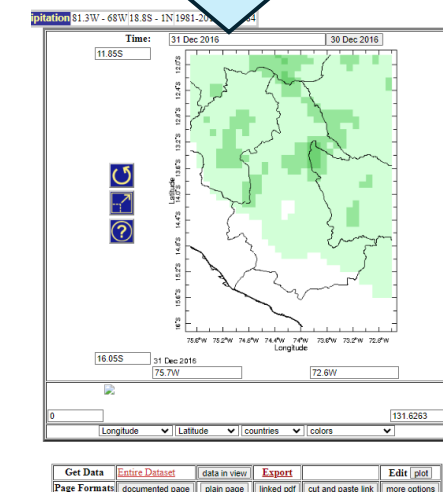
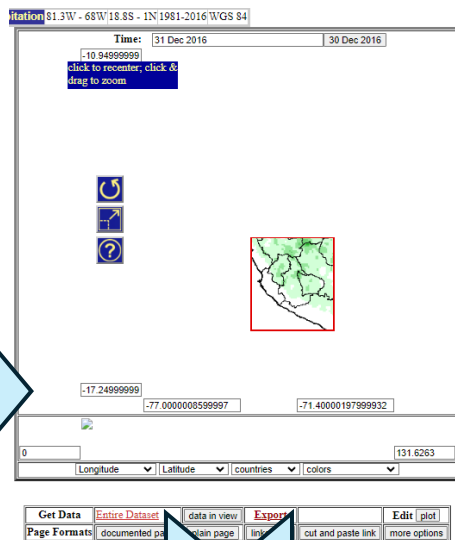
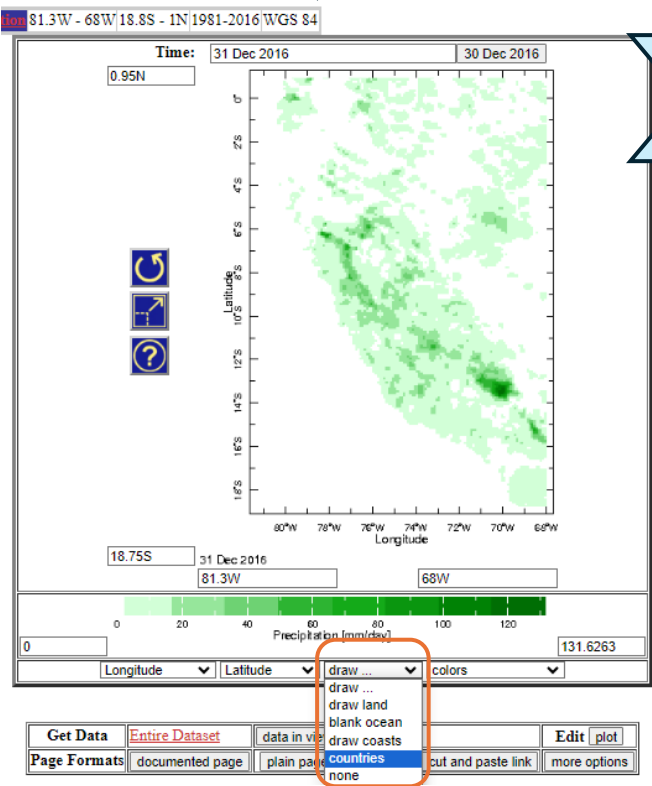


Biblioteca de Datos
SENAMHI HSR PISCO Prec v2p1 stable daily Prec

Descripción Documentación **Visualización** Filtros de Datos Selección de Datos Archivos de Datos Tabla

Data Views

Views data as colors data as contours colors with land contours with land colors with coasts



Biblioteca de Datos
SENAMHI HSR PISCO Prec v2p1 estable diaria Prec

Descripción Documentación Visualización Filtros de Datos Selección de datos Archivos de datos Tabla de datos Modo Export

Archivos de datos de predicción diaria estable de SENAMHI HSR PISCO Prec v2p1

Este conjunto de datos contiene bytes (1.385033E09 1.289405E0) de datos, lo que debería darle una idea aproximada del tamaño de cualquier archivo que solicite.

Descargar datos a un software específico

logit	El software basado en Postscript sobre el cual se construye la biblioteca de datos.
CPT	Herramienta de previsibilidad climática Ver descripción
hurd	Software interactivo de visualización y análisis por ordenador Ver descripción
Gridmap	Sistema de análisis y visualización de cuadrículas Ver descripción
Matlab	Software de análisis y visualización de datos Ver descripción
NCL	Lenguaje de comandos NCAR Ver descripción
Visualización de imágenes	Paquete de software de dominio público para la visualización y el análisis de imágenes satelitales, mapas y bases de datos asociadas, con énfasis en la alerta temprana para la seguridad alimentaria Ver descripción

Otros formatos de archivos disponibles

Formatos de información completa

Estos archivos contienen todos los metadatos disponibles.

APERTURA	Un sistema que descarga datos directamente a un software, como Matlab, Ferret, GrADS, etc. Las instrucciones específicas están disponibles en la tabla anterior. Nota: OPeNDAP se conoce anteriormente como DODS (Sistema de datos oceanográficos distribuidos) Ver descripción
netCDF	Formato de datos comunes de red (Un formato de datos auto-descriptivos que se admite comúnmente) Ver descripción

Formatos de información parcial

Estos archivos contienen solo algunos de los metadatos disponibles.

Una tabla con columnas separadas de números para cada variable independiente (es decir, cuadrículas) y para los datos. Este es un formato eficiente, por lo que habría obtenido **netCDF** archivo para un conjunto de datos de este tamaño. Este archivo tendrá aproximadamente 134524860 bytes, con 4 columnas de 34625766 números.

Data Library
SENAMHI HSR PISCO Prec v2p1 stable daily Prec

Description Documentation Views Data Filters Data Selection Data Files Data Tables Expert Mode

Data Selection

You can interactively pick out the data you would like with the [Data Viewer](#).

You can reduce the amount of data by restricting the range of the grids.

The current settings for the grids are

- grid: /X (degree_east) ordered (81.25W) to (68.05W) by 0.09999999 N= 133 pts :grid
- grid: /Y (degree_north) ordered (0.95N) to (18.75S) by 0.1 N= 198 pts :grid
- grid: /T (days since 1960-01-01) ordered (1 Jan 1981) to (31 Dec 2016) by 1.0 N= 13149 pts :grid

is what you want, choose **Stop Selecting**

Setting Ranges

If you want to restrict the range along a grid, choose here.

name	range
X Longitude	81.25W to 68.05W
Y Latitude	0.95N to 18.75S
T Time	1 Jan 1981 to 31 Dec 2016

Restrict Ranges

Hints

Año/ Mes	Días																															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
1981																																
E	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	1.2	4.9	1.0	0.0	0.0	1.8	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	0.0	0.1	1.1	0.0	4.1	1.3	1.1	0.0	0.5	4.0	0.5	
F	7.5	1.8	3.2	4.6	5.2	8.4	0.0	12.2	6.1	1.4	0.0	0.8	2.3	6.0	17.7	9.3	13.9	10.1	8.8	11.6	8.9	11.7	21.2	18.6	5.1	0.2	0.0	2.9				
M	2.7	0.3	0.1	0.0	0.5	0.9	0.0	0.9	1.3	0.3	4.5	1.4	0.0	0.7	1.5	0.0	0.0	0.9	1.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	
A	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.4	0.3	0.1	0.3	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
M	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
J	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
J	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
A	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	1.2	1.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.0	
S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0		
O	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
N	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.3	0.5	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	0.0	0.1	0.1	0.2	0.3	1.1	2.1	0.2	0.1	0.0		
D	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.4	0.0	0.2	0.8	0.3	0.0	0.0	0.4	1.0	0.8	0.3	0.3	0.5	0.0	0.0	0.0	0.5	0.6	0.3	4.3	2.3	2.0	1.9	0.6	0.0	
1982																																
E	0.0	1.4	2.2	1.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.1	0.2	0.0	1.0	4.7	0.3	4.8	2.1	3.4	1.5	4.2	6.2	2.2		
F	3.5	2.0	2.4	3.1	0.4	1.1	1.9	0.1	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.4	4.7	2.3	5.1	8.8	6.7	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0					
M	0.3	0.6	0.2	0.4	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	2.6	0.3	0.0	0.9	4.0	3.2	3.3	0.5	3.0	3.9	4.5	3.2	0.9	1.3	0.8	0.0	0.2	0.6	1.4	
A	0.8	1.4	3.1	1.8	7.4	0.4	0.4	0.5	5.3	0.7	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.0	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1		
M	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
J	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
J	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
A	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
S	0.0	0.5	0.6	0.7	0.2	0.3	1.9	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.6	0.4	0.9	1.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.6		
O	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.1	0.3	0.1	0.0	0.2	0.4	0.5	0.4	0.4	0.1	0.1	0.2	0.5	1.0	5.2	4.1	0.9	0.4	1.9	4.1	
N	5.2	0.2	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.0	0.1	0.1	0.1	0.5	0.4	0.6	0.4	0.5	0.1	0.3	0.2	0.1	0.2	1.5	1.4	0.2	0.1	0.0	0.2	0.5	0.6		
D	1.7	1.6	1.2	0.5	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
1983																																
E	0.0	0.0	0.0	0.2	1.2	8.8	5.4	4.0	0.1	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	0.1	4.9	0.4	1.6	0.0	2.0	3.6	0.0	0.1	1.1	0.0	0.3	0.0	0.0	10.3	
F	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.4	1.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.1	3.1	1.8	1.7	0.7	0.9	1.0				
M	0.0	0.0	0.0	0.3	1.0	1.5	0.5	2.8	1.1	0.0	0.8	0.0	4.7	14.6	2.4	5.2	0.0	0.2	0.0	0.1	2.7	1.3	1.2	0.0	0.5	0.0	3.8	0.1	0.1	0.5	0.9	
A	0.9	1.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.2	0.2	0.3	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
M	0.1	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
J	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0		
J	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
A	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	
S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1		
O	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
N	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0		
D	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.2	0.0	0.8	5.0	0.9	0.2	0.0	0.1	0.0	0.4	0.7	2.2	1.9	4.5	0.6	0.0	0.7	0.0	0.4		
1984																																
E	0.1	7.8	3.6	0.0	6.5	0.0	0.0	0.7	4.9	1.1	4.7	8.0	0.0	0.0	2.5	1.6	0.0	0.9	1.7	0.0	1.5	3.0	10.6	11.2	8.8	7.5	2.3	2.7	2.5	5.9	1.2	

F	4.6	0.1	0.3	0.2	2.7	5.4	10.8	4.4	14.6	0.2	2.5	2.3	2.3	2.3	8.2	18.4	39.8	16.6	14.7	6.1	6.5	1.5	2.3	1.7	4.8	0.0	2.9	7.1	0.1		
M	0.3	3.8	5.5	4.1	2.3	6.1	20.1	5.0	6.2	14.6	1.9	2.0	3.6	3.9	2.6	1.9	3.7	1.5	1.6	7.9	4.7	0.0	0.0	0.2	0.1	0.2	0.0	1.8	0.2	0.0	0.0
A	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
M	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
J	0.1	0.0	0.0	0.0	0.7	0.9	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	1.2	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
J	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
A	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.2	0.0	0.1	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
O	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.4	0.6	1.7	2.4	0.3	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.4	0.2	0.0	0.1	0.1	0.0	0.2	0.6	0.4	0.0	0.2	0.6	0.6
N	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0.0	0.7	0.7	3.8	2.7	5.8	3.6	2.1	1.2	0.6	
D	0.1	0.6	0.5	0.7	1.5	1.2	0.5	0.2	0.7	1.3	0.1	1.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.6	0.8	0.7	0.4	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.5	1.9
1985																															
E	0.1	0.0	0.9	0.4	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.6	0.0	0.6	0.2	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.6	0.7	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
F	1.2	0.0	0.0	0.0	2.0	2.2	5.8	6.5	6.1	8.3	7.5	1.7	2.5	2.8	3.3	6.3	6.7	4.9	5.1	2.3	10.7	17.3	13.2	1.2	3.3	4.4	4.7	5.0			
M	1.7	0.8	0.2	1.3	1.4	0.4	3.5	0.2	0.2	1.0	0.5	0.5	1.3	0.0	0.7	2.0	1.2	1.3	1.4	0.8	0.2	1.0	0.1	0.2	1.5	1.0	1.2	0.9	3.0	0.3	1.4
A	2.0	1.3	1.8	1.6	2.2	0.9	1.7	2.3	0.3	0.7	0.2	1.2	0.9	1.0	0.6	0.4	0.0	0.2	0.8	1.0	0.8	1.4	5.9	1.8	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	
M	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
J	0.1	0.1	0.1	0.1	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
J	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
A	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
O	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
N	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.2	0.3	0.2	0.2	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.0
D	0.0	0.4	3.0	1.3	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.2	1.6	0.8	1.3	1.6	1.1	1.9	2.4	2.7	2.2	0.1	0.1	0.1	1.7	0.6
1986																															
E	10.7	7.3	2.4	0.0	3.7	1.4	4.4	12.0	2.7	8.2	1.5	2.5	0.6	3.2	6.2	0.0	0.0	3.2	2.4	6.2	8.7	4.3	6.5	7.7	1.8	6.7	4.6	1.1	4.8	2.5	1.2
F	1.6	14.9	0.5	6.9	6.6	0.4	0.2	0.5	0.6	0.4	0.0	3.4	1.6	5.8	4.4	1.0	1.1	0.6	0.7	1.5	1.2	3.1	9.1	4.0	4.3	3.9	0.4	0.0			
M	0.7	0.7	0.7	0.1	0.8	2.3	0.8	0.4	1.3	0.9	0.7	0.8	1.6	0.3	1.0	0.1	0.5	0.0	0.6	3.1	1.3	0.8	1.0	1.4	1.4	1.3	0.8	0.7	1.1	1.3	0.9
A	0.1	0.1	0.3	0.0	0.4	0.3	0.1	0.5	0.5	0.8	0.5	0.2	0.4	0.0	0.1	0.1	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.5	
M	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
J	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
J	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
A	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	1.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
O	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
N	0.0	0.0	0.2	0.0	0.1	0.8	2.2	0.4	0.1	0.4	0.2	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.3	0.4	0.0	0.1	0.0	0.0	1.2	1.1	0.0	0.0	0.0	
D	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.4	0.5	0.3	0.8	2.4	1.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.2	1.7	8.4	7.6	2.8	1.7	1.1	11.0	4.0	11.9	5.9	4.8	3.5	
1987																															
E	8.2	6.6	7.4	3.7	4.4	2.6	1.8	0.0	0.0	5.6	0.0	0.0	0.0	0.3	3.9	0.8	5.9	2.4	5.2	19.6	5.0	1.3	3.4	0.0	0.2	0.0	4.1	10.3	9.1	2.4	2.3
F	0.0	1.3	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	2.4	6.0	2.9	3.4	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	1.4	0.0	0.6	0.6	0.0	0.0	1.1	3.0	1.9			
M	8.2	1.4	0.0	0.0	0.0	0.4	5.4	1.0	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.5	0.0	1.4	0.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
A	0.1	0.2	0.1	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	2.7	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.1	0.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
M	0.9	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

