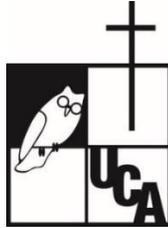


UNIVERSIDAD CENTROAMERICANA  
JOSÉ SIMEÓN CAÑAS



ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DE LLUVIA RECOLECTADA EN EL  
PERÍODO 2018-2022 EN UN GRUPO DE ESTACIONES UBICADAS EN  
SAN SALVADOR

TRABAJO DE GRADUACIÓN PREPARADO PARA LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

PARA OPTAR AL GRADO DE  
INGENIERO (A) CIVIL

POR:

JESSICA LISBETH BAYONA PAIZ

CARLOS ENRIQUE CAMPOS MEJÍA

MAYO 2023

ANTIGUO CUSCATLÁN, EL SALVADOR, C.A.



RECTOR

ANDREU OLIVA DE LA ESPERANZA, S.J.

SECRETARIA GENERAL

LIDIA GABRIELA BOLAÑOS TEODORO

DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

CARLOS ERNESTO RIVAS CERNA

DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

SAÚL ERNESTO GRANADA LIZAMA

DIRECTORA DEL TRABAJO

JACQUELINE IVETTE CATIVO SANDOVAL

LECTOR

JAIME EDUARDO CONTRERAS LEMUS



## RESUMEN

La finalidad del presente trabajo consiste en analizar la información recolectada de la red de estaciones meteorológicas que forma parte del proyecto “Construyendo resiliencia climática en sistemas urbanos a través de la Adaptación basada en Ecosistemas (AbE) en América Latina y el Caribe”, el cual es parte de la iniciativa del Programa de la ONU para el Medio Ambiente (PNUMA), City Adapt. Esta red posee 4 estaciones distribuidas en el departamento de San Salvador. El período de análisis correspondiente a la investigación abarca del año 2018 al 2022. Aparte de la información disponible de la red de estaciones, también se contó con los registros proporcionados por la estación meteorológica de la Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas” UCA, que también se ubica en el departamento de San Salvador.

Dado que el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS) es un área densamente poblada y ubicada en las cercanías del Volcán de San Salvador, se vuelve importante conocer el comportamiento de las lluvias mediante la medición de variables espacio-temporales como la cantidad de precipitación acumulada, duración, intensidad, entre otras, para generar modelos de simulación hidrológica y de predicción para la prevención de posibles riesgos.

El presente trabajo está conformado por cinco capítulos. El primer capítulo expone el tema a tratar y los aspectos relacionados con la fase inicial como el trazo de los objetivos, las limitaciones y alcances considerados. Busca captar la atención exponiendo la problemática de la lluvia como tal para su mayor estudio y análisis.

El segundo capítulo está conformado por la recopilación bibliográfica de los parámetros de mayor interés en el estudio de las tormentas, como la precipitación, la temperatura y el viento. Se indican y se definen tipos y formas en las que se presenta la precipitación; tipos de medición e instrumentos que se han desarrollado a lo largo del tiempo para el registro de datos.

El tercer capítulo trata acerca de las características del área donde se ubican las estaciones pertenecientes a la red y de la estación UCA. Además, se explica la forma de extracción de la información relevante y su posterior organización, para el período de análisis. Por otra parte, se realizó una visita de campo, guiada por un representante de la Asociación de Proyectos Comunales de El Salvador (PROCOMES) con la finalidad de conocer aspectos del terreno, ubicación, información del

equipo, personal y otras funciones técnicas y administrativas concernientes al funcionamiento de la red.

El cuarto capítulo se enfoca en conglomerar toda la información de la precipitación del 2020 al 2022 de la estación UCA en tablas y gráficos, desde la cantidad de eventos ocurridos, horarios de ocurrencia, franjas horarias, duraciones, precipitación acumulada anual y mensual, histogramas enfocados en tormentas de tres horas. Por otra parte, se compila información de temperatura de todas las estaciones para el año 2021; y viento de la estación UCA para el período de 2020 – 2022. Finalmente, con los resultados obtenidos, se presentan las conclusiones a partir del análisis del capítulo 4 y se plantean recomendaciones para futuras investigaciones.

## ÍNDICE

RESUMEN.....	i
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS .....	ix
SIGLAS.....	xi
ABREVIATURAS.....	xiii
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1    Definición del problema.....	1
1.2    Objetivos .....	2
1.2.1    Objetivo General .....	2
1.2.2    Objetivos Específicos.....	2
1.3    Límites y Alcances.....	2
1.3.1    Límites .....	2
1.3.2    Alcances .....	2
1.4    Antecedentes .....	3
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO .....	5
2.1    Ciclo hidrológico.....	5
2.2    Definición de precipitación.....	6
2.3    Formas de precipitación .....	6
2.4    Clasificación de precipitación.....	7
2.4.1    Convectiva .....	7
2.4.2    Convergentes.....	8
2.4.3    Orográfica .....	9
2.5    Medición de la precipitación.....	9
2.5.1    Pluviómetros .....	10
2.5.2    Pluviógrafos .....	10

2.5.3	Técnicas de medición de la precipitación.....	11
2.6	Temperatura.....	12
2.7	Viento.....	12
2.8	Clima y precipitación en El Salvador.....	13
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA.....		17
3.1	Ubicación de las estaciones.....	17
3.2	Elevación de las estaciones.....	19
3.3	Características de los registros cuantitativos.....	19
3.4	Generación de información cualitativa.....	21
CAPÍTULO 4. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....		23
4.1	Descripción del registro de lluvia del período 2020 – 2022.....	23
4.2	Análisis de tormentas.....	32
4.2.1	Tormentas analizadas del año 2020, duración de 3 horas.....	32
4.2.2	Tormentas analizadas del año 2021, duración de 3 horas.....	36
4.2.3	Tormentas analizadas del año 2022, duración de 3 horas.....	40
4.2.4	Intensidades de tormentas de 3 horas del período 2020 – 2022.....	44
4.3	Temperatura.....	46
4.4	Viento.....	47
4.5	Resultados de entrevista.....	50
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		53
5.1	Conclusiones.....	53
5.2	Recomendaciones.....	54
REFERENCIAS.....		55
FUENTES ELECTRÓNICAS.....		57

## ANEXOS

ANEXO A: PRECIPITACIÓN ACUMULADA DE TORMENTAS SEGÚN DURACIÓN EN LA ESTACIÓN UCA (2020 – 2022)

ANEXO B: PORCENTAJE DE PRECIPITACIÓN ACUMULADA DE TORMENTAS CON DURACIÓN DE 3 HORAS DE LA ESTACIÓN UCA (2020 – 2022)

ANEXO C: PROFUNDIDAD E INTENSIDAD DE LAS TORMENTAS DE 3 HORAS ANALIZADAS EN ESTACIÓN UCA (2020 – 2022)

ANEXO D: TEMPERATURA (°C) PROMEDIO MENSUAL DE TODAS LAS ESTACIONES – 2021

ANEXO E: DIRECCIÓN DE VIENTO DE TORMENTAS CON DURACIÓN ENTRE 2 A 6 HORAS EN ESTACIÓN UCA (2020 – 2022)

ANEXO F: ENTREVISTA



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Ciclo hidrológico. Fuente: (Marcano, 2008). .....	5
Figura 2.2. Flujo de aire en precipitación convectiva. Adaptado de: (Ward, 2003, pág. 32).....	7
Figura 2.3. Vista del sentido de rotación del huracán Iota en Centroamérica (16/11/2020). Adaptado de: (NOAA, 2020).....	8
Figura 2.4. Flujo de aire en frentes frío y cálido. Fuente: (Monsalve, 1995, pág. 82).....	9
Figura 2.5. Flujo de aire en precipitación orográfica. Adaptado de: (Ward, 2003, pág. 32).....	9
Figura 2.6. Pluviómetro estándar. Fuente: (Equipamiento Científico, 2023). .....	10
Figura 2.7. Rosa de vientos. Fuente: (Seekpng, 2023).....	13
Figura 2.8. Mapa de temperatura máxima promedio anual en El Salvador – 2021. Fuente: (MARN, 2022). .....	14
Figura 2.9. Mapa de elevación sobre el nivel del mar de El Salvador. Fuente: (Mapa de El Salvador, 2023). .....	15
Figura 3.1. Ubicación de la red de estaciones meteorológicas del proyecto de City Adapt. Fuente: (Elaboración propia a partir de Google Earth 02/2023).....	17
Figura 3.2. Ubicación de la estación meteorológica de la UCA, con respecto a la red de estaciones del proyecto de City Adapt. Fuente: (Elaboración propia a partir de Google Earth 02/2023).....	18
Figura 3.3. Elevación de las estaciones meteorológicas con respecto al nivel del mar. ....	19
Figura 4.1. Total de tormentas de la estación UCA del 2020 – 2022. ....	24
Figura 4.2. Tormentas en franja horaria AM de la estación UCA. ....	26
Figura 4.3. Tormentas en franja horaria PM de la estación UCA. ....	28
Figura 4.4. Histograma de lluvia incremental para tormenta con duración de 3 horas de la estación UCA – (13/05/2020). ....	33
Figura 4.5. Histograma de lluvia acumulada para tormenta con duración de 3 horas de la estación UCA – (13/05/2020). ....	33
Figura 4.6. Histograma de lluvia incremental para tormenta con duración de 3 horas de la estación UCA – (29/06/2020 H). ....	34
Figura 4.7. Histograma de lluvia acumulada para tormenta con duración de 3 horas de la estación UCA – (29/06/2020). ....	34
Figura 4.8. Porcentaje de precipitación acumulada de eventos con duración de 3 horas de la estación UCA – 2020. ....	35
Figura 4.9. Histograma de lluvia incremental para tormenta con duración de 3 horas de la estación UCA – (06/09/2021). ....	36

Figura 4.10. Histograma de lluvia acumulada para tormenta con duración de 3 horas de la estación UCA – (06/09/2021).....	37
Figura 4.11. Histograma de lluvia incremental para tormenta con duración de 3 horas de la estación UCA – (07/10/2021).....	38
Figura 4.12. Histograma de lluvia acumulada para tormenta con duración de 3 horas de la estación UCA – (07/10/2021).....	38
Figura 4.13. Porcentaje de precipitación acumulada de eventos con duración de 3 horas de la estación UCA – 2021. ....	39
Figura 4.14. Histograma de lluvia incremental para tormenta con duración de 3 horas de la estación UCA – (08/08/2022).....	40
Figura 4.15. Histograma de lluvia acumulada para tormenta con duración de 3 horas de la estación UCA – (08/08/2022).....	41
Figura 4.16. Histograma de lluvia incremental para tormenta con duración de 3 horas de la estación UCA – (06/09/2022).....	42
Figura 4.17. Histograma de lluvia acumulada para tormenta con duración de 3 horas de la estación UCA – (06/09/2022).....	42
Figura 4.18. Porcentaje de precipitación acumulada de eventos con duración de 3 horas de la estación UCA – 2022. ....	43
Figura 4.19. Temperatura (°C) promedio mensual de las estaciones – 2021. ....	47
Figura 4.20. Dirección de viento de lluvias en estación UCA – 2020. ....	48
Figura 4.21. Dirección de viento de lluvias en estación UCA – 2021. ....	49
Figura 4.22. Dirección de viento de lluvias en estación UCA – 2022. ....	50
Figura 4.23. Estación meteorológica de Ecoparque El Espino.....	51

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Coordenadas geográficas y elevación de las estaciones meteorológicas. ....	19
Tabla 4.1. Registro de tormentas de la estación UCA del 2020 – 2022.....	24
Tabla 4.2. Registro de tormentas por franjas horarias de la estación UCA. ....	25
Tabla 4.3. Registro de tormentas que inician en horario AM de la estación UCA. ....	25
Tabla 4.4. Registro de tormentas que inician en horario PM de la estación UCA.....	27
Tabla 4.5. Precipitaciones promedio acumuladas según duración de la estación UCA – 2020.....	28
Tabla 4.6. Precipitaciones promedio acumulada según duración de la estación UCA – 2021. ....	29
Tabla 4.7. Precipitaciones promedio acumulada según duración de la estación UCA – 2022. ....	30
Tabla 4.8. Precipitación acumulada mensual y anual de la estación UCA. ....	31
Tabla 4.9. Precipitación acumulada mensual de todas las estaciones – 2021. ....	32
Tabla 4.10. Intensidades de tormentas según duración de 3 horas en la estación UCA – 2020. ....	44
Tabla 4.11. Intensidades de tormentas según duración de 3 horas en la estación UCA – 2021. ....	45
Tabla 4.12. Intensidades de tormentas según duración de 3 horas en la estación UCA – 2022. ....	45
Tabla 4.13. Temperaturas (°C) promedio mensual de las estaciones – 2021.....	46
Tabla 4.14. Información de viento de la estación UCA del 2020 – 2022. ....	48



## SIGLAS

AbE:	Adaptación basada en Ecosistemas.
AMSS:	Área Metropolitana de San Salvador.
DGOA:	Dirección General de Observatorio de Amenazas y Recursos Naturales.
ENE:	East to Northeast (Este por el Noreste).
FUNDASAL:	Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima.
MARN:	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
ND:	No hay dato.
NE:	Northeast (Noreste).
NNE:	North to Northeast (Norte por el Noreste).
NOAA:	National Oceanic and Atmospheric Administration (Administración Oceánica y Atmosférica de Estados Unidos).
NWS:	National Weather Service (Servicio Meteorológico de Estados Unidos).
ONU:	Organización de las Naciones Unidas.
PROCOMES:	Asociación Proyectos Comunales de El Salvador.
SSW:	South to Southwest (Sur por el Suroeste).
SW:	Southwest (Suroeste).
UCA:	Universidad Centroamericana José Simeón Cañas.
U.S.:	United States (Estados Unidos).
WSW:	West to Southwest (Oeste por el Suroeste).



## ABREVIATURAS

acum.:	Acumulado.
AM:	Ante Meridiem (Antes del mediodía).
et al:	Y otros.
máx.:	Máximo.
MD:	Meridiano.
mín.:	Mínimo.
PM:	Post Meridiem (Después del mediodía).
prom.:	Promedio.



## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Definición del problema

Uno de los fenómenos atmosféricos con bastante incidencia en muchos campos, incluido el de la ingeniería civil, es la lluvia. Debido a su ubicación con respecto al ecuador terrestre, El Salvador es considerado como una zona climática tropical, en la cual es frecuente durante una de las estaciones tener un período de precipitación establecido y estimado.

La estación lluviosa comienza aproximadamente en el mes de mayo y dura hasta el mes de octubre. Debido a esto, darle seguimiento y registro de los parámetros de mayor importancia con respecto a la lluvia es de gran aplicación en diferentes campos en los cuales sea requerido.

De los parámetros que son de interés para el campo de la ingeniería civil, están la intensidad, la frecuencia y el tiempo de duración, ya que son de relevancia a la hora del diseño de obras y redes hidráulicas. Para obtener dichos datos se requieren convencionalmente de aparatos que recolecten y registren datos lo más realista posible. Uno de los aparatos más utilizados son los pluviómetros, que son equipos que se emplean en las estaciones meteorológicas para la recopilación y medición de la precipitación.

En la actualidad, se han aumentado las formas y métodos para la recopilación de datos en las diferentes estaciones para poder obtener datos más realistas y a tiempo real, con el fin de alertar e informar del fenómeno meteorológico de una forma eficaz y rápida, para la prevención de posibles riesgos.

El fin del siguiente documento es recopilar datos significativos de una red de estaciones en el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS) en un período razonable de tiempo. Para casos estadísticos se tomarán datos registrados desde el año del 2018 hasta finales del año 2022. Se documentará el tipo de equipo, el manejo y características, así como su mantenimiento, personal encargado y proyecciones cualitativas y cuantitativas en el mantenimiento o ampliación de equipo necesario para la toma de datos y las recomendaciones necesarias, la estimación de la inversión de este mantenimiento o compras a futuro.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

- Analizar los datos recopilados por una red de estaciones ubicadas en el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS), en el período de 2018 – 2022.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Comparar datos y resultados dentro el período establecido, en las estaciones asignadas.
- Registrar los métodos de obtención de datos, mantenimiento y operaciones del personal que constituyen las estaciones y demás involucrados.
- Reunir la información obtenida y plasmarla en cuadros, diagramas y esquemas para mayor comprensión al público en general.
- Estimar con base a reuniones, entrevistas y consultas, el costo de inversión y mantenimiento del equipo actual disponible y de equipo proyectado para incorporarlo en estaciones existentes o nuevas.

## **1.3 Límites y Alcances**

### **1.3.1 Límites**

- La diversidad de información que se obtenga de las estaciones meteorológicas dentro del período comprendido entre 2018 a 2022, puede ser representativa al no tener todos los datos necesarios para el estudio.
- Algunas de las estaciones asignadas pueden no presentar una estadística continua y tener registros incompletos que dificulten a la hora de acoplar toda la información.
- Condicionantes en las muestras de aparatos, ya que pueden estar en condiciones regulares o malas.
- Recopilación y digitación de la mayor información registrada en los periodos asignados.

### **1.3.2 Alcances**

- La investigación se centrará en conocer el equipo de recolección de datos y de ellas realizar un análisis que sea apropiado para las necesidades que se tengan en la Asociación de Proyectos Comunales de El Salvador (PROCOMES).
- Se organizará la información que se obtenga de las estaciones con las que se va a trabajar.
- Se trabajará solamente con las personas que toman los datos y les dan mantenimiento a las estaciones, de la organización y de la Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas” UCA.

#### **1.4 Antecedentes**

La Asociación de Proyectos Comunales de El Salvador (PROCOMES) y la Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima (FUNDASAL), son las dos organizaciones no gubernamentales que están a cargo de la red de estaciones meteorológicas ubicadas en el Parque Bicentenario, Ecoparque El Espino, y otras fincas situadas en las faldas del volcán de San Salvador. El levantamiento de esta red forma parte del proyecto “Construyendo resiliencia climática en sistemas urbanos a través de la Adaptación basada en Ecosistemas (AbE) en América Latina y el Caribe”, el cual a su vez forma parte de City Adapt.

City Adapt promueve la resiliencia climática en áreas urbanas a través de la implementación de Soluciones basadas en la Naturaleza para la adaptación que se desarrolla en tres ciudades de América Latina y el Caribe. El proyecto se ejecuta paralelamente en Xalapa, México; Kingston, Jamaica; y San Salvador, El Salvador.

Dado que se va a trabajar con estaciones meteorológicas, se hace necesario conocer acerca de lo que son, qué variables miden y el tipo de datos que generan.