J	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	
J	0.3	0.9	0.6	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
A	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	
O	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.1	0.7	0.0	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.0	0.8	1.9	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.0
N	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.4	0.2	1.3	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0		
D	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1988																																
E	0.1	0.1	0.3	1.0	0.7	0.7	1.0	0.3	1.7	6.4	0.5	0.1	0.2	1.7	1.5	9.6	16.0	0.3	2.6	4.7	0.9	4.5	9.6	1.3	0.7	5.2	13.4	9.6	14.6	13.2	5.5	
F	2.4	5.8	7.3	6.9	11.6	5.2	1.5	0.3	0.8	0.8	8.1	20.6	1.9	5.1	1.0	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	0.2	0.1	0.0	0.1	0.1	0.2	0.0	0.0			
M	0.3	0.4	1.5	0.2	0.0	4.1	9.0	3.2	0.8	4.6	2.2	0.6	4.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.3	0.0	0.1	0.1	0.3	0.7	0.9	0.2	0.8	0.1	2.9	0.0	
A	0.5	1.6	1.0	3.4	3.0	1.6	0.2	0.2	0.8	0.8	1.1	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.3	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.8	0.3	1.3	0.1	0.1	
M	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.6	0.3	0.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
J	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
J	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
A	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
O	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.2	0.3	0.2	1.5	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1
N	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	
D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.5	1.3	0.2	0.3	0.3	1.5	0.6	1.1	1.8	0.0	0.2	0.5	0.8	1.6	0.9	0.7	1.2	
1989																																
E	0.7	0.7	0.6	1.8	4.4	0.5	1.0	1.2	0.9	2.0	0.5	2.3	2.7	2.4	2.3	7.0	5.1	2.9	5.0	14.9	6.4	4.4	4.0	1.0	0.6	3.6	4.3	1.1	2.4	4.8	3.1	
F	5.5	3.2	2.1	3.7	4.8	4.0	3.7	2.0	4.3	6.4	12.0	5.1	7.4	5.1	1.2	2.9	2.5	2.6	3.5	3.0	2.0	0.7	0.5	2.1	3.9	1.0	2.2	3.7				
M	3.6	3.8	4.3	3.3	0.7	0.5	0.4	3.9	3.1	3.6	0.9	3.7	2.8	5.3	9.3	1.1	2.9	1.0	1.4	0.6	0.5	3.2	3.2	1.5	1.5	1.1	0.4	2.4	1.3	1.2	2.1	
A	1.3	1.4	1.5	0.7	1.0	2.1	1.0	0.3	0.9	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.2	0.0	0.1	0.0	1.1	0.2	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	
M	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
J	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
J	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
A	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
O	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.0	0.2	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.2	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	0.4	0.4	0.6	1.5	
N	0.4	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	
D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1990																																
E	0.0	0.0	2.6	0.4	0.5	1.3	2.4	2.5	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.3	0.0	1.9	2.7	3.4	6.1	1.6	0.0	0.0	0.2	2.6	0.1	0.3	0.0	0.9	0.0	
F	0.0	0.0	0.6	0.5	0.0	2.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.5	4.1	4.5	0.8	0.6	0.4	3.9	0.0	0.0	0.0	1.2	0.4	0.0	2.3				
M	0.9	0.5	3.2	5.1	4.9	5.6	6.1	7.6	2.0	1.2	1.6	4.5	3.7	7.8	1.7	2.9	1.1	0.5	0.4	0.0	0.0	0.3	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
A	0.1	0.1	0.9	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
M	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
J	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.1	0.7	0.6	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
J	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
A	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0

O	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.4	0.2	0.1	0.0	0.1	0.0	
N	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.2	0.3	0.5	0.4	0.1	0.5	0.5	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.2	0.2	0.1	1.3	1.5	2.0	0.1		
D	1.3	0.1	0.9	0.3	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.4	0.4	0.4	0.1	0.2	0.2	0.5	0.4	1.2	0.6	4.5	4.3	5.6	10.4	20.6	16.7	13.3	15.6	11.2	10.6	5.2	
1991																																
E	3.3	2.7	0.4	0.1	1.0	1.6	0.8	0.7	2.4	0.8	0.4	1.8	0.0	0.0	0.1	3.9	2.5	3.2	4.5	7.2	4.9	6.1	4.2	6.4	5.5	10.2	6.7	5.8	2.5	5.6	0.2	
F	0.0	0.2	0.5	2.8	2.9	0.0	0.8	0.0	0.0	0.6	0.8	0.1	0.9	1.4	1.1	2.7	0.0	2.7	0.0	0.1	0.9	1.3	6.0	1.3	5.2	0.0	0.5	1.4				
M	0.0	0.0	3.8	0.5	20.6	21.3	18.2	7.9	36.8	28.4	15.3	20.7	6.6	16.6	2.7	0.5	0.0	1.7	3.4	0.0	1.3	0.7	5.5	0.0	0.0	0.3	2.1	0.2	0.2	0.6	0.0	
A	0.4	0.3	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.4	0.0	0.2	0.3	0.7	0.5	0.1	0.2	0.1	0.2	0.0		
M	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
J	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
J	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
A	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
O	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.7	0.4	0.1	0.0	
N	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.0	0.1	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	
1992																																
E	0.3	0.0	0.3	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.6	0.5	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.8	0.1	0.0	0.1	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	
F	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.1	0.3	0.0	0.9	1.4	0.2	0.9	1.7	0.7			
M	1.8	1.1	0.0	1.6	1.0	0.5	0.8	0.0	0.2	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.6	2.9	1.2	0.0	0.2	0.0	0.4	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	
A	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	
M	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
J	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
J	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
A	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0	
O	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	0.7	1.9	0.2	0.1	0.0	0.4	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
N	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.2	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.4	0.2	0.3	1.0	0.3	1.8	0.5	0.2	0.3	0.0	0.0	
1993																																
E	0.2	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.2	0.0	0.3	1.7	0.1	0.5	0.0	1.4	0.2	0.1	2.2	7.6	15.0	9.3	6.1	2.6	3.7	6.3	4.5	9.1	4.4	6.7	6.7	7.6	7.3	
F	3.2	0.5	1.5	0.3	0.0	0.8	0.8	0.0	0.0	0.1	4.5	2.9	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.5	0.1	0.7	1.3	4.2	1.2	3.1	1.5	0.4	2.3	1.4				
M	7.9	0.6	9.0	1.8	3.2	9.0	3.0	11.4	7.2	6.5	3.0	8.2	2.7	3.7	2.2	3.2	0.2	1.4	2.3	4.1	2.0	0.0	2.4	0.7	0.2	0.1	0.4	0.4	0.3	0.0	0.0	
A	1.8	0.2	0.1	0.6	0.5	0.3	0.4	0.0	0.3	0.3	0.0	0.3	0.5	0.2	0.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.2	0.2	0.8	0.4	0.6	0.3	0.4	1.0	0.6		
M	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
J	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
J	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
A	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
O	0.1	0.4	0.0	0.1	0.2	0.4	0.4	0.5	0.3	0.3	0.2	0.0	0.0	0.1	0.0	1.0	0.6	0.5	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.6	0.7	0.0	0.0	
N	0.1	0.3	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.7	1.1	0.3	0.2	0.0	0.1	0.0	0.2	0.6	1.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2	0.1	0.3	0.1		
D	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.2	1.0	0.4	0.2	1.1	0.9	0.0	0.9	1.1	0.3	0.1	0.0	0.0	0.2	1.7	1.2	0.1	0.0	0.1	0.2	0.2	0.0	0.1	0.3	0.2	0.1	
1994																																

E	0.5	0.3	0.3	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.5	0.6	0.4	0.8	0.3	0.1	0.5	1.0	0.5	1.7	1.0	1.2	0.3	2.2	0.8	0.1	1.5	0.7	1.2	0.3	0.9
F	4.4	12.0	11.9	4.0	9.2	6.7	8.6	1.1	22.9	20.3	6.5	1.0	9.6	15.9	12.4	29.7	8.1	16.1	4.6	14.1	0.7	0.6	0.0	0.0	1.7	1.3	0.9	1.9			
M	8.1	6.1	3.5	0.3	1.6	3.2	1.8	0.4	1.1	2.4	3.6	1.5	4.3	1.3	2.4	1.6	1.6	0.0	0.3	0.0	0.2	3.3	0.1	0.9	4.8	7.2	0.3	10.6	0.4	0.0	0.0
A	1.2	1.6	0.4	0.0	0.0	0.1	0.1	1.2	0.7	0.6	0.0	0.2	0.0	0.1	2.0	0.3	0.0	0.1	0.2	0.3	0.0	0.2	0.0	0.4	0.0	0.9	0.1	0.1	0.1	0.1	
M	0.1	0.1	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
J	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
J	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
A	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
O	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0
N	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	1.0
1995																															
E	15.8	9.3	5.7	0.0	0.7	0.0	0.0	0.2	1.0	1.3	0.2	0.0	0.0	0.0	2.4	4.0	4.2	3.1	4.3	3.1	4.5	3.6	8.0	18.8	5.1	34.9	1.4	5.2	1.9	2.2	0.0
F	0.0	0.0	1.3	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0			
M	0.7	0.4	1.4	1.5	2.4	9.2	30.2	18.8	1.3	0.4	7.0	19.8	30.3	22.1	8.8	11.1	0.0	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	2.3	0.0
A	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.4	0.1	0.0	0.0	0.1	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
M	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
J	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
J	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
A	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.1	0.2	0.5	0.1	0.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
O	0.0	0.3	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.3	0.0	0.6	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.1
N	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.5	3.6	1.4	4.3	3.4	1.8	1.5	4.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	
D	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.2	0.0	0.1	2.9	2.8	3.2	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0
1996																															
E	0.8	0.9	2.4	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	5.7	1.1	5.5	0.7	3.6	2.3	2.1	0.1	0.9	0.6	4.0	0.6	0.0	5.0	2.2	1.1	0.8	0.0	0.1	0.4	2.0	0.9
F	0.5	1.1	0.0	0.2	0.0	1.3	1.1	1.6	5.3	2.6	2.3	14.0	3.3	4.8	7.6	7.3	1.5	4.8	3.0	27.5	0.6	0.7	3.7	3.3	4.4	6.1	2.6	5.1	2.6		
M	8.1	3.7	27.2	1.5	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	4.5	0.0	2.1	0.0	0.0	0.2	0.3	2.5	3.9	11.3	5.1	1.9	22.0	0.1	0.4	1.6	0.8	1.3
A	0.2	0.9	1.3	0.3	0.7	0.5	0.2	1.9	0.8	1.8	0.8	4.3	6.4	1.2	0.0	0.0	2.6	0.1	0.2	0.7	0.8	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.7	0.2	
M	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
J	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
J	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
A	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.0	1.4	0.0	0.0
S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.8	0.9	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
O	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.1
N	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.3	1.4	0.6	0.1	0.3	4.1	1.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1		
D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.3	0.0	0.4	0.7	0.4	1.2	0.5	0.5	0.6	0.0	0.7	1.8	1.3	8.3	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0
1997																															
E	0.0	1.3	2.7	2.1	0.7	1.9	2.0	3.1	1.8	1.5	2.0	3.0	6.8	3.4	6.9	4.0	2.9	0.7	0.2	0.1	0.8	0.4	8.7	3.4	2.9	0.2	0.0	0.0	2.1	0.9	0.3
F	0.0	0.0	0.0	0.1	0.5	1.4	7.2	3.7	1.9	0.2	2.7	1.6	3.4	0.5	0.7	0.2	2.2	0.0	2.1	2.8	0.7	3.1	16.4	14.8	12.4	5.6	3.3	23.7			
M	14.4	16.8	6.9	2.3	4.9	0.8	3.2	2.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	1.6	0.2	1.3
A	0.3	0.2	0.0	0.2	0.1	0.4	1.6	0.2	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

[illegible]

S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.2	0.7	0.1	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	
O	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	10.2	0.4	1.5	1.9	0.3	0.3	0.2	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	1.6	0.7	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
N	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.4	0.5	0.4	0.1	0.1	0.1	0.5	0.1	
D	0.0	0.0	0.0	0.5	0.1	0.1	0.0	1.5	1.1	1.7	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.7	3.0	0.8	1.2	0.5	0.4	0.0	0.0	0.1	1.4	0.4	5.5	4.2
2001																															
E	3.3	2.1	0.2	0.7	2.5	12.6	3.0	0.4	0.3	1.9	1.1	1.3	0.0	2.2	0.8	0.0	0.6	1.3	2.8	4.1	0.1	0.0	0.0	1.8	5.0	2.0	13.3	6.2	2.7	1.6	1.7
F	11.5	8.4	10.9	19.2	4.6	5.8	9.7	16.2	8.3	8.9	5.6	14.9	15.6	9.7	5.5	11.0	1.4	0.5	3.5	2.3	0.7	1.1	4.5	8.2	0.0	0.1	11.9	9.6			
M	16.8	21.0	10.6	8.1	10.4	1.7	0.9	9.0	3.0	6.1	6.2	10.2	7.2	1.8	3.3	14.6	9.3	18.7	19.8	15.6	8.4	2.0	0.1	1.1	2.1	3.0	2.3	0.7	4.7	6.6	2.8
A	4.0	0.9	1.3	1.0	2.7	3.9	6.8	2.0	3.0	2.2	5.0	5.2	3.3	4.4	2.4	0.8	1.5	0.6	1.0	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	2.7	0.2	0.3	0.0	
M	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
J	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
J	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
A	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
S	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
O	0.0	0.3	0.1	0.3	0.9	1.2	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.5
N	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.2	0.5	0.1	0.0	0.0	
D	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0
2002																															
E	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	1.4	1.4	2.8	3.1	4.9	3.9	5.1	7.3	6.6	4.4
F	13.3	13.8	7.8	6.8	29.4	13.8	1.6	5.1	1.5	4.8	5.3	6.0	2.5	0.7	0.0	1.0	0.9	2.8	1.0	1.7	1.5	1.1	6.3	4.5	2.0	4.0	0.0	0.4			
M	4.6	8.3	4.7	16.3	9.9	6.2	4.7	28.6	15.3	5.1	3.2	8.1	22.2	29.5	3.0	1.1	3.9	2.1	0.0	0.5	0.0	0.1	2.0	13.1	4.6	0.0	0.0	3.3	1.7	1.1	1.9
A	2.3	2.6	3.4	3.3	2.9	1.8	4.3	2.2	6.6	8.1	3.7	0.0	0.7	2.5	2.4	0.3	0.3	0.4	0.1	1.7	3.3	3.5	2.0	0.0	0.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	
M	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
J	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
J	0.1	5.3	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	1.6	5.2	0.5	0.1	0.2	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
A	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1
S	0.1	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.5	0.1	0.1	
O	0.0	0.0	0.4	0.1	0.2	0.1	0.1	0.3	0.6	0.2	0.1	0.3	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0
N	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.6	0.1	0.0	0.1	1.4	2.0	1.0	0.7	0.4	0.2	0.9	0.3	0.1	0.0	0.1	
D	0.3	1.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.3	0.0	0.1	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.1	0.9	0.5
2003																															
E	1.5	1.0	0.0	0.0	0.0	0.4	2.0	1.8	2.1	7.0	1.1	0.0	0.8	0.0	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0	1.5	4.1	2.5	0.7	0.0	0.0	3.8	0.7
F	4.4	3.9	1.9	1.1	1.2	0.4	0.0	0.0	1.5	1.4	4.1	10.6	8.5	4.3	0.7	13.5	4.4	0.7	0.0	0.8	4.8	7.1	6.8	3.8	1.9	0.6	4.8	3.4			
M	4.1	1.9	1.6	1.0	0.0	1.0	0.4	0.3	2.0	1.4	4.5	3.1	9.8	0.0	0.4	0.0	0.6	13.6	3.8	1.0	4.3	3.5	7.3	1.6	0.0	4.9	0.6	1.0	3.8	4.6	3.4
A	0.0	0.3	0.6	0.2	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.5	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.9	0.1	0.4	0.6	0.2	0.4	0.1	0.4	0.1	
M	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.5	0.6	1.7	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
J	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
J	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
A	0.0	0.1	1.7	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
O	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.4	0.1	0.0	0.0	0.1	0.3	0.1	0.0
N	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	
D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.4	0.5	0.0	0.1	0.2	0.8	0.1	1.6	0.0	0.1	0.0	0.2	0.0

[illegible]

A	6.8	8.3	3.5	1.3	0.2	0.1	0.0	0.0	0.4	3.4	0.5	0.3	0.3	1.1	0.4	0.5	0.4	0.3	1.1	0.6	0.2	0.0	0.3	1.2	0.2	0.8	0.3	0.0	0.1	0.0	
M	0.1	0.3	0.4	0.2	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
J	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
J	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
A	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
S	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
O	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.4	1.1	0.6	0.0
N	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.1	0.0	0.1	0.8	0.5	1.6	1.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
D	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.0	0.1	0.8	0.7	0.1	4.0	1.3	0.2	0.4	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.5	0.5
2008																															
E	1.0	2.4	0.4	2.8	7.0	5.0	14.1	13.3	5.5	0.6	6.8	2.7	6.6	21.0	14.3	9.1	2.7	5.2	5.3	2.2	0.0	0.8	2.6	4.8	3.5	0.0	0.0	0.0	0.5	4.5	0.1
F	0.3	0.0	0.9	4.5	7.2	1.7	1.7	1.2	0.8	0.0	0.6	1.1	3.3	10.0	3.2	4.3	6.9	8.3	6.4	6.1	3.4	4.5	2.5	3.3	0.9	4.2	1.2	2.7	0.8		
M	0.7	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.7	0.0	0.7	1.4	1.9	8.6	2.6	1.5	4.4	1.3	0.0	0.0	3.2	2.5	4.0	2.8	0.9	2.1	7.5	3.1	1.2	2.5	1.8	1.8	0.2
A	0.0	0.6	0.6	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.4	0.4	0.8	1.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
M	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
J	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
J	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
A	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
O	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0
N	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
D	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	1.0	1.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.2	0.9	0.3	2.6	0.6	0.8	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.3
2009																															
E	5.9	2.5	5.5	0.0	0.2	0.6	0.5	0.9	0.8	0.6	6.1	5.6	7.2	4.2	2.0	0.8	0.0	0.7	1.9	1.4	1.3	0.0	2.6	0.0	0.0	0.3	0.4	4.3	8.4	1.5	3.7
F	5.0	6.9	2.0	4.0	1.9	6.9	5.2	3.9	1.0	1.8	10.0	7.3	1.6	1.4	0.7	0.2	1.2	5.2	0.6	5.4	7.1	4.4	9.4	4.4	8.2	7.0	4.8	3.9			
M	5.2	4.9	10.9	4.3	3.7	4.5	3.2	4.7	2.8	0.9	2.1	0.0	0.3	0.7	8.4	2.2	0.2	3.5	3.1	1.4	8.3	1.4	0.0	0.0	0.3	1.2	0.4	0.6	0.0	0.0	0.0
A	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5	6.3	1.1	7.5	1.5	0.4	0.0	2.0	1.1	1.2	0.6	0.9	0.5	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
M	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
J	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
J	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	3.8	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0
A	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
S	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
O	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.8	0.8	0.5	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
N	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.3	0.0	0.3	0.1	0.2	0.3	0.1	0.5	1.2	0.8	0.3	0.5	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0
D	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.8	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.3	0.9	0.1	0.2	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
2010																															
E	0.0	1.0	0.6	0.7	1.0	5.0	1.5	0.0	1.2	0.8	0.7	4.1	4.7	7.2	3.3	2.7	1.0	1.8	0.0	0.5	1.3	1.7	0.5	2.1	0.7	0.0	1.3	0.6	0.0	0.0	1.2
F	1.4	0.7	0.1	0.2	0.0	0.9	7.1	1.2	1.3	0.5	0.6	2.7	0.9	1.4	0.8	0.0	10.1	3.7	1.9	4.8	0.1	3.0	6.6	4.5	2.4	2.9	2.7	0.7			
M	0.3	0.2	0.6	0.0	0.5	0.7	0.1	0.1	0.9	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.9	0.9	1.6	1.0	2.4	0.9	0.4	0.0	0.4	0.2	1.5	0.6	1.9	0.6	0.0	0.1	0.0
A	0.1	0.6	0.2	0.6	3.4	0.8	0.6	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3	0.0	0.0	1.9	0.5	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	1.3	1.3	
M	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
J	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
J	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

A	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
S	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
O	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.0	1.6	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
N	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0		
D	0.1	0.0	0.1	0.3	0.5	0.4	0.1	0.3	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.5	0.5	0.4	0.4	0.6	0.4	0.3	0.5	0.5	0.0	0.0
2011																																
E	0.0	1.0	0.5	0.6	0.6	0.8	0.8	2.6	1.0	2.5	1.9	1.0	0.0	2.7	0.1	0.1	0.0	0.3	0.0	0.0	1.0	1.9	5.5	8.9	3.6	2.0	4.9	2.8	12.8	4.2	3.7	
F	5.0	10.4	6.5	9.2	3.1	8.7	6.8	13.7	3.7	2.7	3.3	0.8	2.0	7.6	1.8	0.0	3.0	0.9	1.2	2.6	2.4	1.2	1.3	0.0	0.9	3.0	0.8	0.0				
M	0.0	0.0	0.1	1.5	1.3	0.0	0.0	0.3	0.3	0.0	0.2	0.3	0.2	0.5	0.1	0.2	0.1	1.5	1.3	0.5	0.8	0.0	0.0	0.2	0.5	0.4	0.5	0.1	0.0	0.1	0.7	
A	1.3	1.0	0.0	0.0	4.1	2.9	2.6	13.9	4.6	4.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.3	0.7	0.2	0.7	0.2	0.0	0.7	0.5	0.1	0.3	0.0	0.2	0.4	0.0	0.0	0.0		
M	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
J	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
J	0.1	0.2	0.8	0.3	0.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
A	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0		
O	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
N	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0																								