Según el Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático, una estación meteorológica es una instalación con sensores y equipos, destinada a medir y registrar diversas variables meteorológicas con el fin de estudiar las condiciones del tiempo y, en el largo plazo, el clima. Esta permite monitorear y realizar acciones preventivas en cuanto a las variaciones de factores como la temperatura, la lluvia, la velocidad del viento entre otras, todas muy importantes para las comunidades, industrias y sectores del país y el mundo.

Las estaciones meteorológicas son ampliamente usadas en el sector público y privado para aprovechar los datos estadísticos y las predicciones sobre los fenómenos atmosféricos y climáticos.



## CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Ciclo hidrológico

Una porción del agua que es transportada como humedad atmosférica cae sobre la tierra en forma de lluvia, nieve, granizo o rocío. Cuando cae la lluvia sobre la superficie terrestre, hay una parte que se evapora y se reúne con la humedad de la atmósfera, como indica la Figura 2.1 en el mecanismo. La otra parte se infiltra en el terreno y se dan dos casos: El primero, en el que el agua puede ser absorbida y transpirada por la vegetación y luego esta es retornada parcialmente a la atmósfera a través de evapotranspiración; y el segundo, en el que parte de la precipitación que escurre sobre el terreno, retorna a riachuelos, arroyos y ríos, regresando a los océanos. Esta circulación de los océanos, a la atmósfera, al suelo y de regreso a los océanos se llama ciclo hidrológico (Simon, 1992).

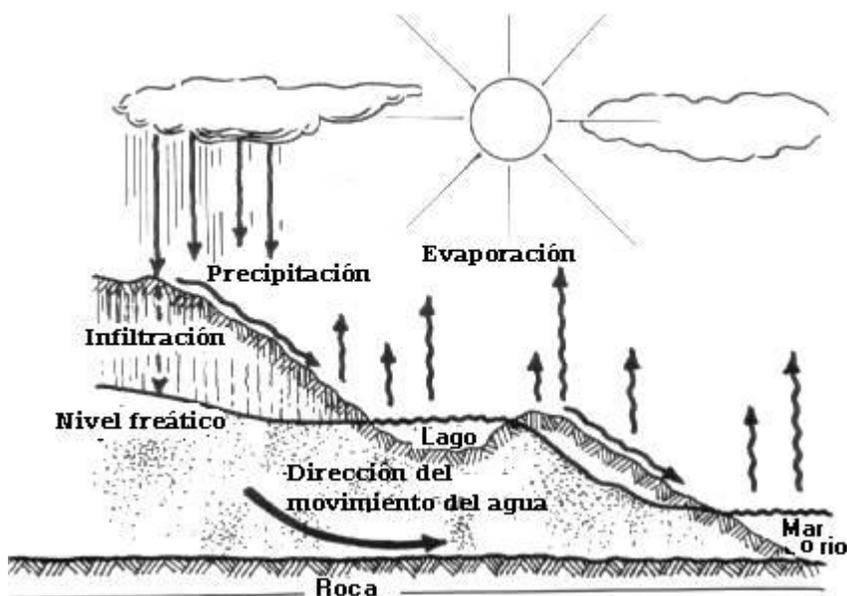


Figura 2.1. Ciclo hidrológico. Fuente: (Marcano, 2008).

Dentro del ciclo hidrológico y el medio natural, las precipitaciones y la temperatura son consideradas como los elementos más relevantes, ya que afectan directamente en la distribución de las especies animales y vegetales, asimismo, en las actividades del hombre como las agrícolas, forestales, económicas, entre otras (Simon, 1992).

## **2.2 Definición de precipitación**

La precipitación se puede definir como un fenómeno físico natural en el que todas las formas de humedad, ya sea líquida (lluvia) o sólida (nieve o granizo), emanadas de la atmósfera, se depositan en la superficie terrestre a través de caída (Strahler, 2013).

Dado que el aire húmedo siempre está presente en la atmósfera, en esta se producirá cierto grado de condensación, que dará lugar a la formación de nubes, las cuales en su esencia son la acumulación de gotas de pequeño tamaño, vapor de agua y cristales de hielo. La precipitación inicia cuando las moléculas que conforman las nubes, tienen contacto con partículas de polvo, sales o humo. Para que este proceso continúe, el aire debe disminuir su temperatura y esto da lugar a que se generen más nubes. Así pues, las gotas o cristales de hielo que las componen serán de mayor tamaño, lo suficiente como para que caigan a la superficie de la Tierra. Algunas de estas gotas pueden evaporarse y volver a la atmósfera sin que hayan alcanzado la superficie (Strahler, 2013).

## **2.3 Formas de precipitación**

Para Linsley, Kohler, y Paulhus (1977), cualquier producto formado por la condensación del vapor de agua atmosférico en el aire libre o la superficie de la tierra es un hidrometeoro. Puesto que los hidrólogos están principalmente interesados en la precipitación, únicamente se definen acá aquellos hidrometeoros que caen:

### **A. Llovizna**

La llovizna consiste de pequeñas gotas de agua, cuyo diámetro varía entre 0.10 y 0.50 mm. Generalmente, cae de estratos bajos y muy rara vez sobrepasa un valor de 0.017 mm/min.

### **B. Lluvia**

La lluvia consiste en gotas de agua líquida en su mayoría con un diámetro mayor de 0.50 mm. Esta puede catalogarse como ligera (tasa de caída de 0.042 mm/min), moderada (0.042 a 0.127 mm/min) o fuerte (por encima de los 0.127 mm/min).

### **C. Escarcha**

La escarcha es una capa de hielo, por lo general transparente y suave, pero que usualmente contiene bolsas de aire, que se forma en superficies expuestas por el congelamiento de agua con muy baja temperatura, que se ha depositado en forma de lluvia o llovizna.

## D. Nieve

La nieve está compuesta de cristales de hielo blanco o traslúcidos, principalmente de forma compleja, combinados hexagonalmente y a menudo mezclado con cristales simples. Pueden llegar a tener varios centímetros de diámetro.

## E. Granizo

El granizo es precipitación en forma de bolas o formas irregulares de hielo. Pueden ser esféricos o irregulares, cónicos o de forma regular y por lo general tiene menos de 5.00 mm de diámetro.

## 2.4 Clasificación de precipitación

Por tanto, para que puedan formarse las precipitaciones es necesario que el aire húmedo se eleve a la atmósfera, se enfríe y se condense. Según el factor que hace que el aire se mueva verticalmente, las precipitaciones se clasifican de la siguiente manera:

### 2.4.1 Convectiva

Esta se produce cuando una masa de aire se calienta por el contacto con una superficie de suelo expuesta a una alta radiación solar (Figura 2.2). Se producen corrientes ascendentes de esta masa de aire y se dirigen a zonas de aire más densas y con temperaturas más bajas. Al ascender, el aire reduce su temperatura hasta alcanzar la del aire circundante y se detiene, dando lugar al proceso de condensación y consecuentemente la precipitación. Este tipo de precipitaciones son ocasionales, de corta duración y, aunque de alta intensidad, se concentran en pequeñas áreas (Monsalve, 1995).



Figura 2.2. Flujo de aire en precipitación convectiva. Adaptado de: (Ward, 2003, pág. 32).

### 2.4.2 Convergentes

Según Monsalve Sáenz (1995), la convergencia se da cuando dos masas de aire que viajan en dirección opuesta, aproximadamente a un mismo nivel y con temperaturas similares, chocan y se elevan.

Como Monsalve Sáenz (1995, 81) señalaba “el ciclón o huracán es una masa de aire circular con baja presión que gira en el sentido contrario al de las manecillas del reloj en el hemisferio norte. Tiene su centro en el “ojo del ciclón”, en el cual la presión es baja comparada con la masa de aire. Funciona, entonces, como una chimenea, haciendo subir el aire de las capas inferiores. El anticiclón es una zona de alta presión circular, que gira en el sentido de las manecillas del reloj en el hemisferio norte”.

En la Figura 2.3 se puede observar la dirección del movimiento en el sentido contrario al de las manecillas del reloj, del huracán Iota.

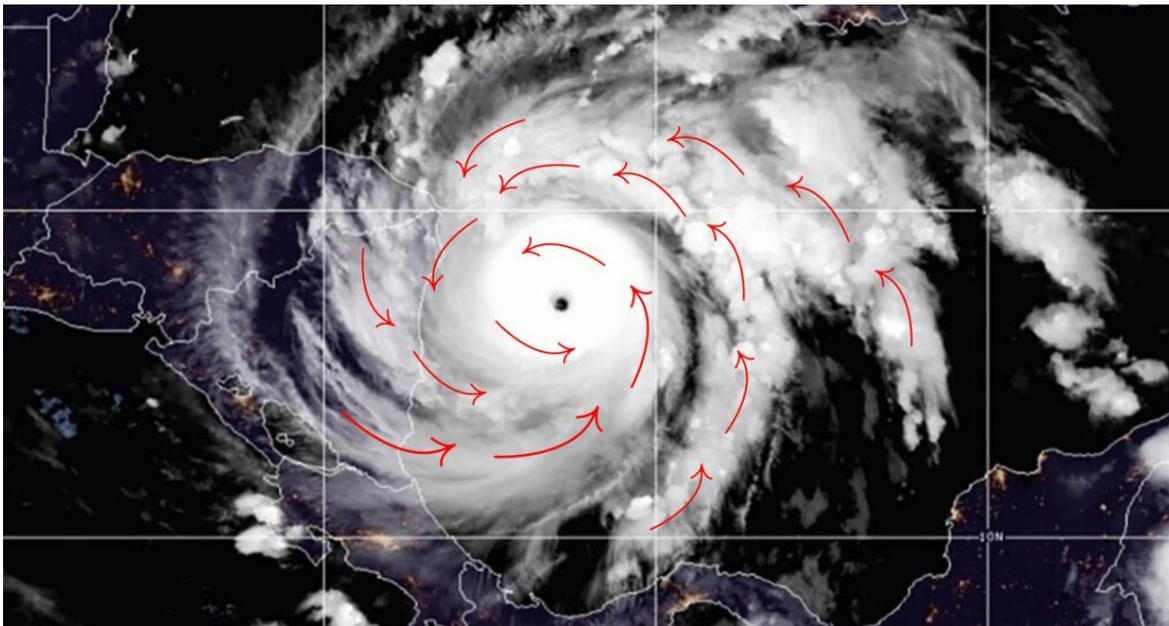


Figura 2.3. Vista del sentido de rotación del huracán Iota en Centroamérica (16/11/2020). Adaptado de: (NOAA, 2020).

Los frentes se forman cuando una masa de aire en movimiento choca con otra masa de aire de distinta temperatura. Si la masa de aire en movimiento es de baja temperatura y se encuentra con otra de mayor temperatura, al ser menos densa esta última, asciende sobre la de baja temperatura y se forma el frente frío, tal y como se observa en la Figura 2.4.

Cuando la masa de aire en movimiento es de alta temperatura y se encuentra con una de menor temperatura, se forma el frente cálido.



Figura 2.4. Flujo de aire en frentes frío y cálido. Fuente: (Monsalve, 1995, pág. 82).

Las precipitaciones de convergencia son de intensidades bajas a moderadas y de larga duración, y se extienden en grandes áreas.

### 2.4.3 Orográfica

Estas se originan cuando corrientes de aire húmedo que circulan por una planicie, chocan contra barreras naturales como las montañas, como se puede ver en la Figura 2.5. Este aire húmedo se ve obligado a ascender hacia niveles más altos. Es en ese momento que pueden chocar con masas de aire más frías y secas, ocasionando la condensación súbita del vapor de agua. Los eventos lluviosos se generan en el costado de la barrera con la que choca la masa de aire. En el costado opuesto, el aire ya descende seco (Monsalve, 1995).

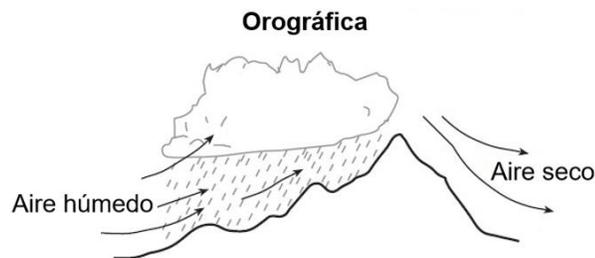


Figura 2.5. Flujo de aire en precipitación orográfica. Adaptado de: (Ward, 2003, pág. 32).

### 2.5 Medición de la precipitación

El estudio de las precipitaciones es muy importante dentro de cualquier práctica hidrológica, ya que permite la cuantificación del recurso hídrico, puesto que estas constituyen la principal entrada de agua en una cuenca. Es importante también para conocer la recurrencia de este fenómeno y generar planes preventivos para la población en zonas vulnerables.

Los parámetros más significativos para la medición de la precipitación son la cantidad y la intensidad. Como señalaba Linsley *et al* (1977, 69) “Todas las formas de precipitación se miden sobre la base de una columna vertical de agua que se acumularía sobre una superficie a nivel si la precipitación permaneciese en el lugar donde cae.”

Para obtener información acerca de la precipitación, se han desarrollado una gran variedad de instrumentos y técnicas. Entre los instrumentos más comunes están los pluviómetros y los pluviógrafos.

### 2.5.1 Pluviómetros

Estos son aparatos sirven para conocer la altura del agua precipitada. El pluviómetro estándar del U.S. National Weather Service (NWS) tiene un recipiente colector con un diámetro de 20 cm (ver Figura 2.6). Existen diferentes tipos de equipos, de los cuales se pueden resaltar los pluviómetros mecánicos, conformados por una sección receptora, una de guía y una de almacenamiento; Pluviómetros por diferencia de presión, que mide la presión diferencial respecto a la presión ambiental; Pluviómetros de sifón, que básicamente, recolecta información hasta un límite para luego ir vaciando hacia un colector para un registro acumulado controlado, entre otros equipos similares (Renom, 2011).



Figura 2.6. Pluviómetro estándar. Fuente: (Equipamiento Científico, 2023).

### 2.5.2 Pluviógrafos

Dado que puede llover durante todo el día, se hace necesario conocer el comportamiento a lo largo de todo este período de tiempo. Este aparato registra de forma electrónica un dato cada cierto tiempo, en función de cómo sea programado para registrar datos. De esta manera puede observarse el comportamiento durante todo ese lapso. Los tres tipos más importantes de pluviógrafos son: El de cubeta basculante, el de balanza y el de flotador (Linsley *et al*, 1977).

#### A. Pluviógrafo de cubeta basculante

Este tipo de instrumento cuenta con un compartimiento en donde hay dos cubetas, una recibe el agua precipitada y al llenarse produce un desequilibrio que hace que la cubeta voltee la cantidad de agua que contiene. En ese momento se acciona un circuito eléctrico que marca el registro correspondiente (Marquez, 2014).

#### B. Pluviógrafo de balanza

Este instrumento colecta en un recipiente similar al pluviómetro cuyo peso acciona un mecanismo acoplado al dispositivo registrador (Marquez, 2014).

#### C. Pluviógrafo de flotador

Su sistema consiste en un recipiente con un volumen de agua correspondiente a 10 mm de lluvia, de modo que al llenarse se acciona un sifón que libere el recipiente a un siguiente depósito y el flotante retorna a su posición inicial para volver, de manera cíclica, al mismo procedimiento (Marquez, 2014).

### 2.5.3 Técnicas de medición de la precipitación

#### A. Red de pluviómetros

“Los usos para los cuales se presume se puede utilizar la información sobre la precipitación, deberían determinar la densidad de la red. Una red de estaciones relativamente dispersa debería bastar para el estudio de grandes tormentas, o para determinar promedios de grandes áreas planas” (Linsley *et al*, 1977, 58).

#### B. Medición de la precipitación utilizando radar

“Un radar transmite un pulso de energía electromagnética como un rayo en una dirección predeterminada por una antena móvil. El ancho y la forma del rayo se determinan por el tamaño y la configuración de la antena. La onda irradiada, que viaja a velocidad de la luz, se refleja parcialmente por las nubes y por las partículas de precipitación y regresa al radar, donde es recibida por la misma antena” (Linsley *et al*, 1977, 62).

Con respecto a este aspecto de medición, en El Salvador, la Dirección General de Observatorio de Amenazas y Recursos Naturales del MARN, integra y analiza la información de más de 250 estaciones ubicadas en todo el país, que miden la lluvia, los niveles de los ríos, los sismos, el oleaje y las corrientes marinas; elabora modelos analíticos y aplicaciones informáticas; y recopila información que provee la red conformada por más de 600 observadores locales (DGOA, 2022).

## **2.6 Temperatura**

Según Zúñiga (2021, 50) “La radiación solar que incide sobre una superficie determinada experimenta variaciones tanto diarias como anuales, debido a la rotación de la Tierra alrededor de su eje y a su traslación alrededor del sol. La radiación solar y las variaciones correspondientes también dependen de la latitud geográfica. La mayor o menor inclinación con que inciden los rayos solares sobre la superficie terrestre determina la radiación solar incidente, las distintas zonas climáticas y los cambios de estación.”.

La altura solar a una latitud determinada varía con la época del año a través de la declinación solar. La altura solar varía a lo largo del día siendo máxima a las 12:00 MD (hora solar).

Como la radiación que emite la superficie terrestre es prácticamente constante, localmente el balance de energía no es nulo, lo que da lugar a que la temperatura de la superficie de la tierra no sea uniforme ni en el tiempo ni en el espacio. La temperatura muestra variaciones cíclicas diarias, estacionales y anuales. En cuanto a la variación espacial de temperatura, esta es debida en primer lugar a la latitud, pero hay otros factores que influyen en la temperatura, como son la altitud, el tipo de suelo, la proximidad a grandes masas de agua y la nubosidad (Zúñiga, 2021).

## **2.7 Viento**

El viento es el movimiento horizontal del aire relativo a la superficie terrestre. Es una magnitud vectorial y para caracterizarlo hay que medir su dirección, su sentido y modulo. el viento de superficie se mide con la ayuda de un anemómetro (instrumento acoplado a la estación) para la velocidad y una veleta para obtener la dirección y sentido. La velocidad del viento, que también puede llamarse intensidad o fuerza se obtiene en registros con unidades de metros sobre segundo o kilómetros sobre hora.

La dirección y sentido vienen indicadas por el punto del horizonte desde el que sopla el viento, ese punto se llama barlovento, y el viento se dirige hacia sotavento que es el punto diametralmente opuesto. La dirección se especifica con la rosa de los vientos (ver Figura 2.7), denominado el viento con el punto cardinal desde donde sopla. Así, por viento del norte se entiende que el viento se dirige de Norte a Sur. Es también frecuente llamar al viento por el lugar de donde procede y, de este modo, se habla de levante (viento del este), poniente (viento del oeste), terral (viento de tierra), viento polar (procedente del polo), etc. (Zúñiga, 2021).

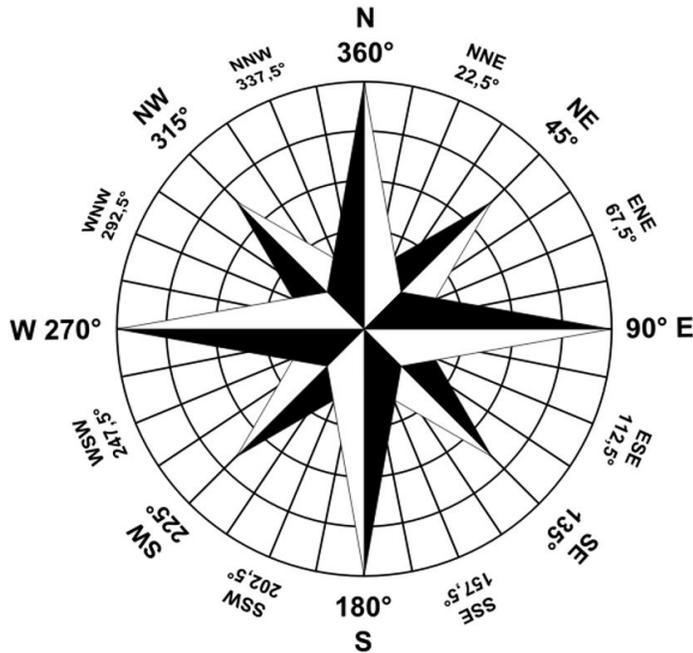


Figura 2.7. Rosa de vientos. Fuente: (Seekpng, 2023).

## 2.8 Clima y precipitación en El Salvador

Según la Dirección General de Observatorio de Amenazas y Recursos Naturales (DGOA), El Salvador está situado en la parte Norte del cinturón tropical de la Tierra, de tal modo que en noviembre y octubre se ve influenciado principalmente por vientos del noreste y, ocasionalmente, por nortes rafagosos que traen aire fresco originado en regiones polares de Norteamérica, pero calentado en gran medida al atravesar el Golfo de México en su camino a Centroamérica.

Según la altura en metros sobre el nivel medio del mar, se distinguen las siguientes tres zonas térmicas en El Salvador, de acuerdo al promedio de la temperatura ambiente a lo largo del año:

### A. De 0 a 800 metros

Promedio de temperatura disminuyendo con la altura de [27-22]°C en las planicies costeras y de [28-22]°C en las planicies internas.

### B. De 800 a 1,200 metros

Promedio de temperatura disminuyendo con la altura de [22-20]°C en las planicies altas y de [21-19]°C en las faldas de montañas.

### C. De 1,200 a 2,700 metros

De  $[20-16]^{\circ}\text{C}$  en planicies altas y valles, de  $[21-19]^{\circ}\text{C}$  en faldas de montañas y de  $[16-10]^{\circ}\text{C}$  en valles y hondonadas sobre 1,800 metros.

Con respecto a lo antes mencionado, la Figura 2.8 representa las variaciones de temperatura en el territorio nacional. Se observa que los lugares más elevados con respecto al nivel del mar (ver Figura 2.9), presentan las temperaturas más bajas.

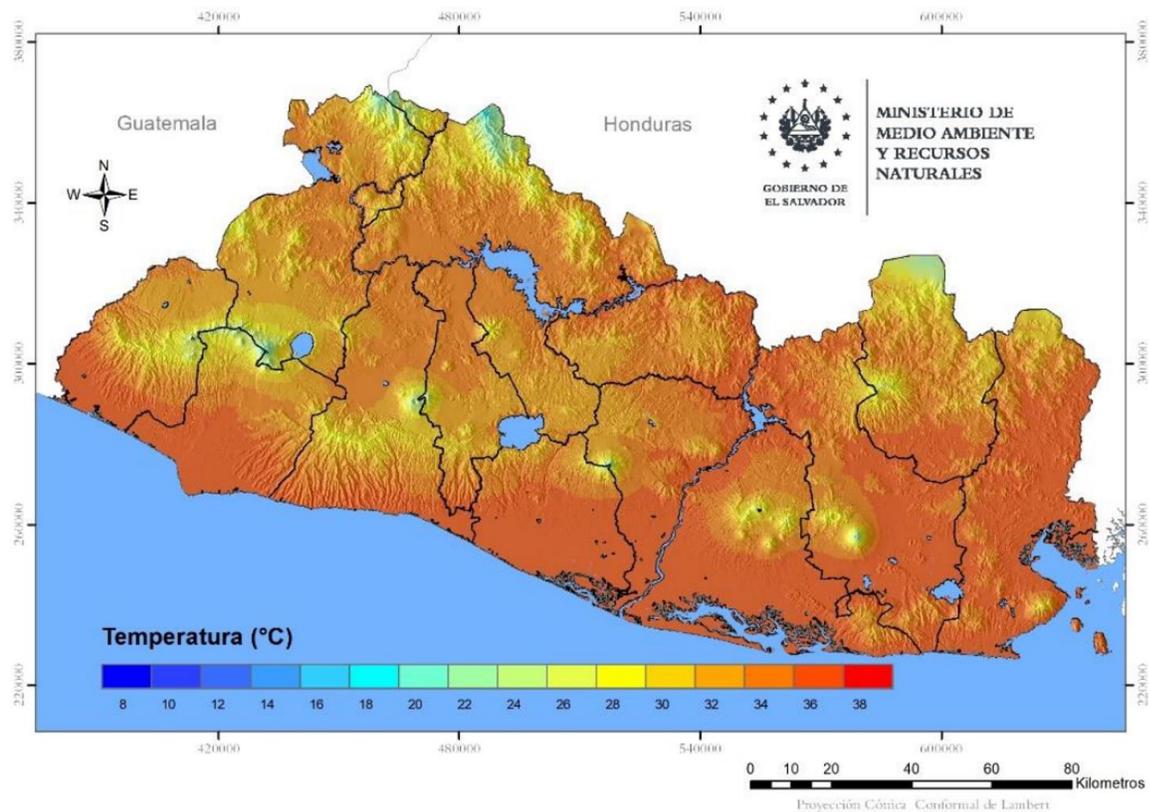


Figura 2.8. Mapa de temperatura máxima promedio anual en El Salvador – 2021. Fuente: (MARN, 2022).



Figura 2.9. Mapa de elevación sobre el nivel del mar de El Salvador. Fuente: (Mapa de El Salvador, 2023).

Debido a los factores de altura, temperatura, ubicación geográfica, entre otros, los registros de precipitación en El Salvador, en su mayoría son de lluvia y llovizna.

En el país, la época lluviosa inicia en mayo y tiene su fin en el mes de octubre, “con transiciones marcadas respecto a la época seca durante abril y noviembre. En medio de los seis meses de lluvias aparece un descenso acentuado de las precipitaciones en muchos lugares a la que se le conoce como Canícula. Dicho fenómeno aparece regularmente durante julio y/o agosto, asociado a períodos de días secos (lluvia  $\leq 1$  mm) consecutivos que en algunos años son prolongados, en especial durante años con eventos El Niño” (García, 2003,1).



## CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

### 3.1 Ubicación de las estaciones

La red meteorológica del proyecto de City Adapt, está compuesta por cuatro estaciones ubicadas en: El Picacho, con coordenadas en latitud Norte  $13^{\circ}45'32''$  y longitud Oeste  $89^{\circ}15'21''$ ; Ecoparque El Espino, con coordenadas en latitud Norte  $13^{\circ}42'2''$  y longitud Oeste  $89^{\circ}16'40''$ ; PROCOMES Central, con coordenadas en latitud Norte  $13^{\circ}43'29''$  y longitud Oeste  $89^{\circ}12'53''$ ; Nejapa, con coordenadas en latitud Norte  $13^{\circ}48'49''$  y longitud Oeste  $89^{\circ}13'50''$ . La Figura 3.1 muestra que el espacio comprendido entre las estaciones tiene un perímetro y área aproximados de 30.87 km y  $37.55 \text{ km}^2$ , respectivamente.

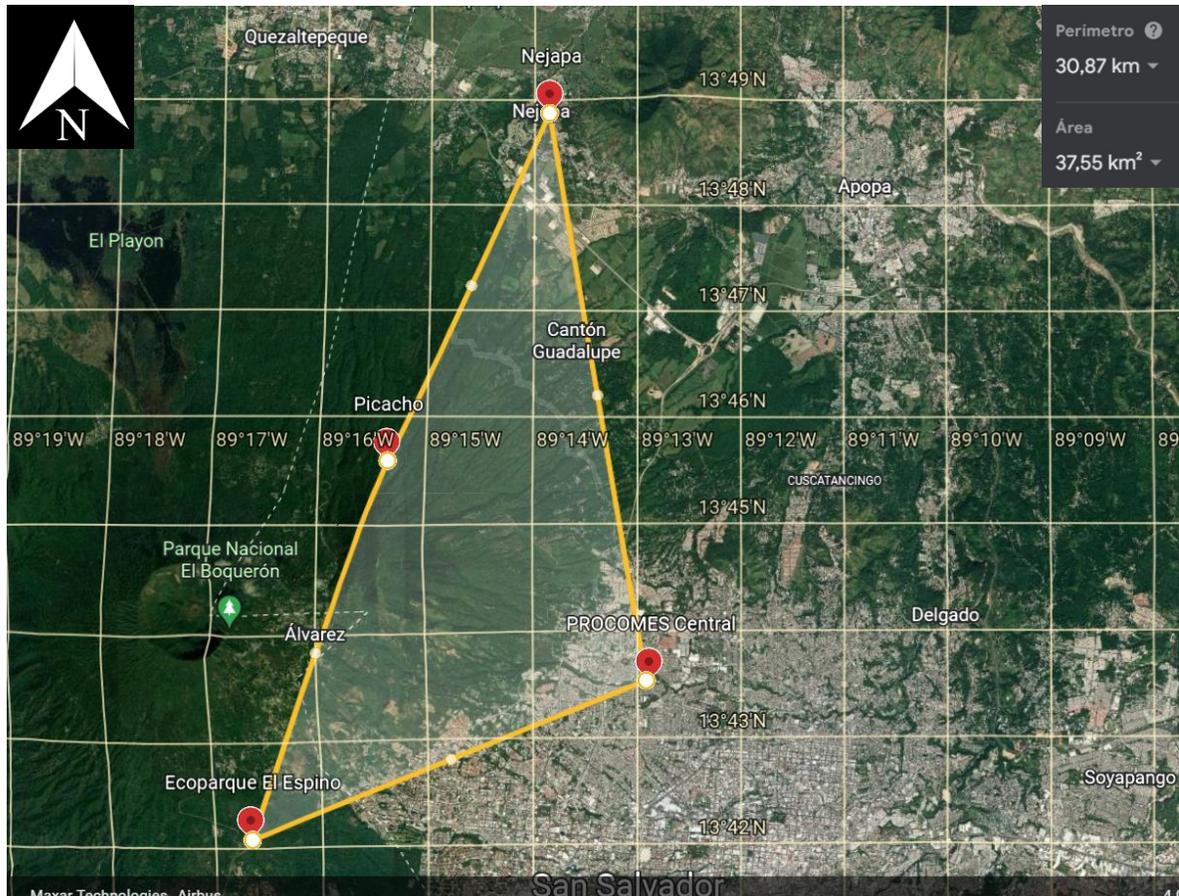


Figura 3.1. Ubicación de la red de estaciones meteorológicas del proyecto de City Adapt. Fuente: (Elaboración propia a partir de Google Earth 02/2023).

Los responsables de PROCOTES proporcionaron los registros de las estaciones del Picacho, Ecoparque El Espino, Nejapa y PROCOTES, los cuales tenían datos de humedad, lluvia, precipitación, presión, temperatura y vientos, durante el período del 2018 al 2022.

Por otra parte, se contó con los registros de otra estación que no pertenece a la red del proyecto. Se trata de la estación de la Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas” UCA (Figura 3.2), con coordenadas en latitud Norte  $13^{\circ}40'52''$  y longitud Oeste  $89^{\circ}14'13''$ .

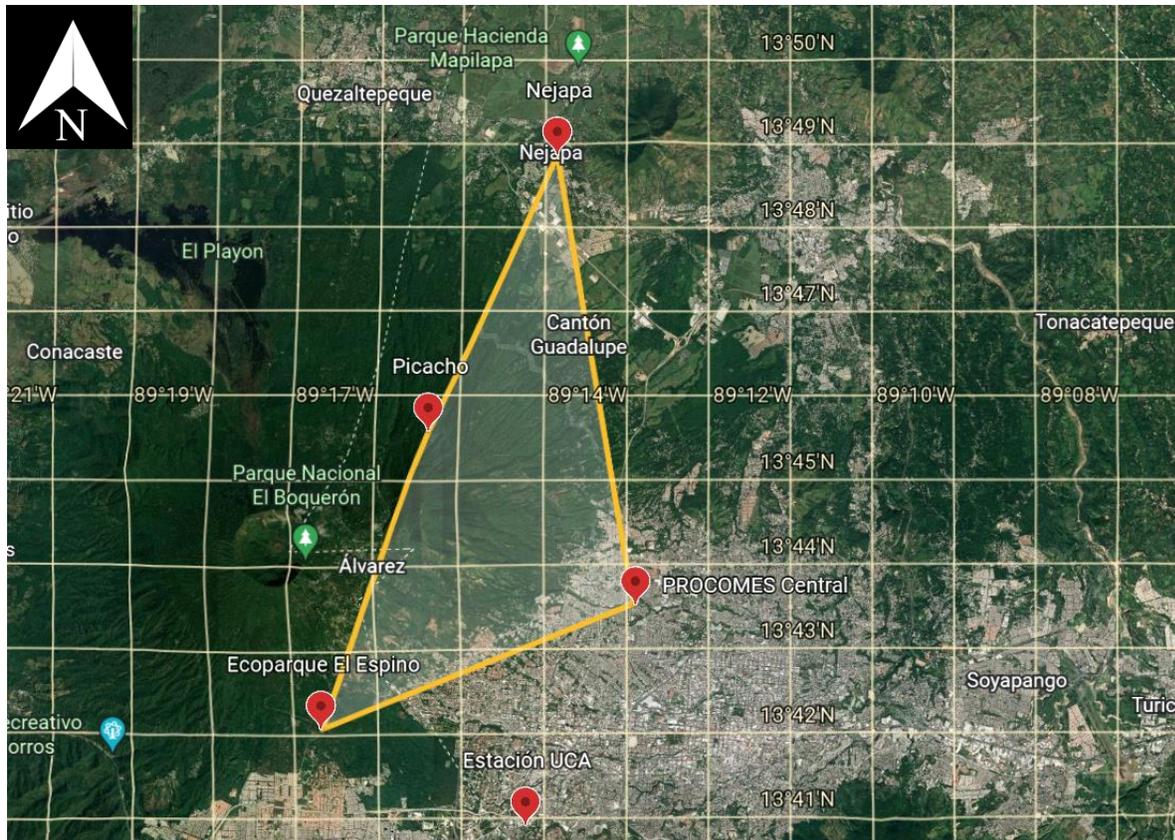


Figura 3.2. Ubicación de la estación meteorológica de la UCA, con respecto a la red de estaciones del proyecto de City Adapt. Fuente: (Elaboración propia a partir de Google Earth 02/2023).

Es importante destacar que las zonas en las que se ubican las estaciones del Picacho y el Ecoparque el Espino tienen características montañosas debido a que están ubicadas en el Volcán de San Salvador. En cuanto a las otras estaciones, tienen altitudes más bajas y se ubican en zonas urbanas donde no hay tanta vegetación a sus alrededores.

### 3.2 Elevación de las estaciones

Debido a que se cuenta con varias estaciones, se hace necesario conocer la elevación que tiene cada punto por lo que a continuación se presentan en la Tabla 3.1, las coordenadas geográficas de cada estación con sus respectivas elevaciones y la Figura 3.3 representa de forma gráfica las elevaciones:

Tabla 3.1. Coordenadas geográficas y elevación de las estaciones meteorológicas.

Estación	Longitud	Latitud	Elevación (m)
El Picacho	-89.255782	13.758931	2128
Ecoparque El Espino	-89.277767	13.700602	1863
PROCOMES Central	-89.214704	13.724614	731
Nejapa	-89.230640	13.813673	458
UCA	-89.236973	13.681187	792

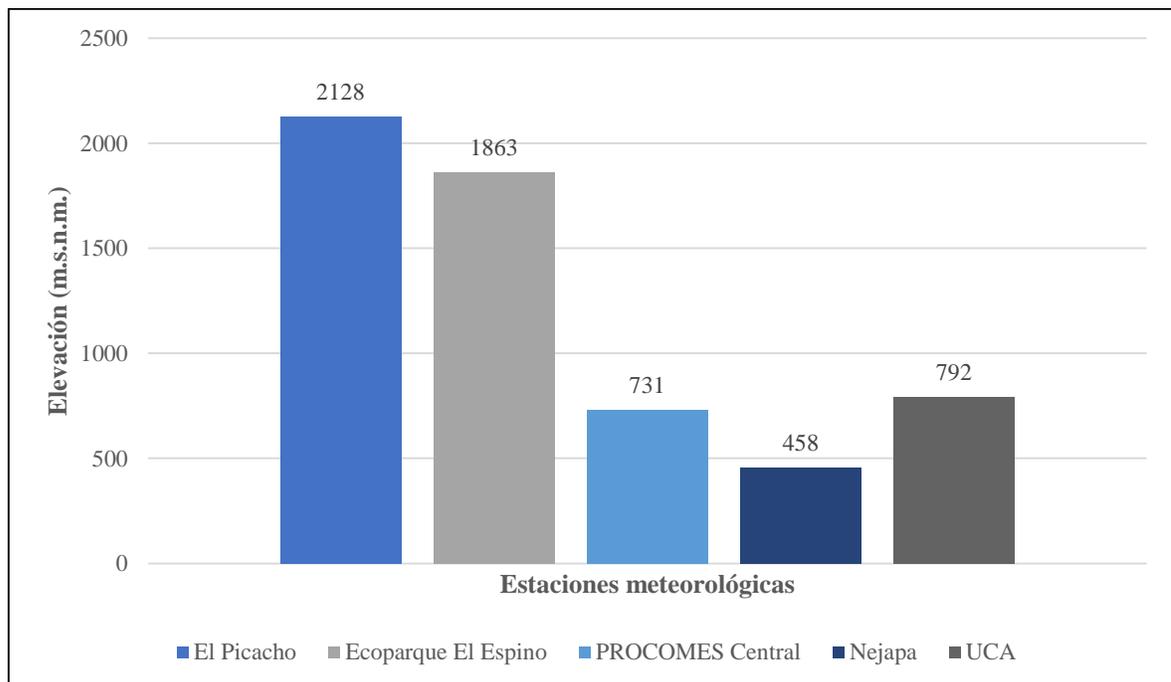


Figura 3.3. Elevación de las estaciones meteorológicas con respecto al nivel del mar.