D	0.4	1.5	1.4	6.1	5.2	1.4	7.7	0.3	0.0	1.7	0.2	0.2	0.0	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	0.1	0.3	0.9	1.8	0.9	0.2	0.0	0.0
2014																															
E	0.0	0.0	0.1	1.2	3.9	5.6	4.9	3.2	3.0	1.9	1.2	2.5	4.4	10.4	6.5	2.6	0.5	2.7	1.6	1.8	6.6	6.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	2.6	
F	2.8	1.0	0.0	0.4	0.1	0.5	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	0.3	0.0	0.7	6.0	5.3	5.0	10.2	3.3	1.8			
M	3.0	2.8	0.0	0.6	7.7	6.6	5.3	7.0	8.4	4.8	1.3	1.3	3.1	2.8	3.8	1.9	3.2	9.2	4.7	0.0	0.0	0.9	1.1	1.3	0.0	1.0	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0
A	0.3	0.1	2.6	2.7	0.2	0.1	1.1	2.5	2.3	0.1	0.0	0.0	1.0	0.8	0.0	0.8	0.4	0.7	0.4	1.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.6	0.0	0.0	0.2	0.2	
M	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
J	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
J	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0
A	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	1.5	1.0
S	0.1	0.7	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.2	0.8	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.6	0.7	0.4	
O	0.7	0.3	0.3	0.2	0.1	0.4	0.0	0.1	0.0	0.1	0.2	1.7	0.9	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.4	0.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
N	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.8	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
D	0.0	0.2	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.1	0.7	0.6	0.0	0.0	1.2	1.1
2015																															
E	1.0	1.3	2.3	0.9	3.1	1.2	2.0	2.0	2.5	0.8	1.4	0.2	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	4.6	5.2	2.2	1.7	0.6	0.8	2.9	3.8	1.0	0.4	4.7
F	4.9	3.5	4.1	8.5	8.7	8.8	1.4	9.9	15.0	5.6	1.4	6.4	13.8	4.1	9.2	11.0	0.3	0.0	0.0	0.1	2.0	2.7	5.3	7.4	4.9	4.5	8.4	1.1			
M	1.5	3.2	5.1	7.7	7.3	31.6	13.8	12.5	6.7	3.1	2.7	7.0	5.7	5.1	6.1	15.7	31.4	2.1	10.3	1.3	3.2	9.9	13.8	15.5	4.1	1.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.1
A	0.7	0.8	0.0	1.2	0.6	5.5	0.4	0.7	0.6	0.4	1.5	2.3	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1	0.5	0.0	0.2	0.1	0.1	0.4	0.8	0.2	0.3	0.0	0.1	0.1	
M	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
J	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
J	0.0	0.0	0.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
A	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
S	0.0	0.7	0.2	0.6	0.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.3	0.0	0.0	0.1	0.0	
O	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
N	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.6	0.9	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.6	0.3	0.4	0.5	0.3	0.0	0.0	0.1	0.0	
D	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.4	0.0	0.1	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2016																															
E	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	3.0	0.5	0.4	0.0	1.0	0.5	0.0	0.3	1.8	0.3	0.0
F	0.5	1.8	0.8	0.0	0.1	1.2	4.1	3.3	5.2	11.7	3.4	11.9	1.7	1.1	3.8	5.7	0.4	9.6	1.8	10.4	18.7	9.8	6.5	8.5	5.8	8.8	0.1	0.0	0.0		
M	3.1	3.2	10.3	3.5	0.0	0.0	4.0	13.5	5.2	0.0	0.0	2.7	2.8	2.0	3.4	6.5	0.2	0.9	3.2	5.7	3.8	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	0.0	0.2	0.0	1.4
A	1.4	0.9	4.6	3.2	1.6	2.6	1.8	2.2	0.4	7.3	0.9	0.0	0.1	0.1	0.8	3.3	5.2	9.4	1.6	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
M	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
J	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.9	0.0	0.0	
J	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
A	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
O	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.0	0.0
N	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.7	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.8	
D	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.3	0.2	0.4		0.0	0.0	0.3	1.2	0.7	1.7	0.7	0.0	0.0	0.0	2.5	3.8	1.1

2° Tabulación y cálculo de la precipitación máxima en 24 horas

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	P máx 24	Log(P24hr)
1981	4.88	21.18	4.46	0.58	0.00	0.00	0.00	1.81	0.18	0.31	2.07	4.35	21.2	1.33
1982	6.25	8.80	4.54	7.42	0.00	0.01	0.00	0.01	1.88	5.22	5.21	1.66	8.8	0.94
1983	10.28	3.13	14.59	1.21	0.63	0.11	0.01	0.18	1.23	0.14	0.31	5.01	14.6	1.16
1984	11.25	39.75	20.13	0.24	0.03	1.18	0.00	0.50	0.10	2.36	5.82	1.91	39.8	1.60
1985	1.18	17.29	3.48	5.89	0.01	0.57	0.02	0.01	0.08	0.07	0.29	3.03	17.3	1.24
1986	11.96	14.92	3.06	0.84	0.19	0.00	0.01	1.11	0.12	0.06	2.23	11.90	14.9	1.17
1987	19.57	6.01	8.24	2.66	0.87	1.31	0.87	0.02	0.62	1.91	1.31	0.29	19.6	1.29
1988	16.00	20.57	8.99	3.44	0.73	0.00	0.00	0.00	0.17	1.46	0.18	1.78	20.6	1.31
1989	14.89	11.99	9.28	2.10	0.09	0.02	0.01	0.00	0.07	1.54	0.40	0.01	14.9	1.17
1990	6.14	4.45	7.82	0.94	0.56	0.70	0.00	0.31	0.05	0.48	1.97	20.59	20.6	1.31
1991	10.16	6.02	36.80	0.73	0.00	0.06	0.00	0.00	0.07	0.72	0.25	0.20	36.8	1.57
1992	0.84	1.72	2.89	0.27	0.00	0.03	0.01	0.07	0.29	1.92	0.17	1.77	2.9	0.46
1993	14.98	4.50	11.41	1.83	0.03	0.01	0.01	0.13	0.12	1.00	1.13	1.66	15.0	1.18
1994	2.25	29.74	10.56	2.02	0.22	0.06	0.00	0.00	0.09	0.41	0.12	1.04	29.7	1.47
1995	34.90	1.28	30.35	0.37	0.04	0.01	0.00	0.01	0.80	0.57	4.29	4.61	34.9	1.54
1996	5.67	27.51	27.21	6.44	0.03	0.00	0.00	1.42	0.90	0.18	4.10	8.29	27.5	1.44
1997	8.67	23.73	16.81	1.61	0.07	0.00	0.01	7.33	4.73	1.30	0.71	6.90	23.7	1.38
1998	39.93	19.82	32.71	3.70	0.00	3.67	0.00	0.00	0.07	0.09	5.10	4.56	39.9	1.60
1999	31.08	37.01	21.47	1.31	0.09	0.01	0.02	0.00	0.54	5.87	0.31	2.27	37.0	1.57
2000	19.63	15.78	10.53	5.55	0.29	0.05	0.06	0.14	0.70	10.23	0.52	5.48	19.6	1.29
2001	13.35	19.18	20.99	6.83	0.04	0.01	0.25	0.19	0.39	1.25	0.52	0.16	21.0	1.32
2002	7.30	29.43	29.54	8.10	0.02	0.09	5.34	0.24	0.48	0.57	2.02	1.53	29.5	1.47
2003	7.04	13.54	13.61	0.89	1.70	0.00	0.04	1.71	0.14	0.40	0.15	1.60	13.6	1.13
2004	7.94	15.99	13.85	2.40	0.00	0.03	3.94	0.42	0.62	0.25	0.38	6.75	16.0	1.20
2005	7.12	11.42	15.16	1.97	0.00	0.00	0.02	0.08	4.94	0.15	0.17	7.27	15.2	1.18
2006	7.16	20.06	11.67	1.06	0.00	0.06	0.00	0.05	1.36	0.72	2.32	0.91	20.1	1.30
2007	11.06	22.17	13.45	8.29	0.40	0.00	0.02	0.02	0.73	1.05	1.58	4.04	22.2	1.35
2008	20.98	10.05	8.65	1.06	0.00	0.08	0.01	0.09	0.07	0.44	0.16	2.55	21.0	1.32
2009	8.44	9.96	10.92	7.50	0.07	0.00	3.76	0.01	0.09	0.97	1.25	0.92	10.9	1.04
2010	7.23	10.09	2.39	5.26	0.08	0.01	0.01	0.02	0.06	1.65	0.21	0.65	10.1	1.00
2011	12.77	13.68	1.45	13.88	0.57	0.01	0.81	0.03	0.15	0.15	0.00	0.94	13.9	1.14
2012	11.72	37.32	19.95	22.74	0.01	0.01	0.07	0.09	1.87	2.37	0.18	6.99	37.3	1.57
2013	10.38	24.15	18.43	0.59	1.67	1.88	0.14	0.77	0.18	6.72	0.16	7.74	24.1	1.38
2014	10.39	10.23	9.21	2.67	0.00	0.00	0.36	1.49	1.64	1.75	0.76	1.20	10.4	1.02
2015	5.16	14.99	31.55	5.50	0.21	0.01	0.72	0.25	0.70	0.34	0.94	0.36	31.6	1.50
2016	3.54	18.71	13.54	9.37	0.05	0.85	0.19	0.04	0.18	0.35	0.77	3.82	18.7	1.27

Anexo 2. Caudales máximos

Periodos de Retorno	Caudales máximos (m³/s) (Métodos de Temez)	Caudales máximos (m³/s) (Método Racional Clásico)
20	1141.26	807.00
50	1534.18	1084.84
100	1851.32	1309.09
500	2666.2	1885.31

Anexo 3. Extracción de datos de precipitación

Para este estudio, se utilizaron datos de precipitación obtenidos de un producto grillado en formato .nc (NetCDF). El código en Matlab a continuación muestra el proceso de extracción y análisis de los datos de precipitación.

Dirección del archivo:

```
filePath = "Ruta de archivo PISCO.nc";
```

Se define la dirección del archivo de datos.

Lectura de datos:

```
Prec = double(ncread(filePath, 'Prec'));
```

```
lat = double(ncread(filePath, 'Y'));
```

```
lon = double(ncread(filePath, 'X'));
```

```
T = double(ncread(filePath, 'T'));
```

Se extraen los datos de precipitación, latitud, longitud y tiempo del archivo.

Crear arreglo de fechas:

```
Fechas = datetime(1960, 1, round(T, 0), 'Format', 'dd/MM/yyyy');
```

Se crea un arreglo de fechas basado en el tiempo (T) contenido en el archivo.

Coordenadas del punto de interés:

```
lonP = [-73.588051];
```

```
latP = [-15.196244];
```

Se define el punto de interés mediante sus coordenadas.

Extracción de datos:

```
Dato = Extract_netcdf3_Punto(Prec, lon, lat, lonP, latP);
```

Se extraen los datos de precipitación para el punto de interés utilizando una función auxiliar.

Crear tabla y resumir datos:

```
t = table(Fechas, Dato);
```

```
t.Year = t.Fechas.Year;
```

```
r = groupsummary(t, "Year", "max", "Dato");
```

Se crea una tabla con las fechas y los datos, y luego se resumen los datos por año.

Graficar datos:

```
figure;
```

```
plot(Fechas, Dato);
```

```
xlabel("Fechas");
```

```
ylabel("mm");
```

```
figure;
```

```
plot(r.Year, r.max_Dato, 'LineWidth', 2);
```

```
xlabel("Años");
```

```
ylabel("mm");
```

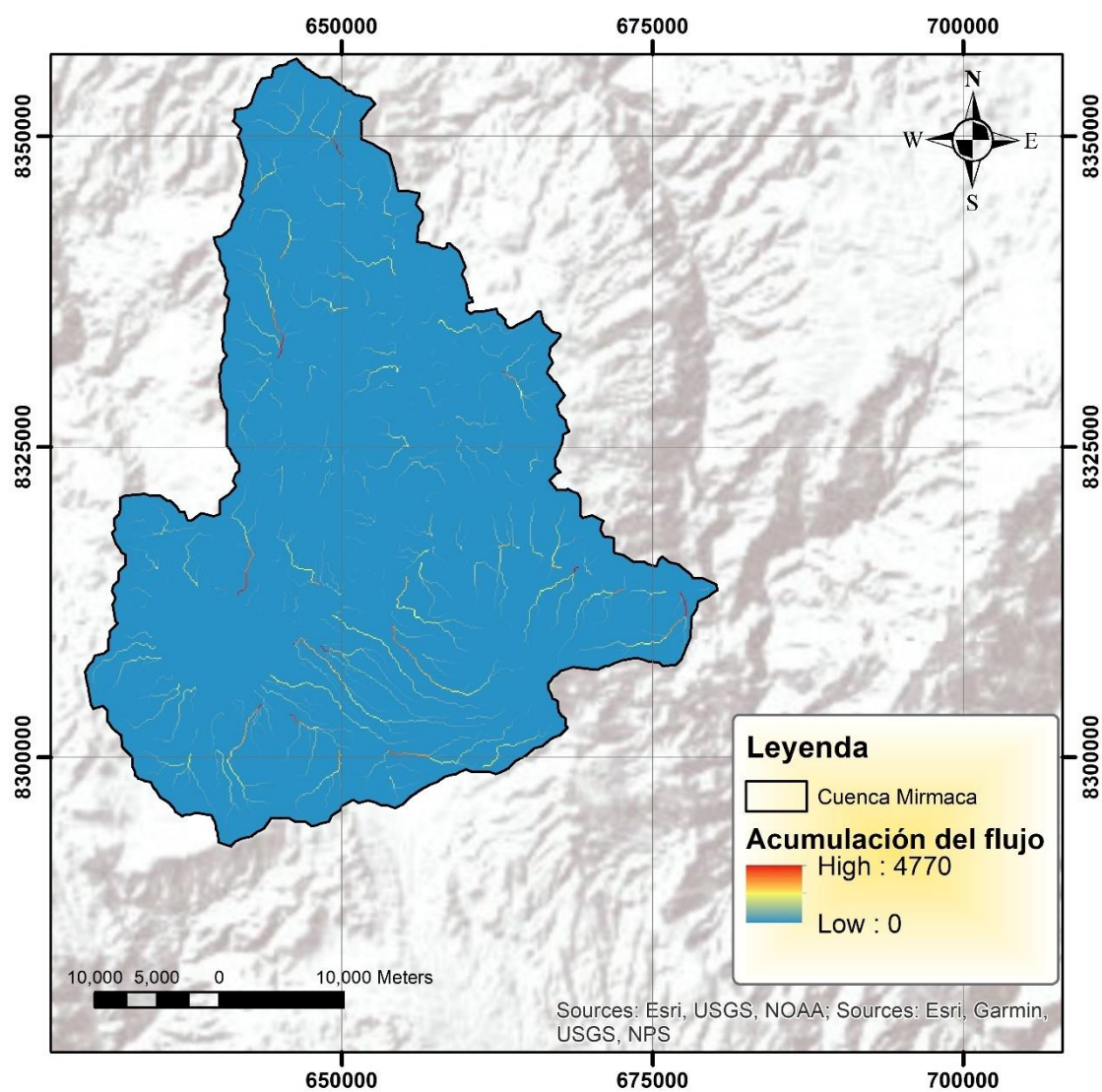
Se crean dos gráficos: uno para los datos diarios y otro para los máximos anuales.

Máximos de precipitación en 24 horas:

```
PMax24 = [39.3513, 46.7371, 52.4159, 66.1114];
```

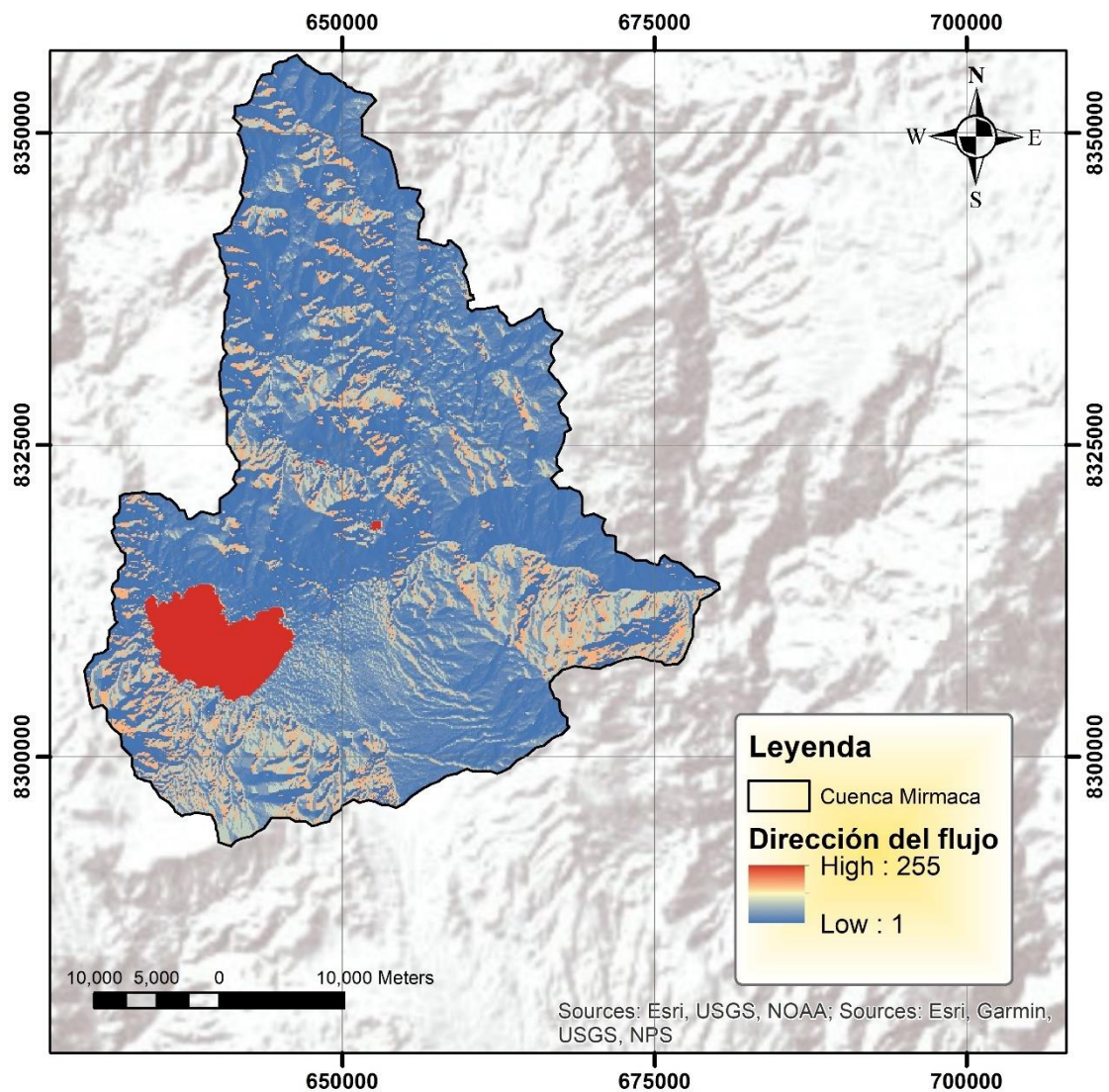
Anexo 4. Mapas complementarios de la cuenca

El **Anexo 4.1** la cuenca Mirmaca con su DEM y muestra el patrón de acumulación de flujo. Las zonas de acumulación están indicadas por los colores que varían de azul a rojo, representando acumulaciones bajas a altas, respectivamente.



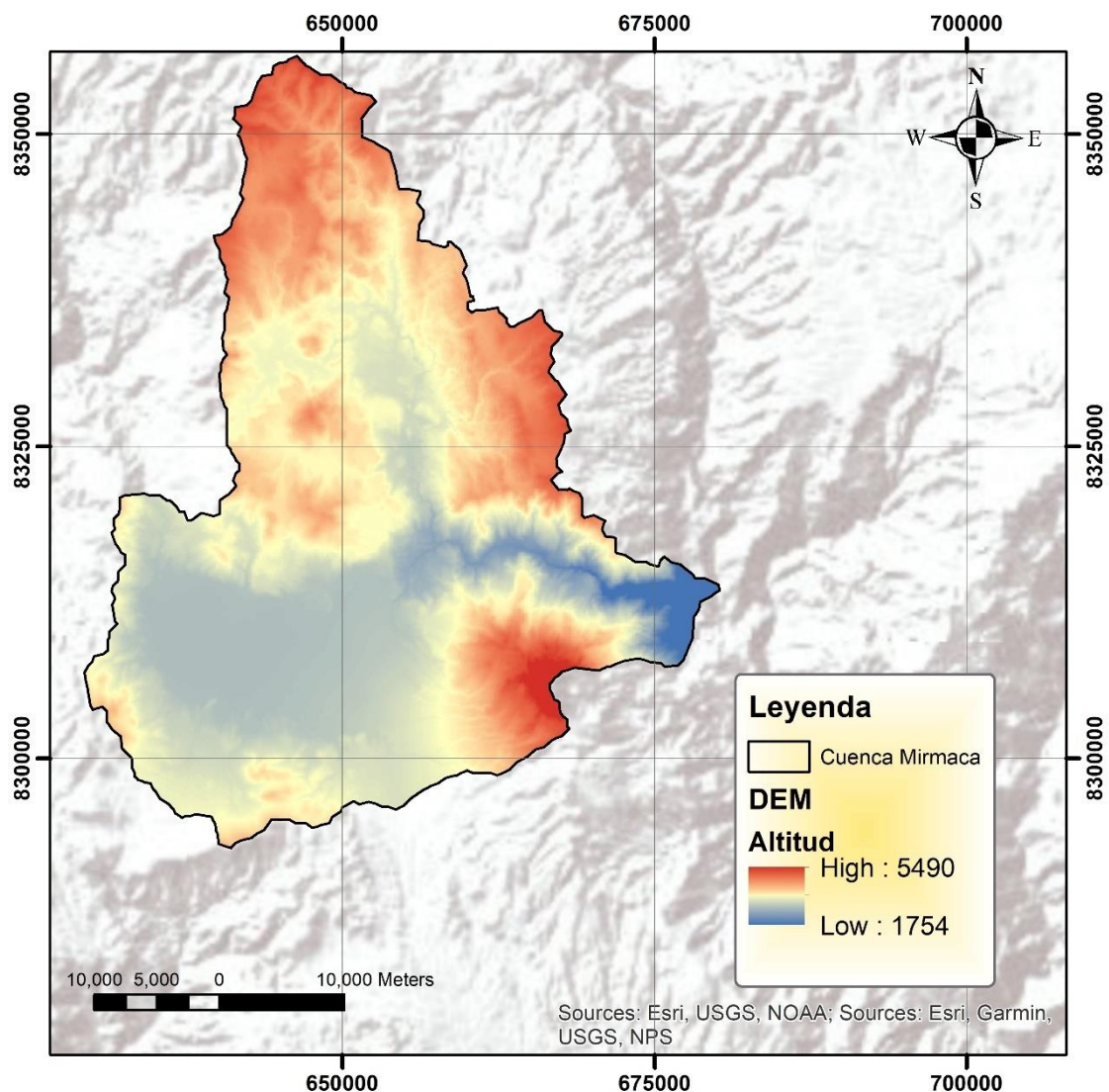
Anexo 4.1. Acumulación de flujo en la cuenca

El **Anexo 4.2.** resalta áreas específicas dentro de la cuenca que pueden ser más susceptibles a inundaciones o que son críticas para la gestión del agua. Esto ayuda a enfocar el análisis de caudales máximos en áreas de mayor interés o riesgo, optimizando el enfoque de la investigación.



Anexo 4.2. Dirección de flujo en la cuenca

En el **Anexo 4.3.** muestra la cuenca Mirmaca con su Modelo Digital de Elevación (DEM) que representa la topografía del área. El color varía de acuerdo con la altitud, siendo el rojo las zonas más altas y el azul las zonas más bajas. Además, se muestra la dirección del flujo de agua, que indica cómo el agua se desplaza por la cuenca. Este mapa temático es útil para identificar las características topográficas de la cuenca, que son fundamentales para entender el flujo de agua y su acumulación en diferentes zonas. Esto es relevante al estimar los caudales máximos, ya que la topografía afecta la velocidad y el volumen de agua que puede desplazarse por la cuenca.



Anexo 4.3. Modelo de elevación digital



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Bach. ROSSELY AYALA MELGAR
R.D. N° 204-2024-UNSCH-FCA-D

En la ciudad de Ayacucho a los dos días del mes de setiembre del año dos mil veinticuatro, siendo las dieciocho horas, se reunieron en el auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias, bajo la presidencia del Dr. Felipe Escobar Ramírez Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias; los miembros del jurado conformado por Ph.D. Sandra Del Águila Ríos, Ing. Efraín Chuchón Prado como asesor, Ing. Orlando Fidel Sulca Castilla y el Mtro. Jaime Villar Rodríguez; actuando como secretario de actas el Mtro. Rodolfo Alca Mendoza, para recibir la sustentación de la Tesis titulado: **Aplicación del Método Racional de Temez para evaluar el comportamiento de los caudales máximos en la microcuenca Mirmaca, Ayacucho 2023**, para obtener el Título Profesional de Ingeniera Agrícola presentado por la Bachiller **ROSSELY AYALA MELGAR**.

El señor Decano, previa verificación de los documentos exigidos solicitó se proceda con la sustentación y posterior defensa de la tesis en un periodo de cuarenta y cinco minutos de acuerdo al reglamento de grados y títulos vigente. Terminado la exposición, los miembros del Jurado, formularon sus preguntas, aclaraciones y/o observaciones correspondientes. Luego se invito a los miembros del jurado pasar a otra aula para la deliberación y calificación del trabajo de tesis, teniendo el siguiente resultado:

Jurado evaluador	Exposición	Respuestas a las preguntas	Generación de conocimiento	Promedio
Ph.D. Sandra Del Águila Ríos	14	13	14	14
Ing. Efraín Chuchón Prado	16	15	16	16
Ing. Orlando Fidel Sulca Castilla	15	14	15	15
Mtro. Jaime Villar Rodríguez	16	14	15	15
PROMEDIO GENERAL				15

Acto seguido se invita a la sustentante y publico en general para dar a conocer el resultado final. Firman el acta.