### 3.3 Características de los registros cuantitativos

Dado el registro de la estación UCA de los años 2019 al 2022, se contó con diferentes parámetros incidentes en las lluvias como presión, temperatura, vientos, precipitación entre otros. Se delimitaron los datos de las variables de mayor interés (temperatura, precipitación y vientos).

Para los datos de 2018, no se obtuvo registro alguno de ninguna estación.

Para los datos de 2019 no se encontró registro de precipitación de la estación UCA; con respecto a los demás parámetros, se encontró con escasa información. Todos los datos registrados estaban a cada 30 minutos. De las demás estaciones no se tuvieron registros.

Para los datos de 2020 se obtuvieron registros de los diferentes parámetros, siendo el intervalo de cada dato obtenido de 30 minutos. Se fue delimitando la cantidad de eventos según su duración en un día completo; de cada día se fue extrayendo un promedio diario con el fin de compactar la información y generalizar de mejor manera el trabajo de dichos datos relevantes, tanto los eventos diarios como mensuales. Una vez obtenida la clasificación se seleccionaron los eventos de interés para su estudio, siendo por duración de tormentas la manera de ordenar y analizar. De las demás estaciones no se tuvieron registros.

Para los datos de 2021 se obtuvieron registros de los diferentes parámetros, siendo el intervalo de cada dato obtenido de 5 minutos. Siempre se manejó de igual manera que el año anterior, la clasificación de datos y ordenamiento para su procesamiento.

Cabe mencionar que se obtuvieron registros de todas las estaciones para este mismo año; sin embargo, al revisar esa información adjunta de las estaciones alejadas de la estación UCA, se observó una falta de información para poder compararlas. De igual manera, se siguió ordenando la información relevante para poder analizar por separado los datos rescatables.

Para los datos de 2022 se obtuvieron registros de los diferentes parámetros, siendo el intervalo de cada dato obtenido de 10 minutos. Como los años anteriores, se siguió ordenando y clasificando los datos de mayor interés. Teniendo siempre el número de tormentas se fueron agrupando según su duración con respecto al tiempo.

Para normalizar los eventos lluviosos se denominaron como tormentas, las cuales se clasificaron según sus duraciones de 5 minutos, 10 minutos, 1 hora, 3 horas, entre otras. Para diferenciar una tormenta de otra, se consideró el tiempo entre ambos eventos como un mínimo de 3 horas. Así pues, si había varios registros en un solo día, se diferenció una tormenta de otra si había al menos 3 horas de separación entre el registro final de una tormenta y el registro inicial de la otra.

En una hoja de Excel se registraron los eventos según el mes que se produjo la tormenta, el día, la hora de inicio, duración y su precipitación acumulada.

La información anterior se organizó en una tabla dinámica para poder seccionar de mejor manera la información. Se agregaron como respaldos más tablas con los rangos delimitados de horas de inicio de tormentas, cantidades de eventos ocurridos para cada año, tablas con precipitaciones acumuladas y el cálculo de su intensidad promedio máxima. Se concluyó con graficas de barra comparativas, histogramas, gráficos de pastel, y gráficos de dispersión para tener mayor comprensión de los fenómenos.

### **3.4 Generación de información cualitativa**

Por otra parte, para tener otro tipo de información acerca del estado de la red meteorológica, se generaron una serie de preguntas dirigidas a la entidad encargada del manejo de la red, con las cuales se pretendía conocer información cualitativa como el manejo del equipo, ubicación, mantenimiento, capacitaciones, entre otras, para poder asociarla con la información generada por las mismas estaciones; e información cuantitativa como montos de inversión del equipo en cuestión.

Se realizó una visita técnica de campo realizada el 15 de enero de 2023, en conjunto con la asesora técnica y un representante del personal de PROCOMES, con la finalidad de solventar dudas respecto de las estaciones y el estado del equipo.



## **CAPÍTULO 4. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

En este capítulo se presentarán los resultados que se obtuvieron luego de realizar un proceso de recopilación y selección, de los archivos proporcionados con datos cuantitativos, con base en los parámetros necesarios para poder comparar el fenómeno de precipitación durante el período de 2018 al 2022; además de la información cualitativa obtenida de la visita de campo y entrevista.

### **4.1 Descripción del registro de lluvia del período 2020 – 2022**

En cuanto a información, el año 2018 no se obtuvo registro alguno en todas las estaciones; de 2019 había registro de los parámetros de interés (temperatura y viento), a excepción de precipitación en estación UCA; con respecto al 2020, solamente se contó con registros a cada 30 minutos en estación UCA; en cuanto al 2021, se observaron registros a cada 5 minutos de todas las estaciones, con la salvedad de que había información incompleta de la red a excepción de la UCA; y finalmente para el 2022, solamente se contó con registros a cada 10 minutos de la estación UCA.

Para el caso en el que no se encontraron registros se representó con las letras ND para indicar esta ausencia de datos.

Dado que la estación UCA es la que presenta los datos de forma más completa para la variable de precipitación, el análisis se realizó únicamente con esta información.

A continuación, se presenta el consolidado de cantidad de tormentas por año en el período de análisis de la estación UCA:

La Tabla 4.1 presenta los datos clasificados por mes y año según los registros que se proporcionaron de la estación UCA. Se observa que para el año 2020, el mes que se presentaron más tormentas fue octubre, con un registro de 34 eventos. Mientras que el 2021, el mes que reportó más lluvias fue agosto con 24. Por último, el año 2022 registró dos meses con más lluvias, los cuales fueron junio y septiembre con 27 eventos cada uno.

Con respecto a la nula o escasa presencia de tormentas, el año 2020 no presenta datos. Para el año 2021 no se presenta ninguna tormenta en febrero y abril; marzo, noviembre y diciembre presentan un registro. Para el año 2022, enero presenta una tormenta, febrero ninguna y marzo dos tormentas.

Tabla 4.1. Registro de tormentas de la estación UCA del 2020 – 2022.

Mes/Año	Tormentas		
	2020	2021	2022
Enero	ND	ND	1
Febrero	ND	0	0
Marzo	3	1	2
Abril	3	0	8
Mayo	26	ND	14
Junio	22	22	27
Julio	32	18	23
Agosto	ND	24	25
Septiembre	25	18	27
Octubre	34	14	8
Noviembre	17	1	5
Diciembre	2	1	ND
<b>Total</b>	164	99	140

En la Figura 4.1 se observa una comparativa de datos de los tres años en la estación UCA. Se puede afirmar que, para el rango de tiempo establecido, el período de época lluviosa es de mayo a octubre, ya que es donde más eventos se presentaron.

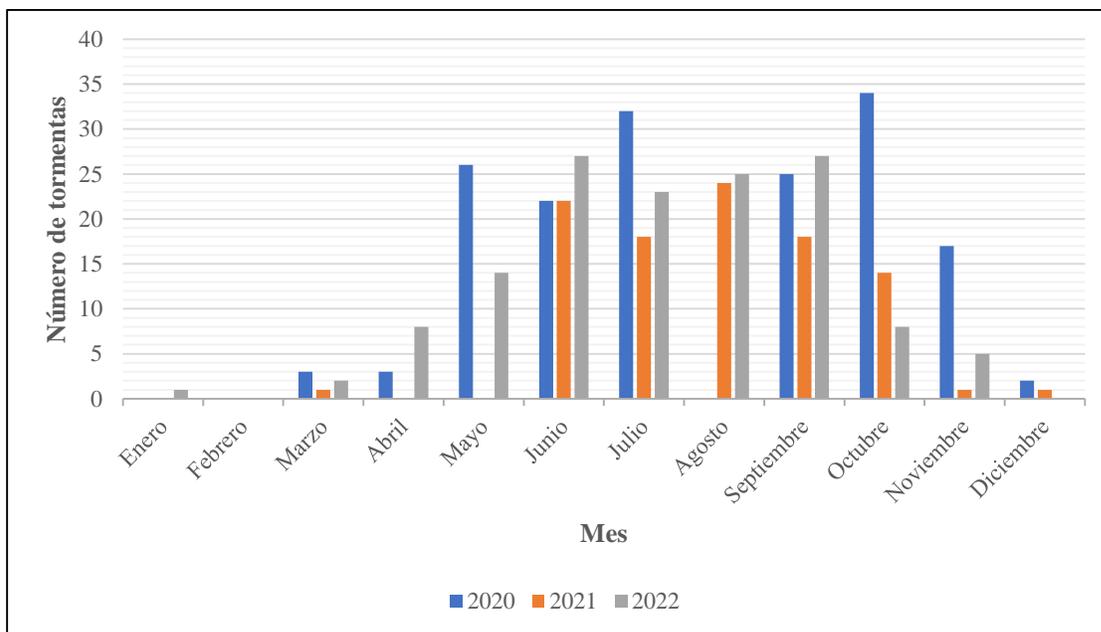


Figura 4.1. Total de tormentas de la estación UCA del 2020 – 2022.

En la Tabla 4.2 se presenta el total de tormentas por año, agrupadas en franjas horarias de seis horas. Esto se realizó con la finalidad de delimitar las tormentas que cayeron durante horarios diurnos y horarios nocturnos.

Las franjas horarias donde se registraron la mayor cantidad de eventos lluviosos fueron entre las 12:00 AM – 5:59:59 AM, con 61 eventos. Y las que menos reportaron son de la franja de 6:00 AM – 11:59:59 AM, con 18 eventos.

Para el año 2021, las franjas horarias donde se registraron la mayor cantidad de eventos lluviosos fueron entre las 6:00 PM – 11:59:59 PM, con 43 eventos. Y las que menos reportaron son de la franja de 6:00 AM – 11:59:59 AM, con 6 eventos.

En el caso del año 2022, las franjas horarias donde se registraron la mayor cantidad de eventos lluviosos fueron entre las 6:00 PM – 11:59:59 PM, con 65 eventos. Y las que menos reportaron son de la franja de 6:00 AM – 11:59:59 AM, con 12 eventos.

Tabla 4.2. Registro de tormentas por franjas horarias de la estación UCA.

Franja horaria (hh:mm:ss)	Tormentas		
	2020	2021	2022
12:00:00 AM – 5:59:59 AM	61	18	27
6:00:00 AM – 11:59:59 AM	18	6	12
12:00:00 MD – 5:59:59 PM	33	32	36
6:00:00 PM – 11:59:59 PM	52	43	65
<b>Total</b>	164	99	140

Como puede observarse en la Tabla 4.3, se presenta el total de tormentas por cada año, agrupadas en sus respectivas horas de inicio durante el horario AM. Para los tres años, las horas en las que hubo mayor cantidad de eventos fueron entre las 12:00 AM y 2:00 AM.

Tabla 4.3. Registro de tormentas que inician en horario AM de la estación UCA.

Hora a la que inician (hh:mm)	Tormentas		
	2020	2021	2022
12:00 – 12:59	20	7	11
01:00 – 01:59	8	5	5
02:00 – 02:59	7	2	2
03:00 – 03:59	8	1	3

Hora a la que inician (hh:mm)	Tormentas		
	2020	2021	2022
04:00 – 04:59	8	1	3
05:00 – 05:59	10	2	3
06:00 – 06:59	1	0	2
07:00 – 07:59	4	2	2
08:00 – 08:59	6	0	1
09:00 – 09:59	3	0	2
10:00 – 10:59	3	3	2
11:00 – 11:59	1	1	3
<b>Total</b>	<b>79</b>	<b>24</b>	<b>39</b>

Según se muestra en la Figura 4.2, se logra ver que el año con más tormentas fue el 2020, seguido del año 2022. Es evidente que los eventos lluviosos tuvieron la tendencia de iniciar en su mayoría entre las 12:00 AM – 2:00 AM.

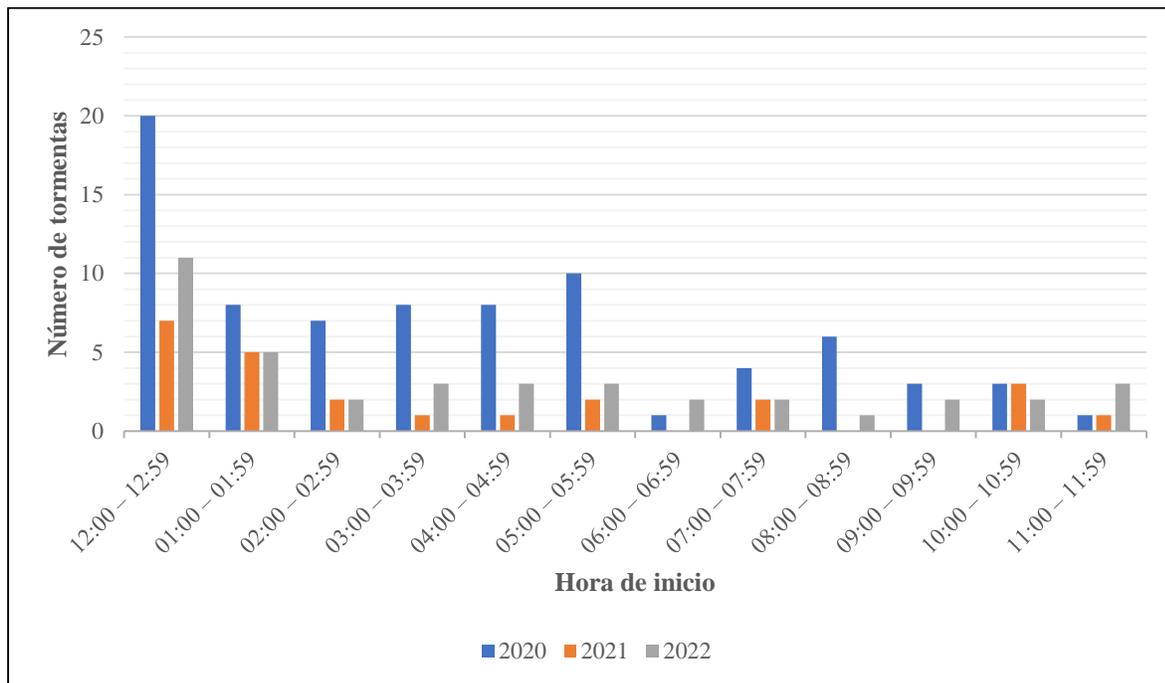


Figura 4.2. Tormentas en franja horaria AM de la estación UCA.

Para el caso del horario PM, la Tabla 4.4 muestra que para el año 2020, la mayoría de tormentas dieron inicio de 9:00 PM a 10:00 PM. En el caso del 2021, fue de 8:00 PM a 9:00 PM. Y finalmente para el año 2022, se dieron de 8:00 PM a 9:00 PM.

Tabla 4.4. Registro de tormentas que inician en horario PM de la estación UCA.

<b>Hora a la que inician (hh:mm)</b>	<b>Tormentas</b>		
	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>
12:00 – 12:59	4	7	4
01:00 – 01:59	3	4	3
02:00 – 02:59	8	3	5
03:00 – 03:59	5	4	5
04:00 – 04:59	5	9	8
05:00 – 05:59	8	5	11
06:00 – 06:59	3	6	9
07:00 – 07:59	7	6	13
08:00 – 08:59	9	14	16
09:00 – 09:59	14	5	12
10:00 – 10:59	8	7	12
11:00 – 11:59	11	5	3
<b>Total</b>	85	75	101

En la Figura 4.3 se visualiza que para todos los años, las tormentas tienden a iniciar en las horas más bajas, de 7:00 PM en adelante. Se puede ver una tendencia hacia la derecha, demostrando que de 7:00 PM en adelante, se incrementa el inicio de las tormentas en horario PM.

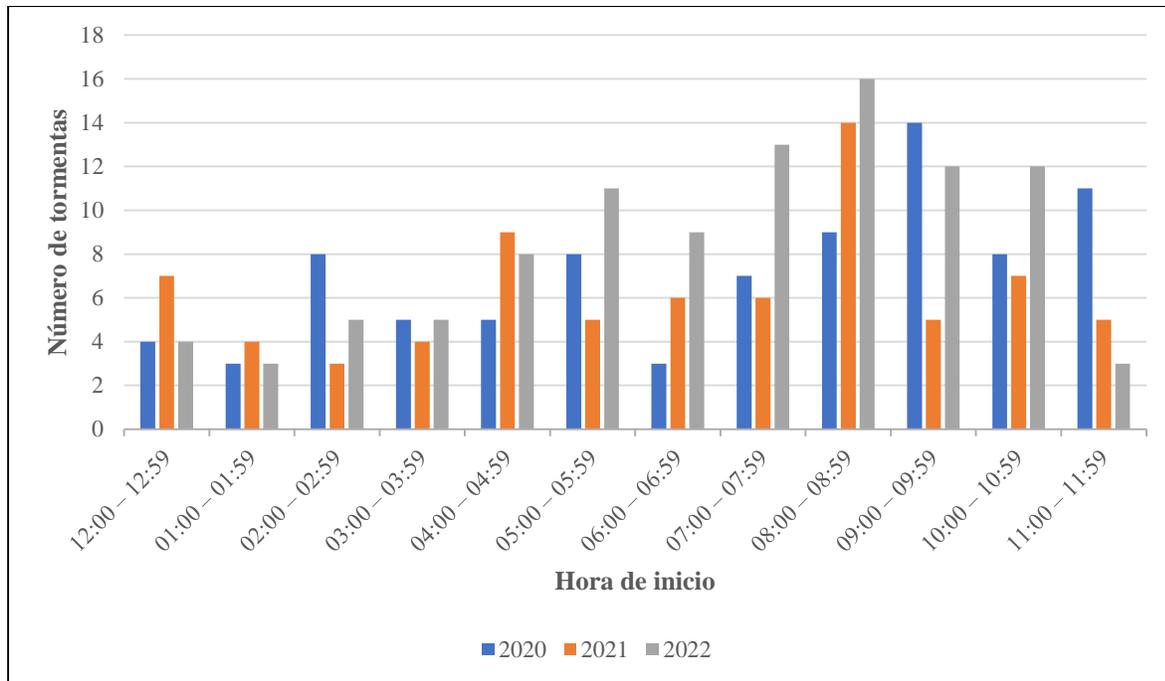


Figura 4.3. Tormentas en franja horaria PM de la estación UCA.

En la Tabla 4.5, Tabla 4.6 y Tabla 4.7 se presentan las tormentas de los años 2020, 2021 y 2022, clasificadas según su duración. Para cada duración se muestra la precipitación máxima y mínima, así como la precipitación promedio acumulada y su desviación estándar.