Ph.D. Sandra Del Águila Ríos
Presidente

Ing. Efraín Chuchón Prado
Asesor

Ing. Orlando Fidel Sulca Castilla
Jurado

Mtro. Jaime Villar Rodríguez
Jurado

Mtro. Rodolfo Alca Mendoza
Secretario Docente



UNSCH

FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS

CONSTANCIA DE CONTROL DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El que suscribe coordinador responsable de la valoración y verificación de originalidad de los trabajos de investigación y de tesis de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, designado mediante la RCF N° 005-2024-UNSCH-FCA-CF; hace constar que el trabajo de tesis titulado;

Aplicación del Método Racional de Temez para evaluar el comportamiento de los caudales máximos en la microcuenca Mirmaca, Ayacucho 2023

Autor : Rossely Ayala Melgar
Asesor : Efraín Chuchón Prado

Ha sido sometido al control de originalidad mediante el software TURNITIN UNSCH, acorde al Reglamento de originalidad de trabajos de investigación, aprobado mediante RCU N° 039-2021-UNSCH-CU, y RCU N° 1530-2023-UNSCH-CU, emitiendo un resultado de **dieciséis (16 %)** de índice de similitud, realizado con **depósito de trabajos estándar**.

En consecuencia, se otorga la presente Constancia de Originalidad para los fines pertinentes.

Nota: Se adjunta el resultado con Identificador de la entrega: 2471650712

Ayacucho, 1 de octubre de 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ciencias Agrarias
Dr. Yuri Gálvez Gastelú
Coordinador de Control de originalidad de
trabajo de Investigación y tesis - FCA

Aplicación del Método Racional de Temez para evaluar el comportamiento de los caudales máximos en la microcuenca Mirmaca, Ayacucho 2023

por Rossely Ayala Melgar

Fecha de entrega: 01-oct-2024 11:21a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2471650712

Nombre del archivo: AYALA_MELGAR_ROSSELY_-_corregido_1_.docx (5.3M)

Total de palabras: 25026

Total de caracteres: 102566

Aplicación del Método Racional de Temez para evaluar el comportamiento de los caudales máximos en la microcuenca Mirmaca, Ayacucho 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
2	repositorio.untumbes.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	es.scribd.com Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	1%
5	repositorio.senamhi.gob.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	vsip.info Fuente de Internet	1%
8	1library.co Fuente de Internet	1%

9	repositorio.unp.edu.pe	Fuente de Internet	1 %
10	Submitted to	Trabajo del estudiante	1 %
11	qdoc.tips	Fuente de Internet	1 %
12	journals.continental.edu.pe	Fuente de Internet	<1 %
13	dspace.unitru.edu.pe	Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.unap.edu.pe	Fuente de Internet	<1 %
15	repositorio.ana.gob.pe	Fuente de Internet	<1 %
16	Submitted to uncedu	Trabajo del estudiante	<1 %
17	Submitted to Universidad Nacional Agraria La Molina	Trabajo del estudiante	<1 %
18	cybertesis.unmsm.edu.pe	Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo

APLICACIÓN DEL MÉTODO RACIONAL DE TEMEZ PARA EVALUAR EL COMPORTAMIENTO DE LOS CAUDALES MÁXIMOS EN LA MICROCUENCA MIRMACA, AYACUCHO 2023

Área de Investigación: Medio Ambiente

Líneas de investigación: Hidrología hidráulica, saneamiento, energía y cambio climático, Riego y drenaje

Rossely Ayala Melgar

rossely.ayala.21@unsch.edu.pe

Efraín Chuchón Prado

efrain.chuchon@unsch.edu.pe

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo determinar los caudales máximos en la microcuenca Mirmaca utilizando el método racional modificado de Temez, adecuado para cuencas de hasta 3000 km² y considerando periodos de retorno de 20, 50, 100 y 500 años. Se delimitó la cuenca, con un área de 1630 km², mediante un Modelo de Elevación Digital (DEM) y herramientas GIS, calculando parámetros morfométricos como perímetro (222,37 km), altitud media (3727,47 msnm) y pendiente promedio (18 ,04%). Se recopilieron datos de precipitación del producto PISCO de SENAMHI, ajustándolos a una distribución de valores extremos validada por la prueba de Kolmogorov-Smirnov, obteniendo intensidades máximas de precipitación entre 39,35 mm y 66,11 mm en 24 horas. Se determinaron coeficientes de escorrentía entre 0,43 y 0,60, y los caudales máximos estimados fueron de 1141,26 m³/s para un período de retorno de 20 años y 2666,20 m³/s para 500 años. Aunque el método tiende a sobreestimar los caudales, proporciona un margen de seguridad importante para el diseño de infraestructura hidráulica, lo que es crucial para la gestión del agua en la microcuenca Mirmaca. La variabilidad en los coeficientes de escorrentía refleja diferencias en la generación de escorrentía dentro de la cuenca, influyendo directamente en los caudales máximos. Estos resultados subrayan la utilidad del método racional modificado de Temez, ofreciendo información confiable para la planificación de obras hidráulicas. En conclusión, el estudio resalta la importancia de considerar las particularidades de cada cuenca en la gestión del agua, especialmente en el contexto de eventos hidrológicos extremos exacerbados por el cambio climático.

Palabras clave: Microcuenca, caudales máximos, método racional modificado de Temez, precipitaciones, escorrentía, infraestructura hidráulica, gestión del agua.

APPLICATION OF THE RATIONAL TEMEZ METHOD TO EVALUATE THE BEHAVIOR OF MAXIMUM FLOWS IN THE MIRMACA MICROBASIN, AYACUCHO 2023

ABSTRACT

The objective of the study was to determine the maximum flows in the Mirmaca microbasin using the modified Temez rational method, suitable for basins of up to 3000 km² and considering return periods of 20, 50, 100 and 500 years. The watershed, with an area of 1630 km², was delimited using a Digital Elevation Model (DEM) and GIS tools, calculating morphometric parameters such as perimeter (222.37 km), average altitude (3727.47 masl) and average slope (18.04%). Precipitation data were collected from SENAMHI's PISCO product, adjusting them to a distribution of extreme values validated by the Kolmogorov-Smirnov test, obtaining maximum precipitation intensities between 39.35 mm and 66.11 mm in 24 hours. Runoff coefficients between 0.43 and 0.60 were determined, and the estimated peak flows were 1141.26 m³/s for a 20-year return period and 2666.20 m³/s for 500 years. Although the method tends to overestimate flows, it provides an important safety margin for the design of hydraulic infrastructure, which is crucial for water management in the Mirmaca microbasin. The variability in runoff coefficients reflects differences in runoff generation within the watershed, directly influencing peak flows. These results underline the usefulness of Temez's modified rational method, providing reliable information for the planning of hydraulic works. In conclusion, the study highlights the importance of considering the particularities of each basin in water management, especially in the context of extreme hydrological events exacerbated by climate change.

Key words: microbasin, peak flows, modified rational Temez method, rainfall, runoff, hydraulic infrastructure, water management.

INTRODUCCIÓN

La investigación titulada “Aplicación del Método Racional de Temez para evaluar el comportamiento de los caudales máximos en la microcuenca Mirmaca, Ayacucho 2023”, abordó un aspecto fundamental en la gestión de recursos hídricos y la planificación hidrológica a nivel de microcuenca. La relevancia de esta investigación radicó en la necesidad de comprender y prever el comportamiento de los caudales máximos, que tienen implicaciones directas en la infraestructura.

La problemática identificada se centra en los riesgos asociados a inundaciones y desbordamientos, fenómenos que pueden afectar gravemente a las comunidades locales y su desarrollo económico. La falta de estimaciones precisas de caudales máximos en la

microcuenca Mirmaca evidencia la necesidad de emplear métodos adecuados que permitan planificar y diseñar infraestructuras hidráulicas que mitiguen estos riesgos.

La justificación de esta investigación se basó en la importancia de contar con datos confiables para la toma de decisiones en la gestión de recursos hídricos. Además, la aplicación del método racional de Temez, reconocida por su efectividad en la estimación de caudales pico, se demostró fundamental para lograr este objetivo. El uso de datos históricos de precipitaciones proporcionados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) y de mapas de curva número de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) también contribuyó a establecer un marco sólido para gestión de recursos hídricos. Los antecedentes de este estudio incluyen investigaciones previas que exploraron la dinámica fluvial en la zona. González et al. (2021) analizaron la exactitud del Método Racional de Temez en microcuencas con clima mediterráneo, concluyendo que este método proporciona estimaciones confiables siempre que se calibren adecuadamente los parámetros. Asimismo, Martínez y Rodríguez (2022) aplican el mismo método en microcuencas urbanas, resaltando su simplicidad y flexibilidad como herramientas adecuadas.

Los objetivos de la tesis se definieron de la siguiente manera: el objetivo principal fue evaluar los caudales máximos a partir del método racional de Temez en la microcuenca Mirmaca, Ayacucho, 2023. Se diseñaron cuatro objetivos específicos: calcular los parámetros morfométricos de la microcuenca Mirmaca.; calcule las intensidades máximas de precipitación en la microcuenca; calcular el coeficiente de escorrentía en la microcuenca Mirmaca; y calcular los caudales máximos.

I. MATERIALES Y MÉTODOS

El enfoque metodológico de esta investigación es cuantitativo y se clasifica como una investigación aplicada con un diseño experimental. El área de estudio se localiza en el Centro Poblado de Mirmaca, que se encuentra en el distrito de Pausa. Sus coordenadas son latitud sur 15°14'43.35" y longitud oeste 73°20'58.33" del meridiano de Greenwich, a una altitud de 2438 msnm. Este centro poblado pertenece geográficamente y políticamente de la provincia de Paucar del Sara. Sara, en la región de Ayacucho.

Para calcular los parámetros morfométricos de la cuenca Mirmaca, se delimitó la cuenca, cuya área se desarrolló en 1630.00 km². El proceso comenzó con el corte del Modelo Digital de Elevación (DEM) nacional utilizando un software de Sistemas de Información Geográfica (GIS), lo que permitió obtener el segmento correspondiente a la región de interés. Posteriormente, se aplicaron algoritmos de análisis hidrológico para delimitar la cuenca, identificando la red de drenaje y el punto de salida, lo que permitió definir con precisión sus límites. Una vez delimitada la cuenca, se calculará su perímetro y área. Para calcular el perímetro, se trazó una línea siguiendo el borde de la cuenca y se

midio su longitud total. Se utilizó una herramienta de GIS para calcular el área encerrada dentro del perímetro de la cuenca. Posteriormente, se identificó y midió la longitud del cauce principal, que representa el curso de agua más largo desde el punto de salida hasta el punto más alejado de la divisoria de aguas. Este dato es fundamental para los cálculos posteriores. Con la información del perímetro, área y longitud del cauce principal, se procederá a calcular otros parámetros morfométricos. Se utilizará la fórmula $F = A / L^2$ para calcular la forma de la cuenca, así como el Índice de Compacidad, que se calcula como $K_c = P / (2 * \sqrt{(\pi * A)})$, donde P es el perímetro, A es el área y L es la longitud del cauce principal. Además, se determinará la densidad de drenaje dividiendo la longitud total de los cursos de agua dentro de la cuenca por el área total de la misma, lo que requerirá un análisis detallado de la red fluvial para identificar y sumar la longitud de todos los cauces. Finalmente, se realizará una clasificación de la cuenca según el orden de los cursos de agua, utilizando el sistema de Strahler o Horton, que implica identificar todos los segmentos fluviales y clasificarlos jerárquicamente según la presencia o ausencia de tributarios.

Para calcular las intensidades máximas de precipitación en la cuenca Mirmaca, se siguió un procedimiento analítico que comenzó con la recolección de datos pluviométricos históricos. Se recopilaron registros de estaciones meteorológicas dentro o cercanas a la cuenca, asegurando que dichas estaciones tuvieran un mínimo de 20 años de datos, lo que garantizó la confiabilidad estadística del análisis.

Una vez recopilados los datos, se seleccionaron los valores máximos anuales de precipitación, correspondientes a la mayor cantidad de lluvia registrada en un solo evento para cada año. Esta fue crucial para el estudio de eventos extremos, fundamentales para el diseño hidrológico selección y la gestión de riesgos de inundación. Con estos valores máximos, se ajustaron a una distribución de valores extremos, utilizando la distribución de Gumbel para eventos extremos en hidrología.

Posteriormente, se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para validar el ajuste de la distribución seleccionada, comparando la distribución acumulada de los datos observados con la distribución acumulada esperada de la distribución teórica elegida. Una vez validada la distribución, se empleó una fórmula específica para calcular las intensidades máximas de precipitación, considerando las características propias de la cuenca Mirmaca y los parámetros necesarios, tales como el período de retorno y la duración del evento de lluvia. Esto obtener permitió las intensidades máximas para diferentes tiempos de retorno, fundamentales para el diseño de infraestructuras hidráulicas y la planificación de medidas de mitigación de inundaciones.

El cálculo del coeficiente de escorrentía se llevó a cabo utilizando el método racional, adoptando una secuencia de pasos metódicos basados en datos existentes y en el mapa nacional de número de curva proporcionado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA). Se identificó la región de interés dentro del mapa nacional para extraer el número de curva correspondiente a la cuenca Mirmaca, lo que refleja las características hidrológicas

específicas del área, como tipo de suelo y cobertura del terreno. Tras obtener el número de curva, se convierte en un coeficiente de escorrentía utilizando relaciones empíricas establecidas que vinculan ambos parámetros. Finalmente, para calcular los caudales máximos de la cuenca Mirmaca para los períodos de retorno de 20, 50, 100 y 500 años, se inició con el coeficiente de escorrentía ya determinado, que refleja la capacidad de la cuenca para generar escorrentía.