Para el año 2020, según la Tabla 4.5, la mayoría de tormentas que se dieron fueron de corta y mediana duración (entre 30 minutos, 1 hora, 2 horas y 3 horas). Se puede observar también que a medida aumenta la variable de duración, aumenta también la precipitación promedio acumulada, es decir que las tormentas más largas tienden a acumular más lluvia. Sin embargo, no se puede decir lo mismo de las tormentas de 4 horas en adelante, ya que la tendencia se vuelve inversamente proporcional. Con respecto a la desviación de la precipitación promedio, se puede decir que las tormentas de 3 horas y las de 1 día, son las que presentan más dispersión de sus datos con respecto a ese promedio.

Tabla 4.5. Precipitaciones promedio acumuladas según duración de la estación UCA – 2020.

Duración (hh:mm)	Número de tormentas	Precipitación acum. máx. (mm)	Precipitación acum. mín. (mm)	Precipitación acum. prom. (mm)	Desviación estándar
00:30	47	3.20	0.20	0.58	0.72
01:00	45	26.20	0.40	4.73	5.86

<b>Duración (hh:mm)</b>	<b>Número de tormentas</b>	<b>Precipitación acum. máx. (mm)</b>	<b>Precipitación acum. mín. (mm)</b>	<b>Precipitación acum. prom. (mm)</b>	<b>Desviación estándar</b>
01:30	12	15.40	0.80	5.80	4.01
02:00	33	30.00	0.80	9.17	8.09
03:00	15	42.20	2.00	15.36	11.87
04:00	5	28.60	8.20	14.84	7.10
05:00	2	15.40	8.60	12.00	3.40
06:00	2	11.80	7.20	9.50	2.30
1 día*	3	169.00	23.00	84.67	61.72
<b>Total</b>	164				

\*Registro de tormenta Amanda, tomado por fecha de ocurrencia.

Para el año 2021, según la Tabla 4.6, la mayoría de tormentas que se dieron fueron de corta duración (entre 15 minutos, 30 minutos y 1 hora). Se puede observar también que a medida aumenta la variable de duración, aumenta también la precipitación promedio acumulada, es decir que las tormentas más largas tienden a acumular más lluvia. En el caso de la tormenta de 4 horas de duración, la precipitación promedio acumulada no cumple con lo anteriormente dicho, sin embargo, ya que sólo se obtuvo una tormenta, no representa mayor cambio de la tendencia.

Con respecto a la desviación de la precipitación promedio, se puede decir que las tormentas de 1:30 y 2 horas, son las que presentan más dispersión de sus datos con respecto a ese promedio.

Tabla 4.6. Precipitaciones promedio acumulada según duración de la estación UCA – 2021.

<b>Duración (hh:mm)</b>	<b>Número de tormentas</b>	<b>Precipitación acum. máx. (mm)</b>	<b>Precipitación acum. mín. (mm)</b>	<b>Precipitación acum. prom. (mm)</b>	<b>Desviación estándar</b>
00:05	1	0.20	0.20	0.20	0.00
00:15	16	8.40	0.80	2.20	1.91
00:30	21	14.00	1.20	4.21	3.28
00:45	8	13.60	1.80	6.80	3.60
01:00	28	26.60	0.60	9.49	6.66
01:30	4	24.20	5.40	14.00	8.16
02:00	13	32.80	5.20	18.18	9.24

<b>Duración (hh:mm)</b>	<b>Número de tormentas</b>	<b>Precipitación acum. máx. (mm)</b>	<b>Precipitación acum. mín. (mm)</b>	<b>Precipitación acum. prom. (mm)</b>	<b>Desviación estándar</b>
03:00	6	26.60	11.60	19.30	5.89
04:00	1	13.00	13.00	13.00	0.00
06:00	1	30.40	30.40	30.40	0.00
<b>Total</b>	99				

Para el año 2022, según la Tabla 4.7, las tormentas se dieron de forma dispersa en cuanto a corta y mediana duración, ya que hay hasta 37 tormentas de 30 minutos y 11 tormentas de 3 horas. Se puede observar también que a medida aumenta la variable de duración, aumenta también la precipitación promedio acumulada, es decir que las tormentas más largas tienden a acumular más lluvia. En el caso de la tormenta de 4 horas de duración, la precipitación promedio acumulada no cumple con lo anteriormente dicho; de este caso se puede decir también que su desviación es alta, razón por la que también su promedio no cumple con la tendencia.

Tabla 4.7. Precipitaciones promedio acumulada según duración de la estación UCA – 2022.

<b>Duración (hh:mm)</b>	<b>Número de tormentas</b>	<b>Precipitación acum. máx. (mm)</b>	<b>Precipitación acum. mín. (mm)</b>	<b>Precipitación acum. prom. (mm)</b>	<b>Desviación estándar</b>
00:20	1	0.80	0.80	0.80	0.00
00:30	37	25.40	1.10	5.57	5.76
00:40	1	6.10	6.10	6.10	0.00
01:00	36	36.60	2.30	7.95	7.56
01:30	9	34.90	3.90	10.83	8.82
02:00	30	46.60	4.10	15.49	11.05
02:30	4	31.90	6.80	17.78	9.02
03:00	11	63.30	8.00	23.22	19.41
03:30	1	37.90	37.90	37.90	0.00
04:00	9	52.50	13.10	28.40	13.72
05:00	1	56.70	0.80	56.70	0.00
06:00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Total</b>	140				

Según la Tabla 4.8, se presenta la precipitación acumulada de forma mensual y de manera anual en la estación UCA. El año que acumuló mayor precipitación fue el 2022, con 1733.8 mm, seguido del 2020 con 1193.6 mm. Por otra parte, en el 2020 el mes con mayor precipitación acumulada fue mayo, dato que reflejó el paso de la Tormenta tropical Amanda durante los últimos días del mes. Otra de las tormentas que afectaron al país fue la Tormenta tropical Cristóbal, cuyo acontecimiento se dio inmediatamente después de la tormenta Amanda, en el mes de junio. Sin embargo, sólo se tuvo registro del 01 de junio y luego hasta el 08 de junio, por lo que de los días 2 al 7, no se presentó registro alguno, por lo que la influencia de esta última tormenta no puede verse reflejada en el dato total del mes de junio, como sí ocurre con mayo.

Tabla 4.8. Precipitación acumulada mensual y anual de la estación UCA.

	<b>Precipitación acumulada mensual y anual (mm)</b>				
<b>Mes/Año</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>
Enero	ND	ND	ND	ND	3.10
Febrero	ND	ND	ND	0.00	0.00
Marzo	ND	ND	6.00	1.60	3.20
Abril	ND	ND	35.80	0.00	71.20
Mayo	ND	ND	388.20	ND	141.60
Junio	ND	ND	155.80	254.60	253.50
Julio	ND	ND	203.00	102.40	380.30
Agosto	ND	ND	ND	224.60	395.50
Septiembre	ND	ND	174.40	161.60	290.70
Octubre	ND	ND	141.20	133.60	142.20
Noviembre	ND	ND	81.20	14.00	52.50
Diciembre	ND	ND	8.00	0.60	ND
<b>Total</b>	-	-	1193.60	893.00	1733.80

La Tabla 4.9, presenta la información obtenida de los registros de la red de estaciones para el año 2021. Se puede ver que, debido a la ausencia de datos, no es posible comparar los datos con los de la estación de la UCA.

Tabla 4.9. Precipitación acumulada mensual de todas las estaciones – 2021.

Mes/Estación	Picacho	El Espino	PROCOMES	Nejapa
Enero	ND	ND	ND	ND
Febrero	ND	ND	ND	ND
Marzo	11.00	ND	9.00	24.00
Abril	ND	ND	38.00	84.00
Mayo	ND	ND	111.00	56.00
Junio	50.00	234.00	268.00	82.00
Julio	46.00	ND	193.00	222.00
Agosto	117.00	ND	300.00	314.00
Septiembre	ND	ND	ND	ND
Octubre	ND	ND	ND	ND
Noviembre	ND	ND	ND	ND
Diciembre	ND	ND	ND	ND

Para delimitar el análisis de tormentas, se procedió a seleccionar una muestra de tormentas que no fueran ni cortas ni extensas en duración y que tuvieran suficientes valores para poder elegir lluvias representativas. Por consiguiente, se escogieron las tormentas de 3 horas del 2020, 2021 y 2022 de la estación UCA.

## 4.2 Análisis de tormentas

### 4.2.1 Tormentas analizadas del año 2020, duración de 3 horas.

A continuación se presenta la información procesada del año 2020:

La Figura 4.4 muestra la tormenta del 13 de mayo que inició a las 8:00 PM, con un comportamiento inicial elevado con respecto a la precipitación total. Se observa que a medida transcurre el tiempo, este comportamiento decae gradualmente. El valor más alto lo registra a la hora de iniciada la tormenta, con un valor de 18.8 mm.

La Figura 4.5 indica que para la tormenta del 13 de mayo, la tendencia de la lluvia acumulada es incremental hasta alcanzar el máximo de su duración. Se observa que después de transcurridos los primeros 30 minutos, la lluvia acumulada incrementa abruptamente, pasando de 2.4 mm a 21.2 mm, y luego la curva crece de forma suavizada. La intensidad máxima calculada fue de 0.627 mm por cada minuto.

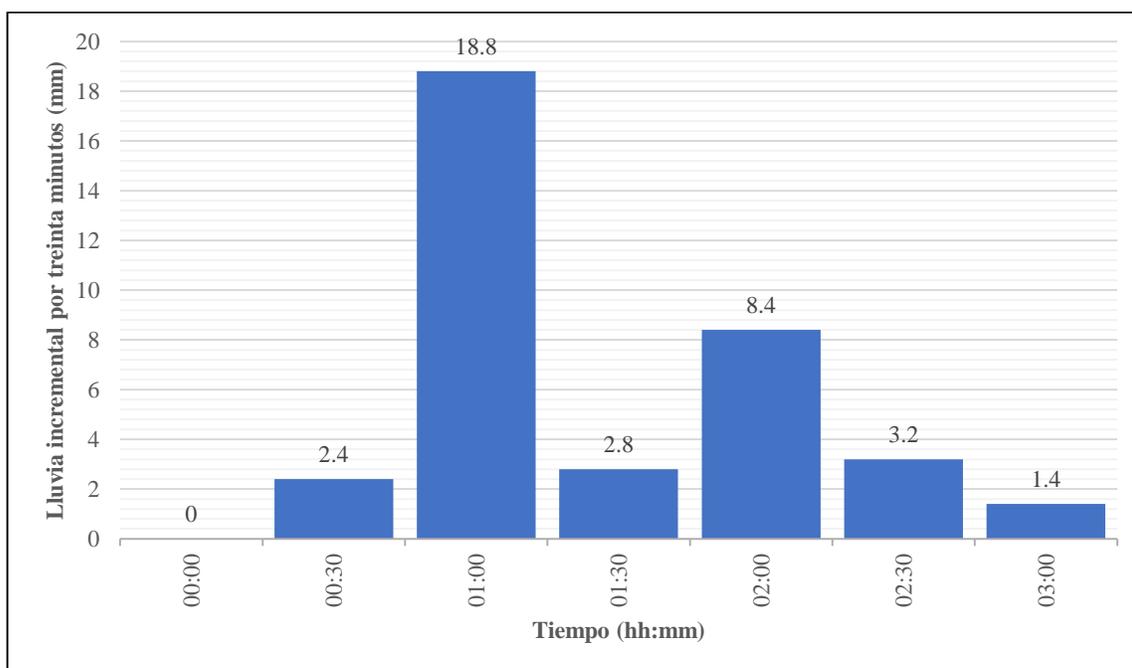


Figura 4.4. Histograma de lluvia incremental para tormenta con duración de 3 horas de la estación UCA – (13/05/2020).

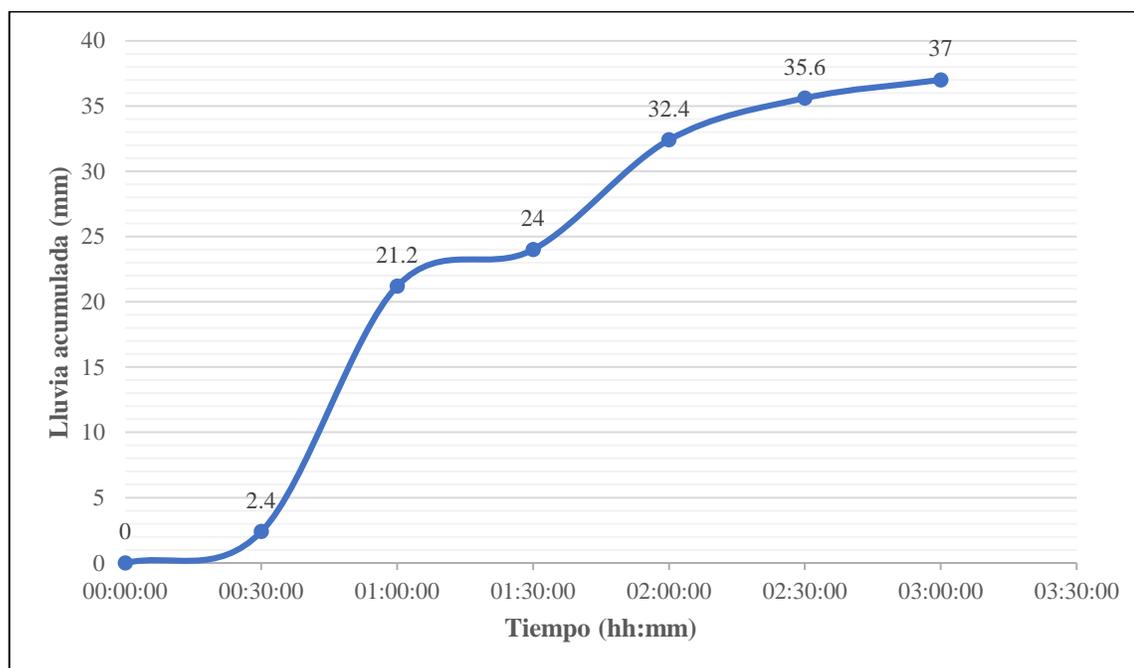


Figura 4.5. Histograma de lluvia acumulada para tormenta con duración de 3 horas de la estación UCA – (13/05/2020).

La Figura 4.6 muestra la tormenta del 29 de junio que inició a las 2:30 AM. Se observa una tormenta leve durante la primera mitad de su duración total. El valor más alto lo registra a las 2 horas luego de iniciada la tormenta, con un valor de 5.0 mm.

La Figura 4.7 indica que para la tormenta del 29 de junio, comenzó con una pendiente suave hasta la mitad de su duración total, 1:30 horas. A partir de este tiempo, incrementó considerablemente hasta las 2 horas después de iniciada (de 1.4 mm a 6.4 mm) y luego volvió a estabilizarse hasta su fin. La intensidad máxima calculada fue de 0.167 mm por cada minuto.

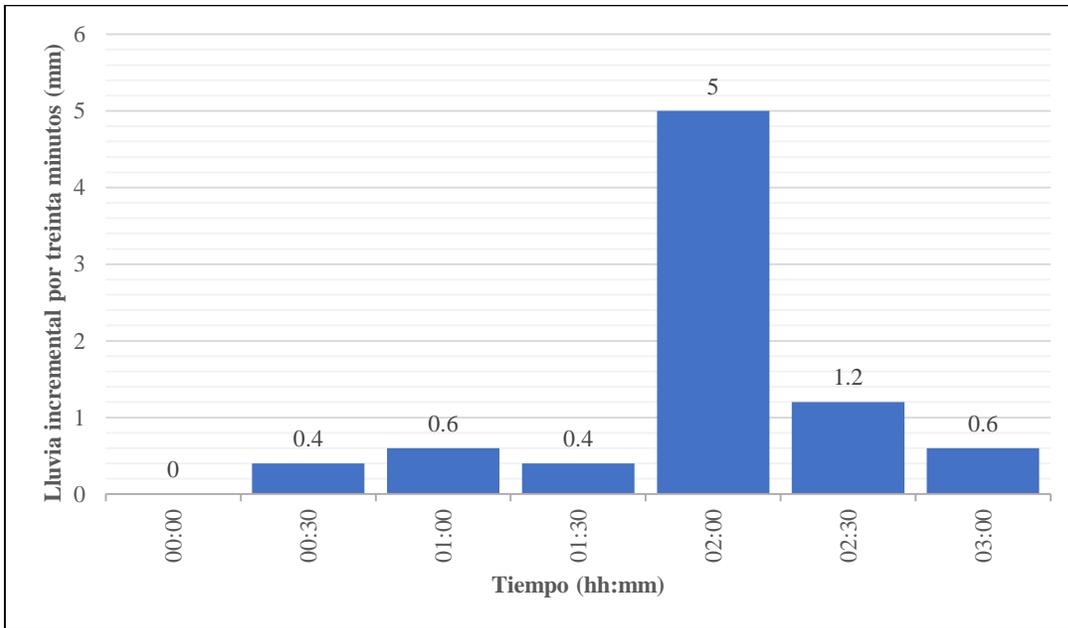


Figura 4.6. Histograma de lluvia incremental para tormenta con duración de 3 horas de la estación UCA – (29/06/2020 H).

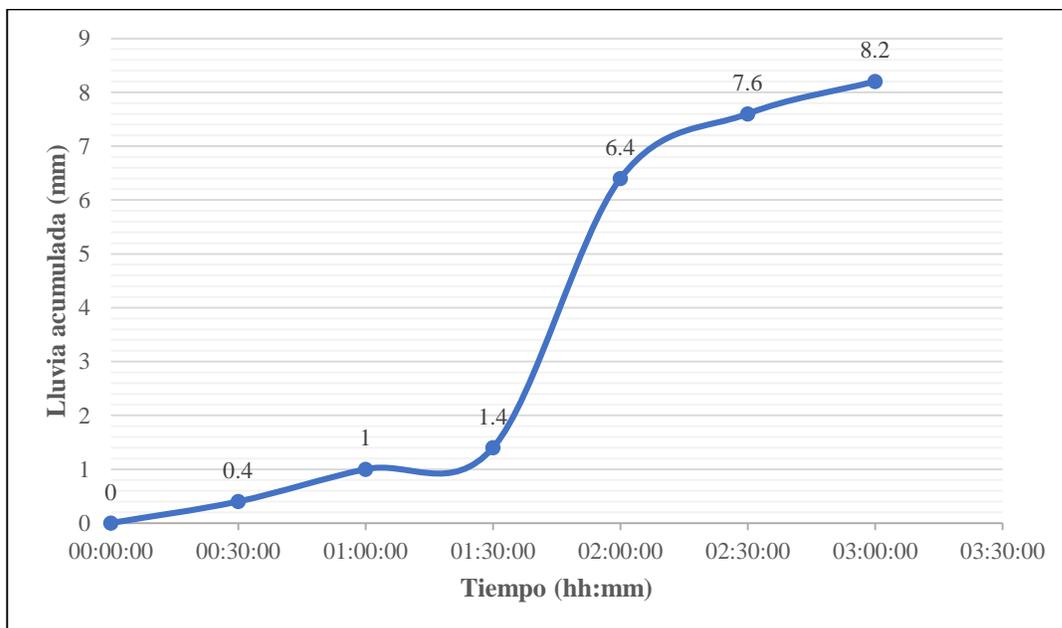


Figura 4.7. Histograma de lluvia acumulada para tormenta con duración de 3 horas de la estación UCA – (29/06/2020).

En la Figura 4.8 se presentan en un gráfico todas las tormentas con duración de 3 horas del año 2020. En él se indican la envolvente máxima, mínima y promedio. Se puede observar que, en promedio, las tormentas de 3 horas tienden a alcanzar el 40% de su total en la primera hora transcurrida. Luego mantiene una tendencia lineal creciente hasta el fin del evento.

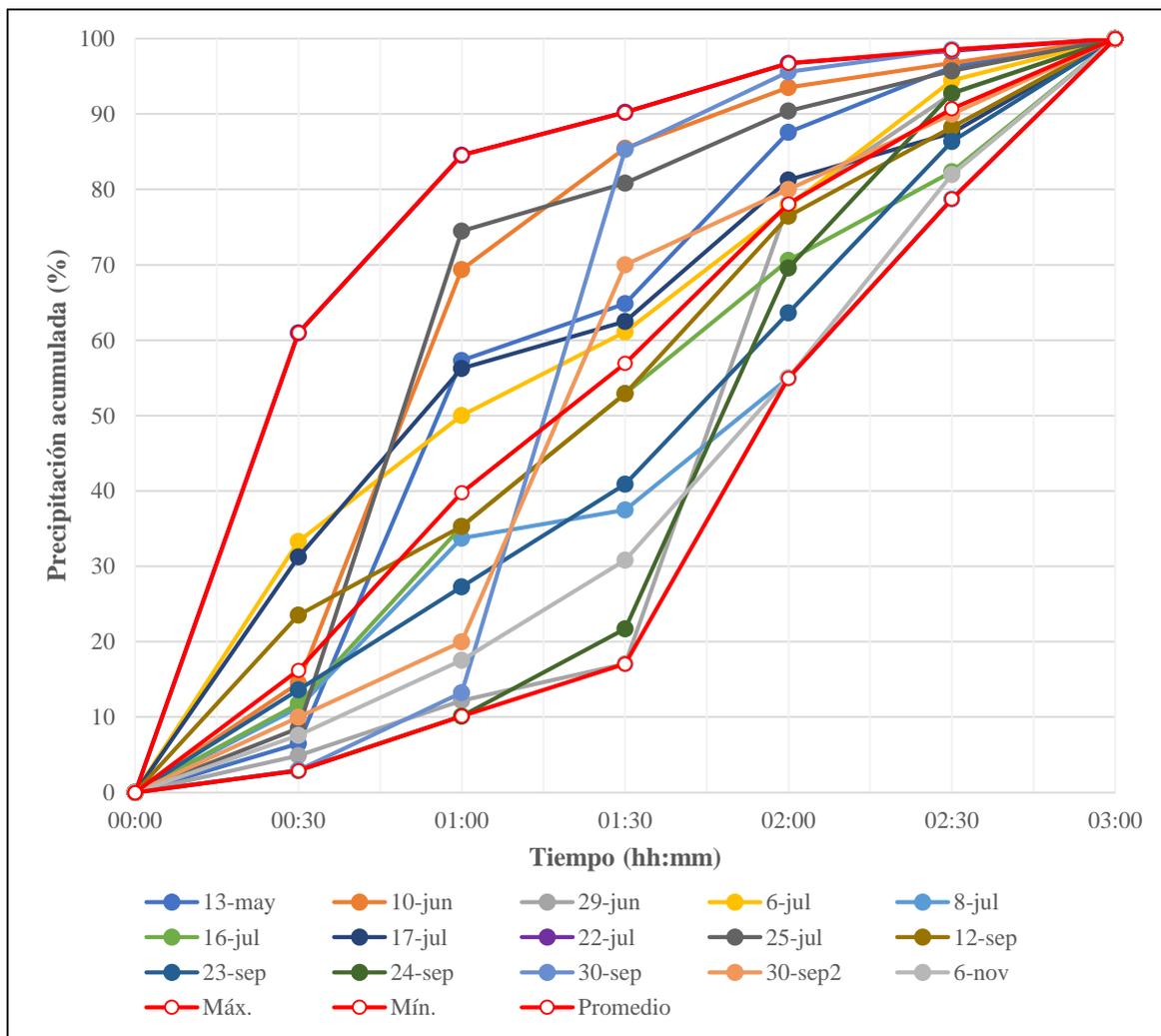


Figura 4.8. Porcentaje de precipitación acumulada de eventos con duración de 3 horas de la estación UCA – 2020.

#### 4.2.2 Tormentas analizadas del año 2021, duración de 3 horas.

A continuación se presenta la información procesada del año 2021:

La Figura 4.9 muestra la tormenta del 06 de septiembre que inició a las 7:25 PM. Se observa que inicia de manera fuerte durante primeros 15 minutos, con un valor de 2.2 mm, y luego desciende y se mantiene constante hasta su fin.

La Figura 4.10 indica que para la tormenta del 06 de septiembre, comenzó con una pendiente alta hasta los primero 30 minutos, con un valor de precipitación acumulada de 6.2 mm y luego incrementó ligeramente, siguiendo una tendencia creciente lineal. La intensidad máxima calculada fue de 0.440 mm por cada minuto.

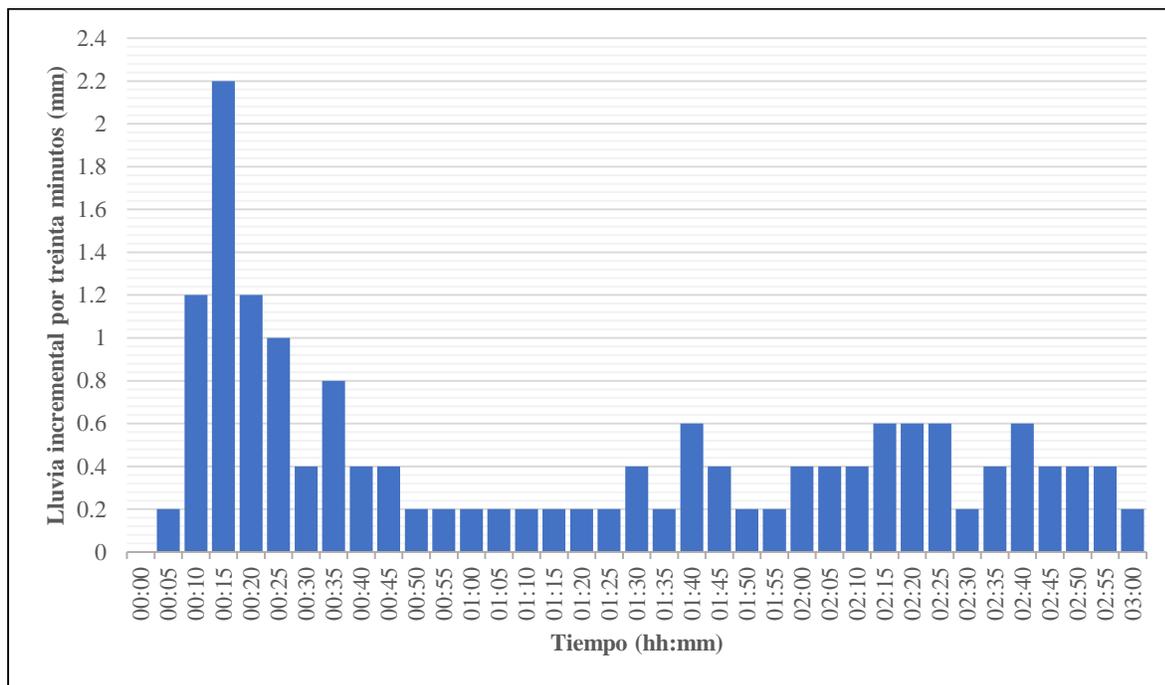


Figura 4.9. Histograma de lluvia incremental para tormenta con duración de 3 horas de la estación UCA – (06/09/2021).

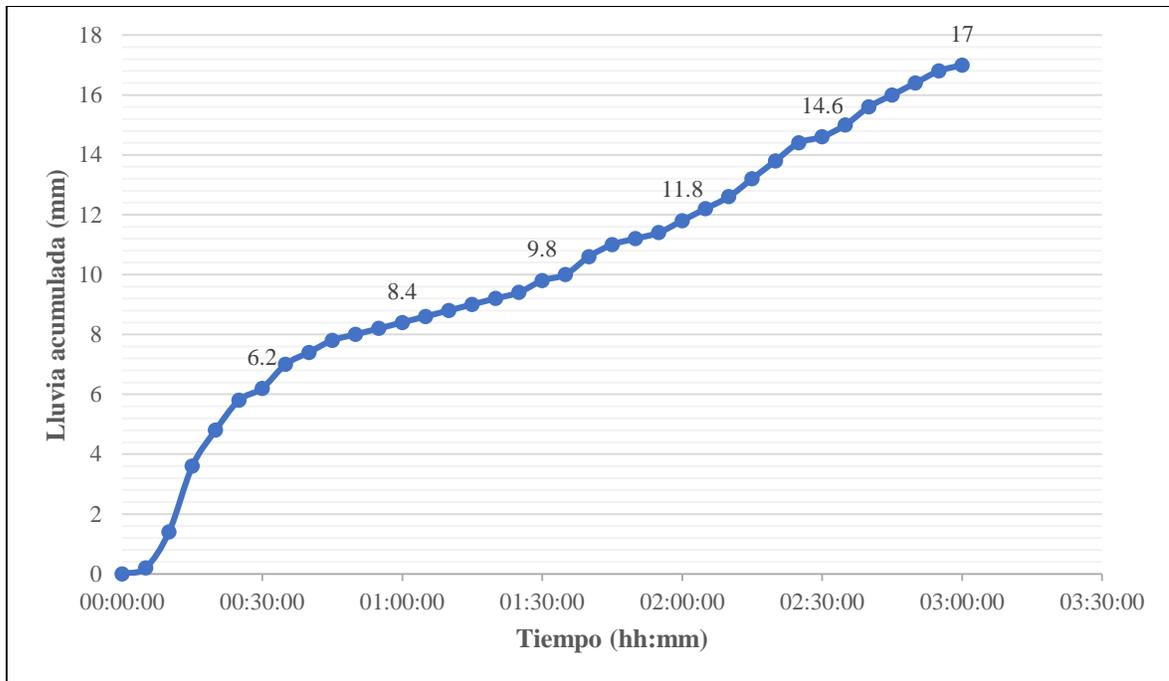


Figura 4.10. Histograma de lluvia acumulada para tormenta con duración de 3 horas de la estación UCA – (06/09/2021).

La Figura 4.11 muestra la tormenta del 07 de octubre que inició a las 5:25 PM, con un comportamiento inicial bajo y constante hasta los primeros 35 minutos, donde comienzan a registrarse valores progresivamente hasta los 50 minutos donde alcanza el punto más alto, con 5.2 mm, para luego descender gradualmente hasta 1:15 minutos luego de iniciada la tormenta. Luego se mantiene constante entre 0.2 mm y 0.4 mm hasta su final.

La Figura 4.12 indica que para la tormenta del 07 de octubre, la tendencia de la lluvia acumulada es incremental hasta alcanzar el máximo de su duración. Se observa que después de transcurridos los primeros 30 minutos, la lluvia acumulada incrementa abruptamente, pasando de 1.8 mm a 19.4 mm, y luego la curva crece de forma suavizada. La intensidad máxima calculada fue de 1.040 mm por cada minuto.

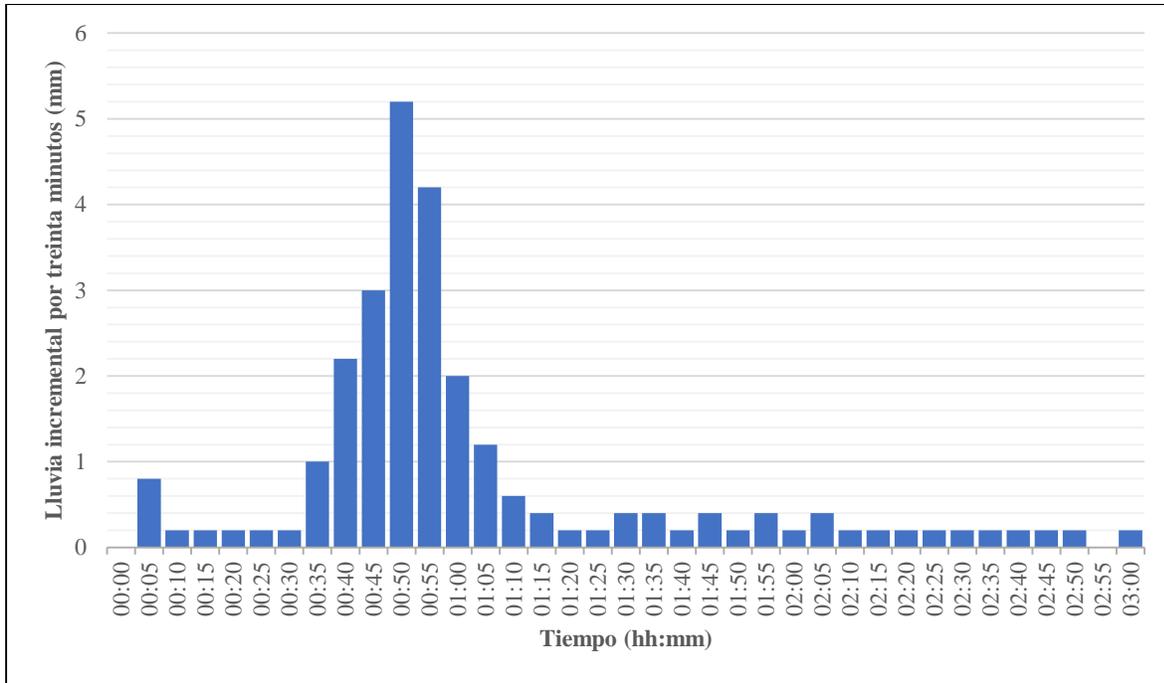


Figura 4.11. Histograma de lluvia incremental para tormenta con duración de 3 horas de la estación UCA – (07/10/2021).

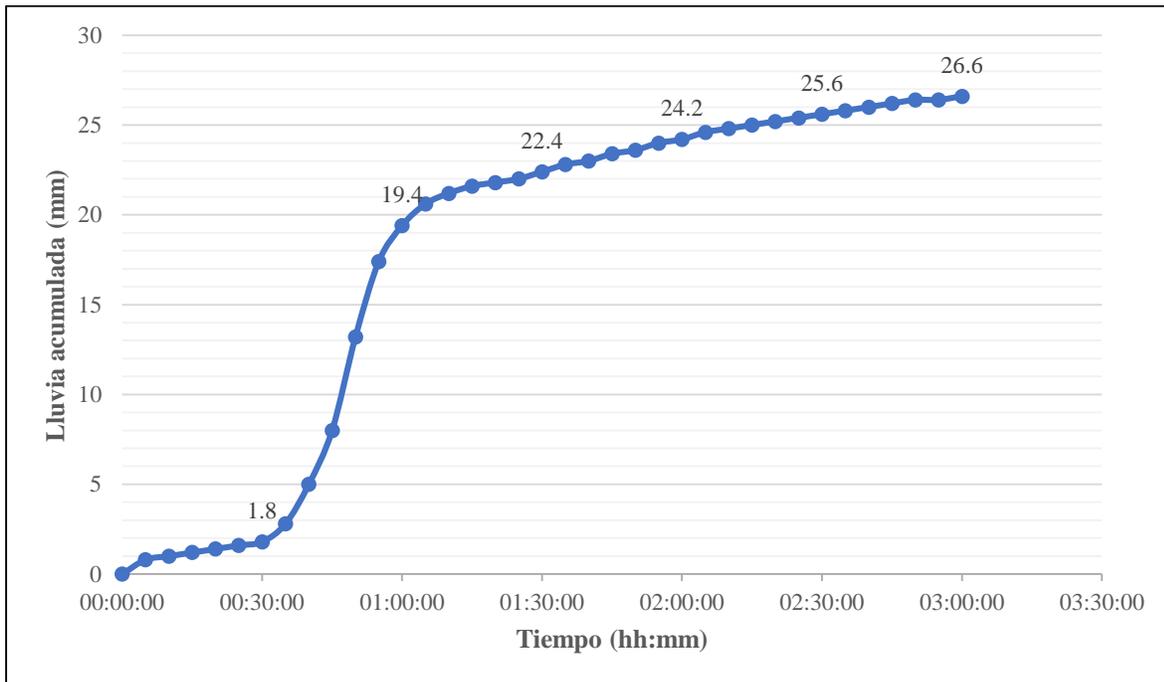


Figura 4.12. Histograma de lluvia acumulada para tormenta con duración de 3 horas de la estación UCA – (07/10/2021).

En la Figura 4.13 se presenta el gráfico con todas las tormentas con duración de 3 horas del año 2021. Se indican la envolvente máxima, mínima y promedio. Del gráfico se puede decir que, en promedio, las tormentas de 3 horas tienden a alcanzar un 60% de su total en la primera hora transcurrida. Luego, se mantiene una tendencia suave y creciente hasta el fin del evento.