Se identificaron las intensidades de lluvia para los períodos de interés, calculando en datos históricos de precipitación y en un análisis estadístico que permitió proyectar los valores de lluvia para los períodos de retorno seleccionados. Con el coeficiente de escorrentía y las intensidades de lluvia adecuadas, se aplicó una fórmula específica que relaciona estos factores con el área de la cuenca, expresada en kilómetros cuadrados. Este proceso se realizó para cada uno de los períodos de retorno de interés, obteniendo los valores de caudal máximo que se esperan para eventos de recepción de esas magnitudes. El método utilizado para el cálculo de caudales máximos fue el Método de Témez, que es adecuado para áreas de alcance superior a 3000. Fundamentos para el diseño hidrológico y la gestión de riesgos de inundación. Con estos valores máximos, se ajustaron a una distribución de valores extremos, utilizando la distribución de Gumbel para eventos extremos en hidrología.

El método que se utilizó para el cálculo de caudales máximos fue el Método de Témez cuya área de alcance es de 3000 km², superando al método racional tradicional.

II. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parámetros morfométricos de la microcuenca

En la siguiente Tabla 1 se muestran los parámetros morfométricos:

Tabla 1

Parámetros morfométricos de la cuenca

Características	Unidad	Valor
Características de relieve		
Área	Km ²	1630.00
Perímetro	km	222.37
Altitud media	msnm	3727.47
Características de forma		
Coeficiente de compacidad		1.54
Factor de forma		0.31
Pendiente de la cuenca	%	18.04
Índice de alargamiento		0.62
Características hidráulicas del cauce		
Longitud principal	km	73.02
Pendiente	%	18.04
Características de la red hidrográfica		
Densidad de drenaje		0.20
Tiempo de concentración	h	6.26

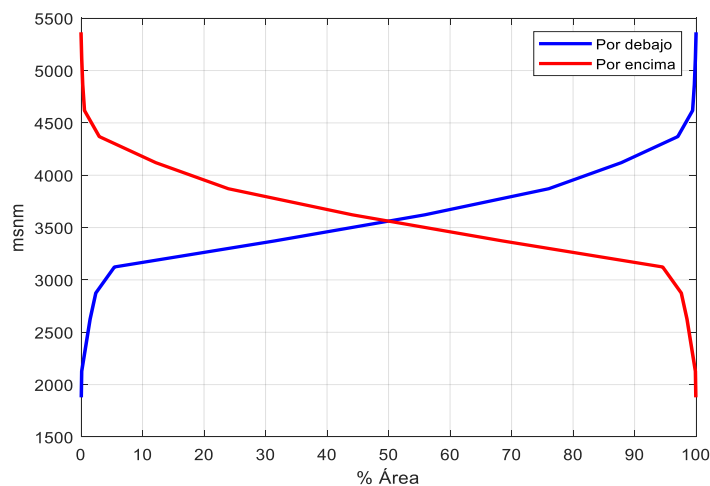
La cuenca en cuestión, con una extensión de 1630.00 km², representa un sistema hídrico de tamaño considerable, cuyo manejo eficaz requiere una comprensión profunda de sus dinámicas internas de flujo y almacenamiento de agua. Esta extensión está claramente delineada por un contorno que define la longitud total del perímetro de la cuenca, que es de 222.37 km. La forma en que este perímetro se extiende en relación con el área total sugiere una forma posiblemente irregular de la cuenca, afectando cómo el agua se acumula y se desplaza a través de ella.

Situada a una altitud media de 3727.47 m.s.n.m, la cuenca se ubica en las zonas altoandinas del Perú, presentando características topográficas y climáticas específicas de esta región. El coeficiente de Compacidad de la cuenca es de 1.54, indicativo de una forma más compacta y redondeada, lo que según estudios como el de Horton (1932), sugiere una menor propensión a la distorsión y una respuesta hidrológica potencialmente más uniforme y rápida ante eventos de precipitación.

El factor de forma de 0.31 complementa la interpretación del coeficiente de Compacidad, proyectando cómo la cuenca responderá a las lluvias. Un valor bajo en este factor sugiere que los picos de flujo pueden ser más altos, aunque de menor duración. Con un pendiente promedio del 18.04%, la cuenca presenta una inclinación considerable que puede acelerar la escorrentía y aumentar el potencial de erosión, lo que subraya la necesidad de prácticas de gestión orientadas a la conservación del suelo y agua.

Figura 1

Curva hipsométrica de la cuenca



Fuente: Elaboración propia

El índice de alargamiento de 0.62 señala una forma más alargada de la cuenca, influyendo en las estrategias de colocación de estructuras de control de inundaciones y en la implementación de prácticas de conservación. Los datos de la longitud principal del río de 73.02 km y una pendiente de 3.23% son fundamentales para comprender la dinámica fluvial y prever el comportamiento de la corriente y su capacidad erosiva.

Una densidad de drenaje de 0.20 km/km² indica que la cuenca posee una red de drenaje menos densa, lo que podría reflejar una capacidad reducida para manejar rápidamente las aguas de lluvia. Finalmente, el tiempo de concentración de 6.26 horas proporciona una estimación del tiempo requerido para que el agua de precipitación viaje desde el punto más lejano de la cuenca hasta su salida, lo que es crucial para predecir la velocidad de los flujos y la magnitud de los picos durante eventos pluviales.

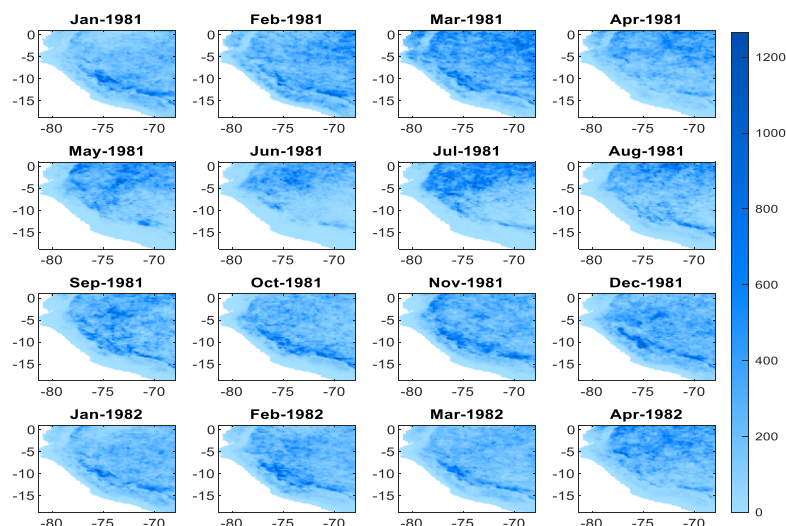
Intensidades máximas de precipitación la microcuenca

Extracción de datos de precipitación de PISCO SENAMHI

El producto PISCO es una base de datos de precipitación grillada para todo el Perú, estos datos fueron obtenidos con la información histórica de las estaciones y datos satelitales, de manera que los espacios sin información se completan mediante interpolación, a continuación, un esquema general de la data PISCO.

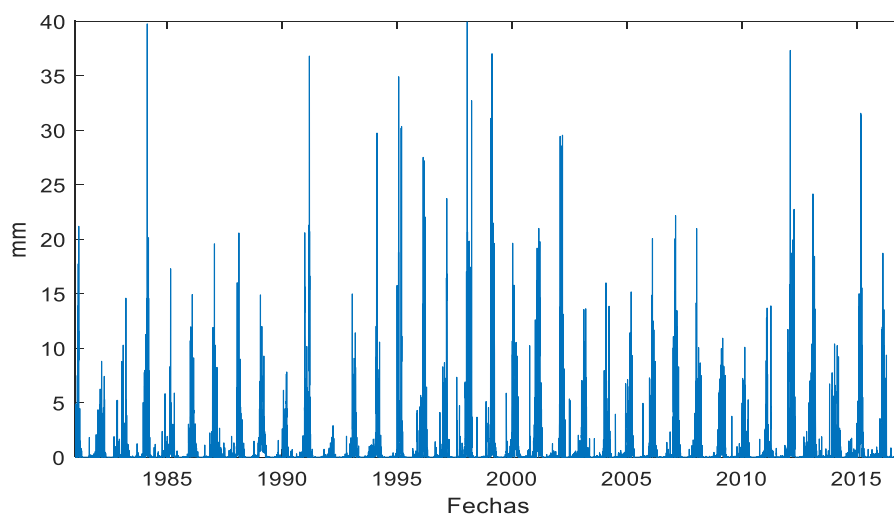
Figura 2

Información anual del producto PISCO, SENAMHI



En ese sentido se utilizó el centroide de la cuenca Mirmaca para extraer la información de precipitación diaria desde el periodo 1981 – 2016, haciendo un total de 36 años de información.

La utilización del producto PISCO SENAMHI para evaluar las precipitaciones máximas en la cuenca Mirmaca es significativa porque representa uno de los conjuntos de datos más completos y confiables para el análisis hidrológico en Perú. La interpolación de datos para llenar espacios sin información directa es una práctica común en hidrología y permite una estimación más precisa de las precipitaciones en áreas donde no hay estaciones de medición. Sin embargo, es importante considerar que, a pesar de la alta resolución y la sofisticación de los métodos de interpolación, siempre habrá incertidumbres asociadas a los datos interpolados, especialmente en regiones montañosas donde la variabilidad espacial de la precipitación es alta (Aybar et al., 2020)

Figura 3*Precipitación mensual en la cuenca Mirmaca 1981 – 2016***Determinación de precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno**

La información referida a la determinación de las precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno, se realizó de la siguiente manera:

Modelos de distribución

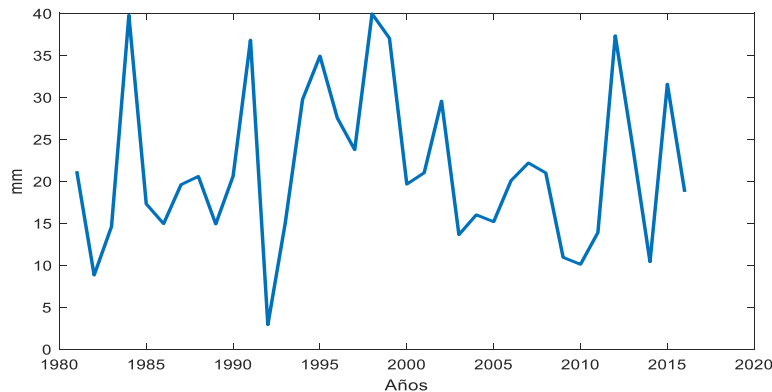
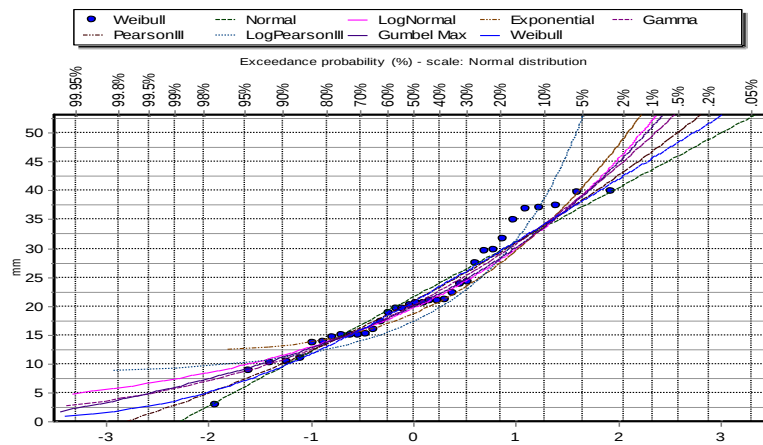
El objetivo del análisis de frecuencias es estimar precipitaciones, intensidades o caudales máximos para distintos períodos de retorno. Esto se logra utilizando modelos probabilísticos, que pueden ser tanto discretos como continuos.

En estadística, existen varias funciones de distribución de probabilidad teóricas; se recomienda utilizar las siguientes funciones:

- Distribución Normal
- Distribución LogNormal
- Distribución Gamma
- Distribución Pearson III
- Distribución Exponencial
- Distribución Log Pearson III

La determinación de la precipitación máxima para diferentes periodos se realiza mediante el uso del software Hidrognomon, donde se demuestra la precisión de la distribución LogNormal sobre otras distribuciones indica que la variabilidad de las precipitaciones máximas en la cuenca sigue un patrón que tiende a agrupar más frecuentemente valores medios con menos ocurrencias de valores extremadamente bajos o altos.