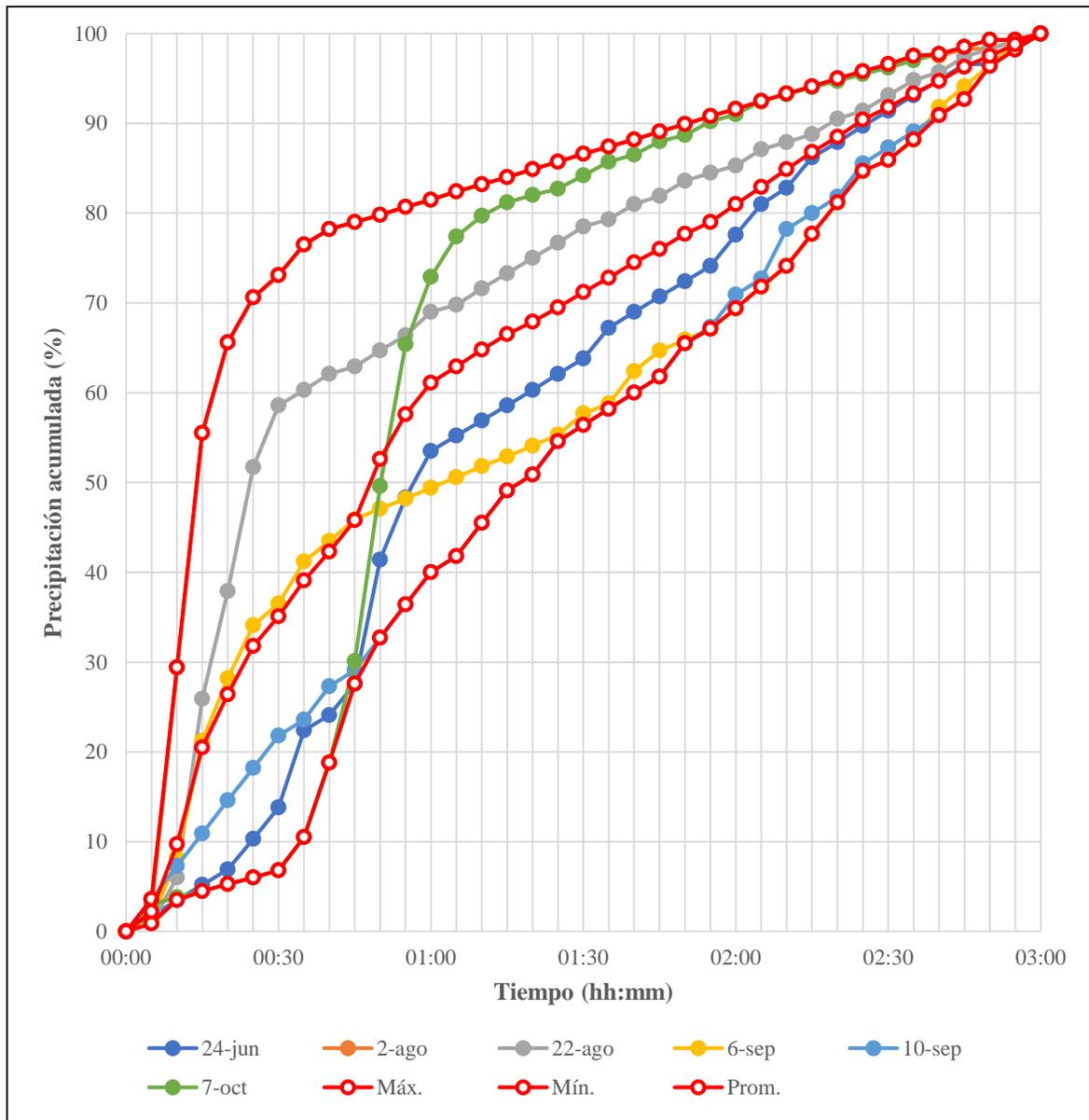


Figura 4.13. Porcentaje de precipitación acumulada de eventos con duración de 3 horas de la estación UCA – 2021.

### 4.2.3 Tormentas analizadas del año 2022, duración de 3 horas.

A continuación se presenta la información procesada del año 2022:

La Figura 4.14 muestra la tormenta del 08 de agosto que inició a las 7:20 PM. Se observa que inicia de manera fuerte durante los primeros 10 minutos, con un valor de 1.8 mm. A partir de los 40 minutos de iniciada la tormenta, esta se mantiene constante entre 0.3 mm y 0.5 mm, hasta el final de su registro.

La Figura 4.15 indica que para la tormenta del 08 de agosto, comenzó con una pendiente alta hasta los primero 30 minutos, con un valor de precipitación acumulada de 4.1 mm y luego incrementó ligeramente, siguiendo una tendencia creciente lineal. La intensidad máxima calculada fue de 0.180 mm por cada minuto.

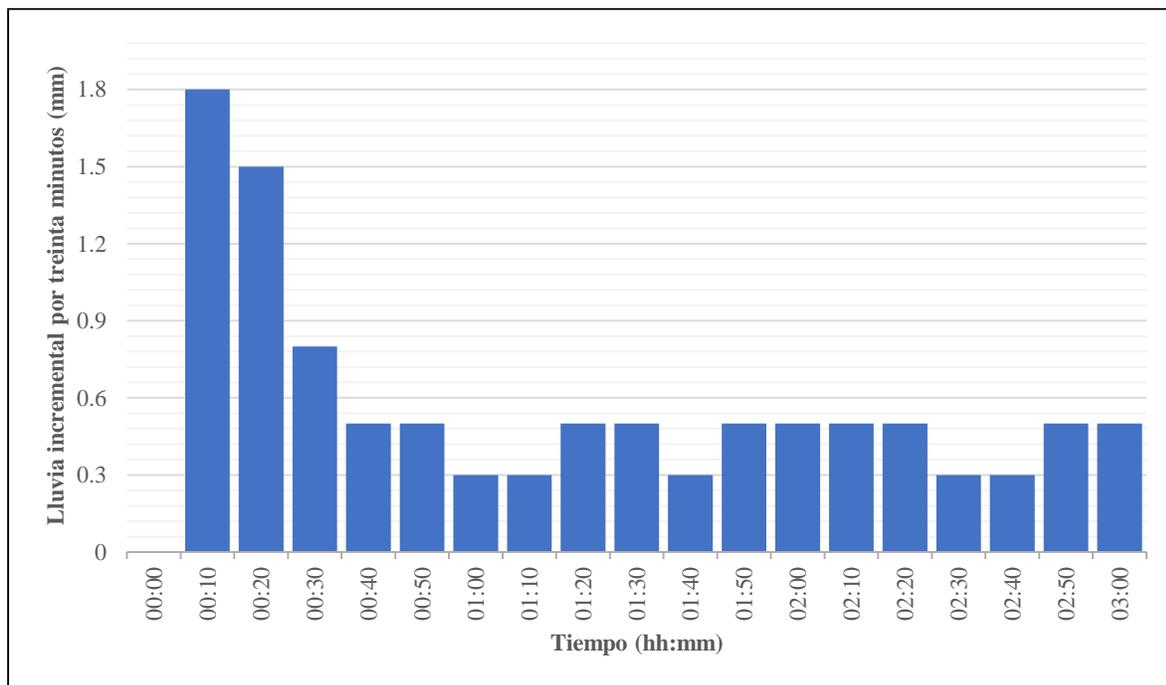


Figura 4.14. Histograma de lluvia incremental para tormenta con duración de 3 horas de la estación UCA – (08/08/2022).

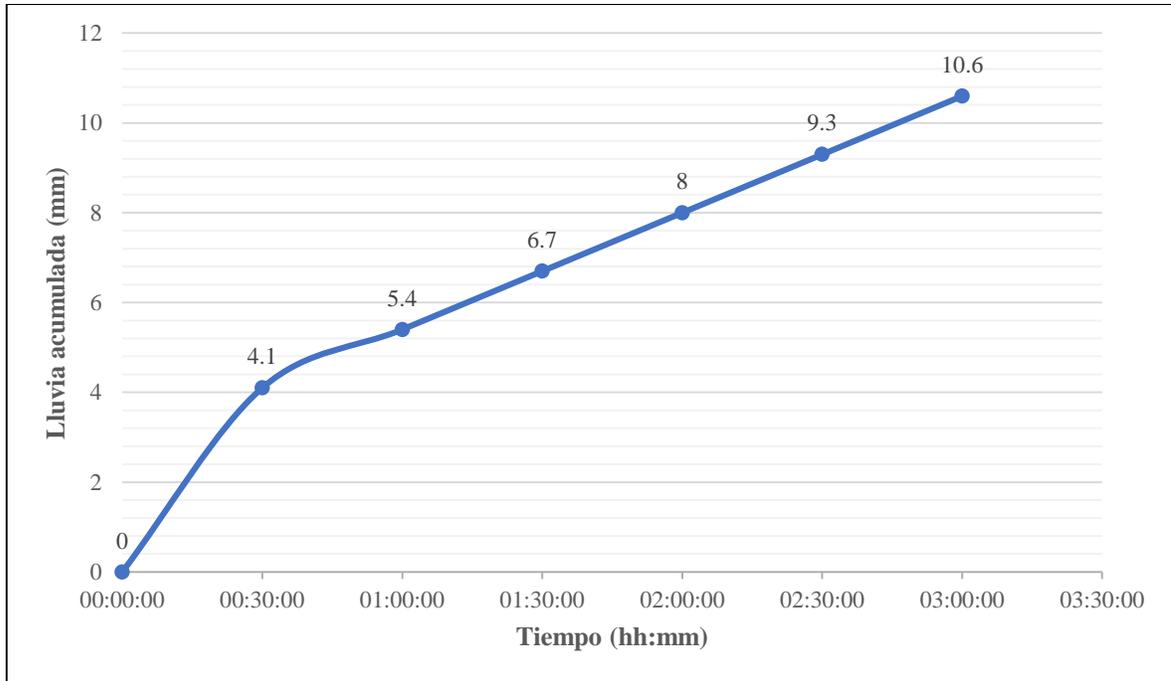


Figura 4.15. Histograma de lluvia acumulada para tormenta con duración de 3 horas de la estación UCA – (08/08/2022).

La Figura 4.16 muestra la tormenta del 06 de septiembre que inició a las 6:30 PM. Se observa que inicia de manera fuerte durante los primeros 10 minutos, con un valor de 10.9 mm. A partir de los 40 minutos de iniciada la tormenta, esta se mantiene constante entre 0.5 mm y 1.0 mm, hasta el final de su registro.

La Figura 4.17 indica que para la tormenta del 09 de septiembre, comenzó con una pendiente alta hasta los primero 30 minutos, con un valor de precipitación acumulada de 22.1 mm y luego incrementó ligeramente, siguiendo una tendencia creciente lineal. La intensidad máxima calculada fue de 1.090 mm por cada minuto.

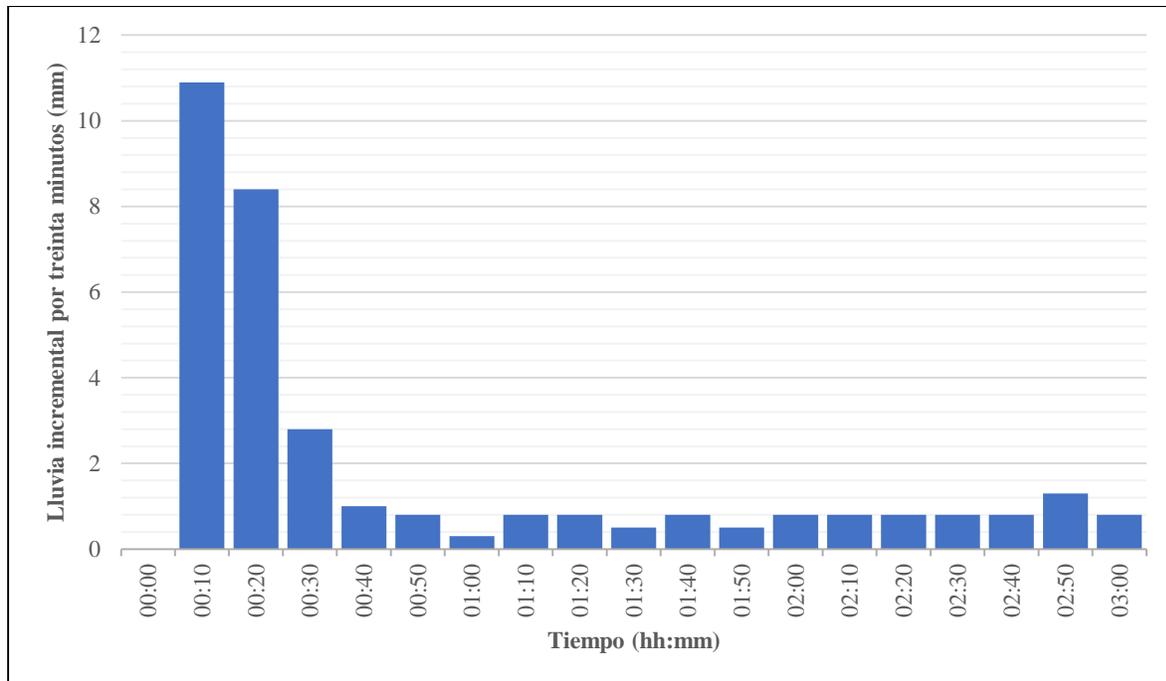


Figura 4.16. Histograma de lluvia incremental para tormenta con duración de 3 horas de la estación UCA – (06/09/2022).

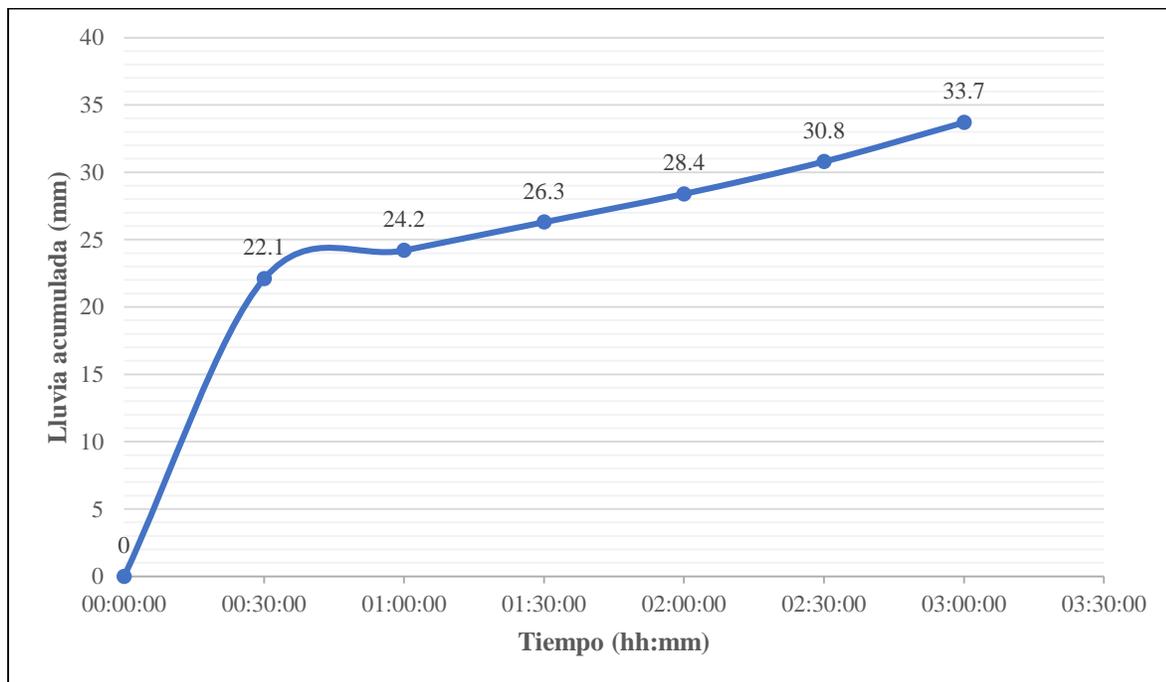


Figura 4.17. Histograma de lluvia acumulada para tormenta con duración de 3 horas de la estación UCA – (06/09/2022).

En la Figura 4.18 se presenta el gráfico con las tormentas con duración de 3 horas del año 2022. Se muestran la envolvente máxima, mínima y promedio. Del gráfico se puede decir que, en promedio, las tormentas de 3 horas tienden a alcanzar un 50% de su total durante la primera hora transcurrida. Posteriormente mantiene una tendencia creciente hasta el fin del evento.

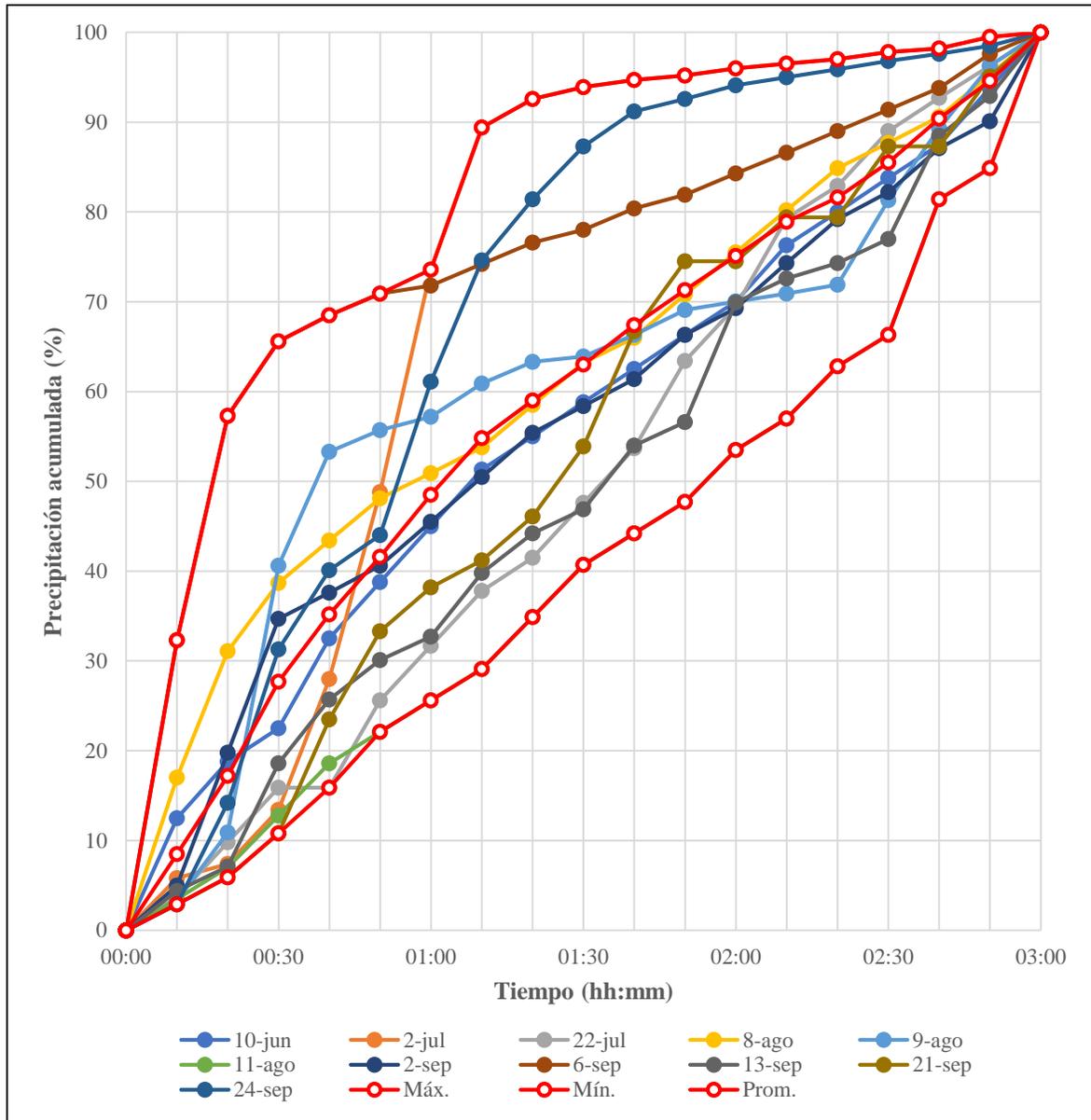


Figura 4.18. Porcentaje de precipitación acumulada de eventos con duración de 3 horas de la estación UCA – 2022.