La aplicación de la distribución LogNormal es respaldada por estudios como el de Maidment (1993), que reconoce la distribución LogNormal como una de las más aplicables para análisis hidrológicos debido a su capacidad para representar de manera efectiva las características estadísticas de eventos extremos.

Figura 4*Precipitación máxima anual en la cuenca Mirmaca 1981 – 2016***Figura 5***Ajuste a precipitaciones máximas*

Realizando la prueba de Kolmogorov-Smirnov, se determina que la distribución LogNormal se asemeja más a la distribución de precipitaciones máximas en la cuenca Mirmaca.

La adecuación de la distribución LogNormal concuerda con las observaciones de otros autores, como Shaw (1988), quien afirma que las precipitaciones extremas tienden a seguir una distribución logarítmica normal en muchas regiones del mundo. La confirmación de esta adecuación para la cuenca Mirmaca refuerza la aplicabilidad de la distribución LogNormal y su relevancia en estudios hidrológicos para la región andina.

Tabla 2*Prueba de Kolmogorov-Smirnov para las precipitaciones máximas en la cuenca*

Kolmogorov-Smirnov test	Precisión	DMax
LogNormal	97.48%	0.07550
Gamma	96.92%	0.07723
Pearson III	77.82%	0.10514
Exponencial	67.45%	0.11565
Normal	47.55%	0.13589
Log Pearson III	25.47%	0.16444

Intensidades máximas para diferentes periodos de retorno

A partir de la distribución LogNormal se estiman las precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno; por la misma razón de haber arrojado un grado de precisión al 97.48% en la prueba de Kolmogorov-Smirnov.

Tabla 3

Intensidades máximas

Periodos de Retorno	Precipitaciones máximas en	
	24 h (mm)	Intensidades (mm/h)
20	39.35	4.18
50	46.74	4.97
100	52.42	5.57
500	66.11	7.03

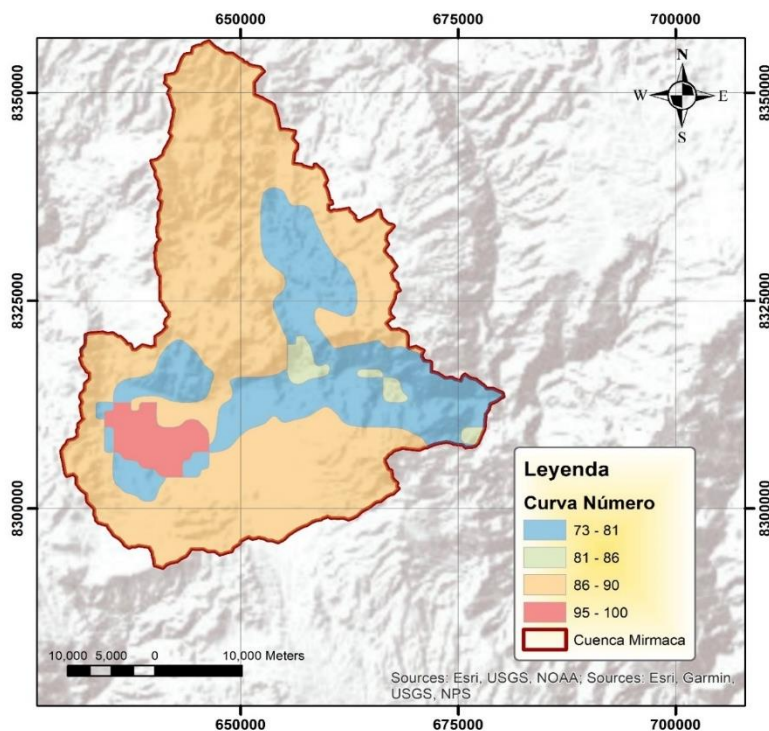
Las intensidades máximas estimadas para diferentes periodos de retorno indican un incremento significativo en la magnitud de las precipitaciones máximas con el aumento del periodo de retorno. Esto tiene implicaciones directas en el diseño de obras de infraestructura, como sistemas de drenaje y presas, donde se debe garantizar seguridad y funcionalidad ante eventos de precipitaciones de alta intensidad. La comparación de estos resultados con las recomendaciones de (V. Te Chow et al., 1988) sugiere que el uso de datos históricos para modelar y predecir eventos extremos es una estrategia válida para la planificación a largo plazo en la gestión de recursos hídricos.

Coefficiente de escorrentía en la microcuenca

Determinación de los valores de Curva Número para la cuenca Mirmaca

Figura 6

Mapa de Curva Número de la cuenca Mirmaca



A partir del Mapa Nacional de Curva Número elaborado por SENAMHI, se obtuvo el mapa de curva número

Cálculo del coeficiente de escorrentía

Para el cálculo de la escorrentía se aplica la fórmula de coeficiente de escorrentía (1.5.8), considerando los umbrales de precipitación y escorrentía, el cálculo se realiza para cada periodo de retorno:

Tabla 3

Coeficiente de escorrentía calculado para diferentes periodos de retorno

Periodos de Retorno	Coeficiente de escorrentía
20	0.43
50	0.49
100	0.53
500	0.60

La tendencia observada en los coeficientes de escorrentía es respaldada por la literatura hidrológica, como los trabajos de Rallison y Miller (1982), quienes desarrollaron la metodología original del Curva Número y discutieron cómo el CN varía con diferentes condiciones de humedad del suelo, lo cual a su vez afecta la escorrentía. Además, Ponce (1989) discute cómo los cambios en la cobertura del terreno y las prácticas de manejo del suelo pueden influir en la escorrentía, lo cual puede ser relevante para la cuenca Mirmaca si ha habido cambios en el uso del suelo o la cobertura vegetal a lo largo del tiempo.

Caudales máximos para un periodo de retorno de 20, 50, 100 y 500 años en la microcuenca

Calculando el coeficiente de uniformidad considerando el tiempo de concentración:

$$K = 1 + \frac{T_c^{1.25}}{T_c^{1.25} + 14} = 1.4142$$

Entonces considerando el método racional de Temez modificado:

$$Q = 0.278 \cdot K \cdot C \cdot I \cdot A$$

El método racional modificado de Temez se emplea para calcular los caudales máximos esperados para diferentes periodos de retorno. Este enfoque tiene en cuenta el coeficiente de uniformidad (K), que se deriva del tiempo de concentración (T_c), y es fundamental para reflejar cómo la variabilidad temporal de la lluvia afecta la generación de escorrentía. El coeficiente de uniformidad calculado (K=1.4142) ajusta la fórmula para reflejar una distribución más realista de la precipitación a lo largo del tiempo de concentración.

El uso de este método es pertinente en la cuenca Mirmaca, ya que se basa en principios hidrológicos bien establecidos y proporciona una estimación de caudales máximos que es crucial para el diseño y la gestión de estructuras hidráulicas como bocatomas, captaciones, canales, sistema de riego y sistemas de drenaje urbano. La ecuación

$Q=0.278KCIA$ es una versión modificada del método racional clásico y se considera apropiada para cuencas de mayor tamaño, donde las precipitaciones no son uniformes y el tiempo de concentración es más prolongado.

Los valores de caudales máximos obtenidos son comparables a los reportados en estudios similares de cuencas andinas, donde la variabilidad de la precipitación y la respuesta hidrológica de la cuenca son factores críticos (McCuen, 2017). La metodología y los resultados son consistentes con los principios descritos por Chow et al. (1988) en su tratado sobre hidrología aplicada, en donde se enfatiza la importancia de ajustar los modelos hidrológicos a las condiciones específicas de cada cuenca para mejorar la precisión de las predicciones de caudales.

Tabla 4

Coefficiente de escorrentía calculado para diferentes periodos de retorno

Periodos de Retorno	Intensidades (mm/h)	Coefficientes de escorrentía	Caudales máximos (m ³ /s)
20	4.18	0.43	1141.26
50	4.97	0.49	1534.18
100	5.57	0.53	1851.32
500	7.03	0.60	2666.20

Comparación con el método racional clásico

Para el método racional clásico, no se considera el factor K explicado anteriormente, con esos ajustes, los caudales máximos resultan un 30% menores que los calculados con el método de Temez. Esto se debe a que el factor K del método de Temez aumenta el caudal para reflejar la variabilidad temporal de la precipitación, mientras que el método racional clásico no tiene este ajuste. El método de Temez tiende a sobreestimar los caudales máximos, especialmente en cuencas de gran tamaño o con alta variabilidad en la precipitación. Esto se debe a que el factor

K asume que las precipitaciones son más intensas y uniformes de lo que realmente pueden ser.

Es importante considerar ambas metodologías al diseñar infraestructuras hidráulicas. El método racional clásico proporciona estimaciones más conservadoras, mientras que el método de Temez ofrece una perspectiva más amplia pero potencialmente sobreestimada. En el diseño de obras, se deben considerar factores de seguridad para compensar estas diferencias y asegurar la resiliencia de las estructuras ante eventos extremos.

CONCLUSIONES

1. La caracterización morfométrica de la microcuenca, con un área de 1630 km² y un perímetro de 222.37 km, destaca una configuración física significativa que influye directamente en el comportamiento hidrológico. La forma irregular, indicada por un coeficiente de Compacidad de 1.54, junto con una altitud media de 3727.47 msnm, sitúa a la cuenca en una región altoandina susceptible a variaciones en el régimen de precipitaciones. La pendiente de la cuenca, de 18.04%, sugiere un incremento en la velocidad de escorrentía y potencial erosivo, mientras que el factor de forma de 0.31 y un Índice de alargamiento de 0.62 señalan una respuesta menos inmediata a las precipitaciones, lo cual es vital para la planificación del manejo del agua.
2. La utilización de la distribución LogNormal para modelar las precipitaciones máximas, demostrada con un 97.48% de precisión en la prueba de Kolmogorov-Smirnov, facilita la estimación de las precipitaciones máximas para periodos de retorno de 20, 50, 100 y 500 años, con valores respectivos de 39.35 mm, 46.74 mm, 52.42 mm y 66.11 mm en 24 horas. Estas cifras, traducidas en intensidades de 4.18 mm/h a 7.03 mm/h, proveen una base crucial para el dimensionamiento y diseño de infraestructuras capaces de soportar eventos pluviales extremos.
3. Los coeficientes de escorrentía obtenidos, que varían de 0.43 a 0.60 para los periodos de retorno analizados, revelan diferencias en la generación de escorrentía en respuesta a precipitaciones de distinta magnitud. Esta información es clave para el diseño eficaz de sistemas de drenaje y control de inundaciones, permitiendo implementar estrategias adecuadas para la gestión de las aguas superficiales y la mitigación de riesgos asociados a las precipitaciones intensas.
4. A pesar de que el método racional de Temez tiende a sobreestimar los caudales máximos, las estimaciones de 1141.26 m³/s, 1534.18 m³/s, 1851.32 m³/s y 2666.20 m³/s para los periodos de retorno de 20, 50, 100 y 500 años, respectivamente, se consideran confiables para el diseño de obras de defensa. Esta tendencia a la sobreestimación es preferible en el contexto de infraestructuras críticas, donde el margen de seguridad es fundamental para evitar el fallo estructural ante eventos extremos no anticipados, asegurando así la protección de las comunidades y los ecosistemas vulnerables en la cuenca. La integración de estos análisis morfométricos y hidrológicos proporciona una comprensión detallada de la dinámica de la cuenca, indispensable para el manejo sostenible y la planificación de infraestructuras resilientes al cambio climático y la variabilidad hidrológica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aybar, C., Fernández, C., Huerta, A., Lavado, W., Vega, F., & Felipe-Obando, O. (2020). Construction of a high-resolution gridded rainfall dataset for Peru from 1981 to the present day. *Hydrological Sciences Journal*, 65(5), 770–785. <https://doi.org/10.1080/02626667.2019.1649411>
- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). *Applied Hydrology*. In *Applied Hydrology*. McGraw-Hill.
- Chow, V. Te, Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). *Applied Hidrology* (1st ed.). McGraw-Hill Science/Engineering/Math.
- González, J., Pérez, L., & Torres, M. (2021). Aplicación del Método Racional de Temez en Microcuencas de Clima Mediterráneo. *Revista de Hidrología y Recursos Hídricos*, 34(2), 123-135.
- Martínez, R., & Rodríguez, P. (2022). Evaluación de Caudales Máximos en Microcuencas Urbanas Mediante el Método Racional de Temez. *Journal of Urban Hydrology*, 28(1), 87-101.
- McCuen, R. (2017). *Hydrologic Analysis and Design* (4th ed.). Pearson. <https://www.pearson.com/store/p/hydrologic-analysis-and-design/P200000003189/9780134313122>
- Ponce Barnett, T. N. (2011). Aplicación de tres Modelos Precipitación Escorrentía para estimar el caudal máximo de diseño en la Cuenca de la Quebrada Carrizal. Distrito Llama - Provincia de Chota - Departamento Cajamarca [Tesis]. Universidad Nacional de Trujillo.