#### 4.2.4 Intensidades de tormentas de 3 horas del período 2020 – 2022.

La Tabla 4.10 presenta los registros de intensidades a cada 30 minutos a lo largo de su duración, para el año 2020. La máxima intensidad se reporta a los 30 minutos con un valor de 0.627 mm/min, con fecha del 13 de mayo. Se puede observar que a medida transcurre el tiempo, los valores de intensidad van en disminución.

Tabla 4.10. Intensidades de tormentas según duración de 3 horas en la estación UCA – 2020.

<b>Fecha</b>	<b>Intensidad máxima (mm/min)*</b>	<b>00:30</b>	<b>01:00</b>	<b>01:30</b>	<b>02:00</b>	<b>02:30</b>	<b>03:00</b>
13-may	0.627	0.627	0.360	0.333	0.277	0.237	0.206
10-jun	0.227	0.227	0.147	0.118	0.097	0.080	0.069
29-jun	0.167	0.167	0.103	0.076	0.060	0.052	0.046
6-jul	0.040	0.040	0.030	0.024	0.023	0.023	0.020
8-jul	0.127	0.127	0.120	0.111	0.090	0.095	0.089
16-jul	0.027	0.027	0.023	0.022	0.020	0.020	0.019
17-jul	0.033	0.033	0.030	0.022	0.022	0.019	0.018
22-jul	0.500	0.500	0.347	0.247	0.198	0.161	0.137
25-jul	0.413	0.413	0.233	0.171	0.142	0.120	0.104
12-sep	0.053	0.053	0.047	0.040	0.043	0.040	0.038
23-sep	0.033	0.033	0.033	0.029	0.027	0.025	0.024
24-sep	0.220	0.220	0.163	0.127	0.103	0.089	0.077
30-sep	0.327	0.327	0.187	0.140	0.108	0.089	0.076
30-sep	0.033	0.033	0.020	0.016	0.013	0.012	0.011
6-nov	0.380	0.380	0.360	0.324	0.290	0.260	0.234
Máx.	0.627	0.627	0.360	0.333	0.290	0.260	0.234
Mín.	0.027	0.027	0.020	0.016	0.013	0.012	0.011
Prom.	0.214	0.214	0.147	0.120	0.101	0.088	0.078
Desviación estándar	0.195	0.195	0.127	0.108	0.091	0.078	0.068

\*Intensidad máxima para tormenta de 30 minutos.

La Tabla 4.11 presenta los registros de intensidades a cada 30 minutos a lo largo de su duración, para el año 2021. La máxima intensidad se reporta a los 30 minutos con un valor de 0.593 mm/min, con fecha del 7 de octubre. Se puede observar que a medida transcurre el tiempo, los valores de intensidad van en disminución.

Tabla 4.11. Intensidades de tormentas según duración de 3 horas en la estación UCA – 2021.

<b>Fecha</b>	<b>Intensidad máxima (mm/min)*</b>	<b>00:30</b>	<b>01:00</b>	<b>01:30</b>	<b>02:00</b>	<b>02:30</b>	<b>03:00</b>
24-jun	0.320	0.153	0.103	0.084	0.078	0.071	0.064
2-ago	1.280	0.587	0.323	0.229	0.182	0.153	0.132
22-ago	0.920	0.460	0.267	0.202	0.167	0.145	0.129
6-sep	0.440	0.227	0.140	0.109	0.100	0.099	0.094
10-sep	0.120	0.080	0.073	0.069	0.065	0.064	0.061
7-oct	1.040	0.593	0.343	0.249	0.202	0.171	0.148
Máx.	1.280	0.593	0.343	0.249	0.202	0.171	0.148
Mín.	0.120	0.080	0.073	0.069	0.065	0.064	0.061
Prom.	0.687	0.350	0.208	0.157	0.132	0.117	0.105
Desviación estándar	0.458	0.225	0.117	0.079	0.058	0.045	0.037

\*Intensidad máxima para tormenta de 5 minutos.

La Tabla 4.12 presenta los registros de intensidades a cada 30 minutos a lo largo de su duración, para el año 2022. La máxima intensidad se reporta a los 30 minutos con un valor de 1.280 mm/min, con fecha del 2 de julio. Se puede observar que a medida transcurre el tiempo, los valores de intensidad van en disminución.

Tabla 4.12. Intensidades de tormentas según duración de 3 horas en la estación UCA – 2022.

<b>Fecha</b>	<b>Intensidad máxima (mm/min)*</b>	<b>00:30</b>	<b>01:00</b>	<b>01:30</b>	<b>02:00</b>	<b>02:30</b>	<b>03:00</b>
10-jun	0.100	0.060	0.060	0.052	0.047	0.045	0.044
2-jul	1.550	1.280	0.888	0.652	0.500	0.407	0.347

<b>Fecha</b>	<b>Intensidad máxima (mm/min)*</b>	<b>00:30</b>	<b>01:00</b>	<b>01:30</b>	<b>02:00</b>	<b>02:30</b>	<b>03:00</b>
22-jul	0.080	0.070	0.057	0.058	0.053	0.049	0.046
8-ago	0.180	0.137	0.090	0.074	0.067	0.062	0.059
9-ago	1.600	0.900	0.518	0.383	0.315	0.309	0.300
11-ago	0.130	0.097	0.067	0.057	0.053	0.050	0.048
2-sep	0.150	0.117	0.077	0.066	0.058	0.055	0.056
6-sep	1.090	0.737	0.403	0.292	0.237	0.205	0.187
13-sep	0.150	0.087	0.070	0.067	0.066	0.065	0.063
21-sep	0.130	0.097	0.073	0.078	0.065	0.061	0.057
24-sep	0.580	0.423	0.405	0.332	0.266	0.219	0.188
Máx.	1.600	1.280	0.888	0.652	0.500	0.407	0.347
Mín.	0.080	0.060	0.057	0.052	0.047	0.045	0.044
Prom.	0.522	0.364	0.246	0.192	0.157	0.139	0.127
Desviación estándar	0.602	0.422	0.274	0.198	0.151	0.127	0.111

\*Intensidad máxima para tormenta de 10 minutos.

### 4.3 Temperatura

En la Tabla 4.13 se muestran temperaturas promedio para cada estación con información de manera mensual para el año 2021. También se indica la elevación en metros sobre el nivel del mar (msnm) para cada estación presentada. Los meses donde se registran las mayores temperaturas a lo largo del año en las estaciones son abril y mayo.

Tabla 4.13. Temperaturas (°C) promedio mensual de las estaciones – 2021.

<b>Mes/Estación (Elevación)</b>	<b>Picacho (2128 m)</b>	<b>UCA (792 m)</b>	<b>PROCOMES (731 m)</b>	<b>Nejapa (458 m)</b>
Marzo	23.9	25.7	ND	ND
Abril	24.4	25.9	20.8	27.6
Mayo	ND	26.1	20.4	27.8
Junio	22.9	24.8	19.5	25.9

Mes/Estación (Elevación)	Picacho (2128 m)	UCA (792 m)	PROCOMES (731 m)	Nejapa (458 m)
Julio	24.2	25.9	19.3	26.8
Agosto	23.3	25.1	18.8	26.3

La Figura 4.19 muestra una anomalía con la estación PROCOMES, debido al registro de datos sin verificación y su cantidad de datos que influye para el cálculo de promedios en los meses que poseen información. Con respecto a las demás estaciones se puede comprobar que a mayor altura las temperaturas son menores, como sucede con la estación Picacho al estar a 2128 metros sobre el nivel del mar, mientras que a menor elevación el valor de la temperatura aumenta, como sucede en las estaciones UCA y Nejapa, siendo la última con la elevación menor y reportando los datos promedios más elevados.

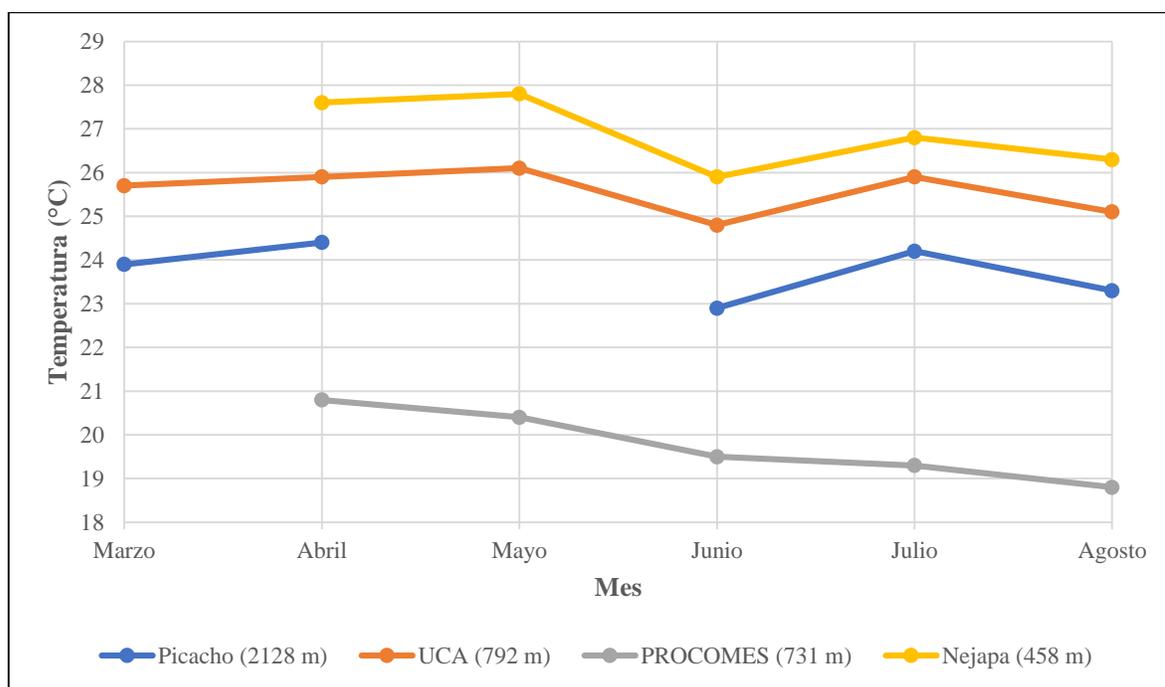


Figura 4.19. Temperatura (°C) promedio mensual de las estaciones – 2021.

#### 4.4 Viento

En la Tabla 4.14 se presentan los datos agrupados de los rumbos registrados para los años 2020 al 2022 en la estación UCA. El factor común de los tres años es que el mayor porcentaje de vientos proviene del rumbo NE (Noroeste, ubicado en el primer cuadrante a 40 grados). De los demás datos

se puede decir que alternan rumbos dentro del cuadrante 1, predominando vientos que vienen del Noroeste; y el cuadrante 3, con vientos que provienen del Suroeste.

Tabla 4.14. Información de viento de la estación UCA del 2020 – 2022.

2020		2021		2022	
Dirección	Porcentaje	Dirección	Porcentaje	Dirección	Porcentaje
NE	65.5	NE	44.7	NE	58.8
SSW	13.8	SSW	14.9	NNE	11.8
WSW	13.8	SW	14.9	SSW	11.8
SW	3.5	WSW	12.8	WSW	11.8
NNE	3.5	ENE	10.6	ENE	5.9
		NNE	2.1		
<b>Total</b>	100.0		100.0		100.0

La Figura 4.20 muestra los porcentajes de vientos predominantes durante tormentas con duraciones dentro de un rango de 2 horas hasta 6 horas. Con NE como la gran mayoría de vientos, seguido de un total de 32% restante proveniente del cuadrante 3, con vientos provenientes del Sur por el Suroeste (SSW), del Suroeste (SW) y el Oeste por el Suroeste (WSW).

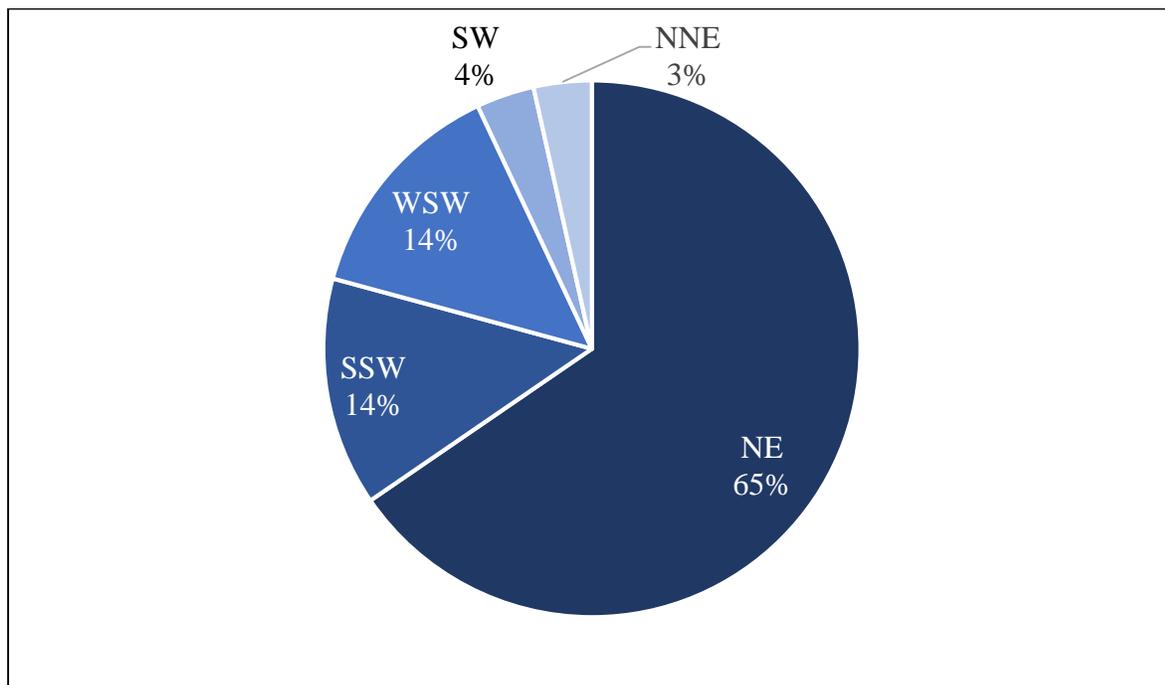


Figura 4.20. Dirección de viento de lluvias en estación UCA – 2020.

La Figura 4.21 muestra los porcentajes de vientos predominantes durante tormentas con duraciones dentro de un rango de 2 horas hasta 6 horas. Con NE siendo casi la mitad y sumando un 12% de vientos provenientes del Este por el Noreste (ENE) y Norte por Noreste (NNE); seguido de un total de 43% restante proveniente del cuadrante 3, repartido en vientos provenientes del Sur por el Suroeste (SSW), del Suroeste (SW) y el Oeste por el Suroeste (WSW).

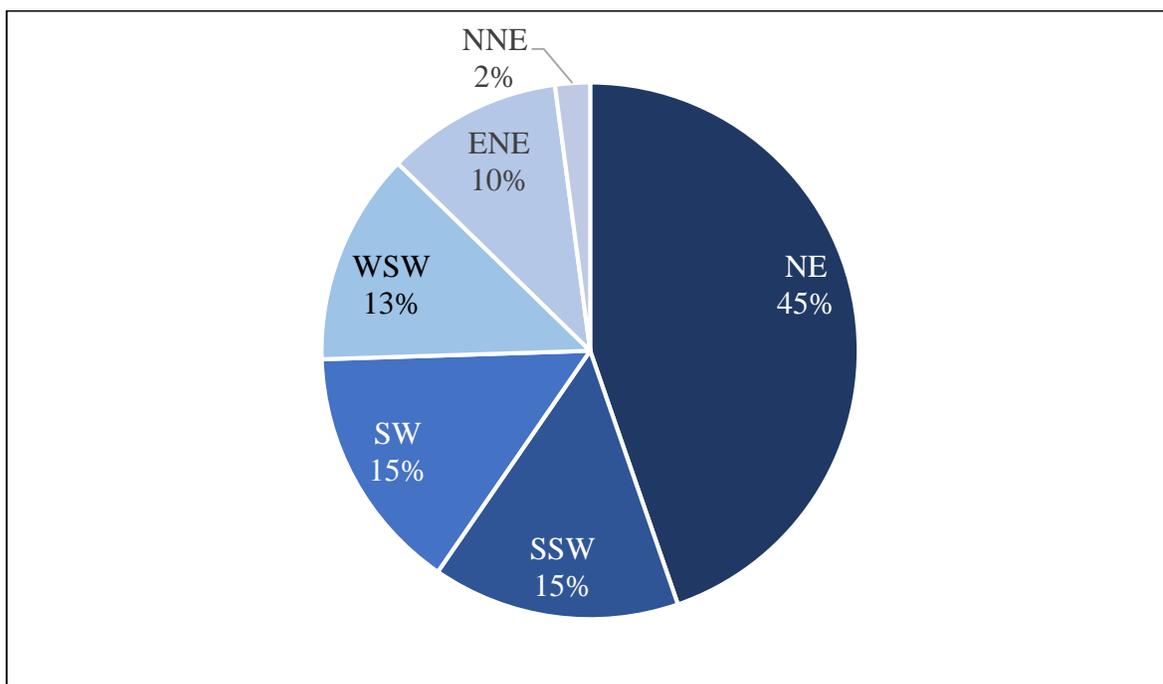


Figura 4.21. Dirección de viento de lluvias en estación UCA – 2021.

La Figura 4.22 muestra los porcentajes de vientos predominantes durante tormentas con duraciones dentro de un rango de 2 horas hasta 5 horas. Con NE como la gran mayoría de vientos, seguido de un total de 24% restante proveniente del cuadrante 3, con vientos provenientes del Sur por el Suroeste (SSW) y el Oeste por el Suroeste (WSW).

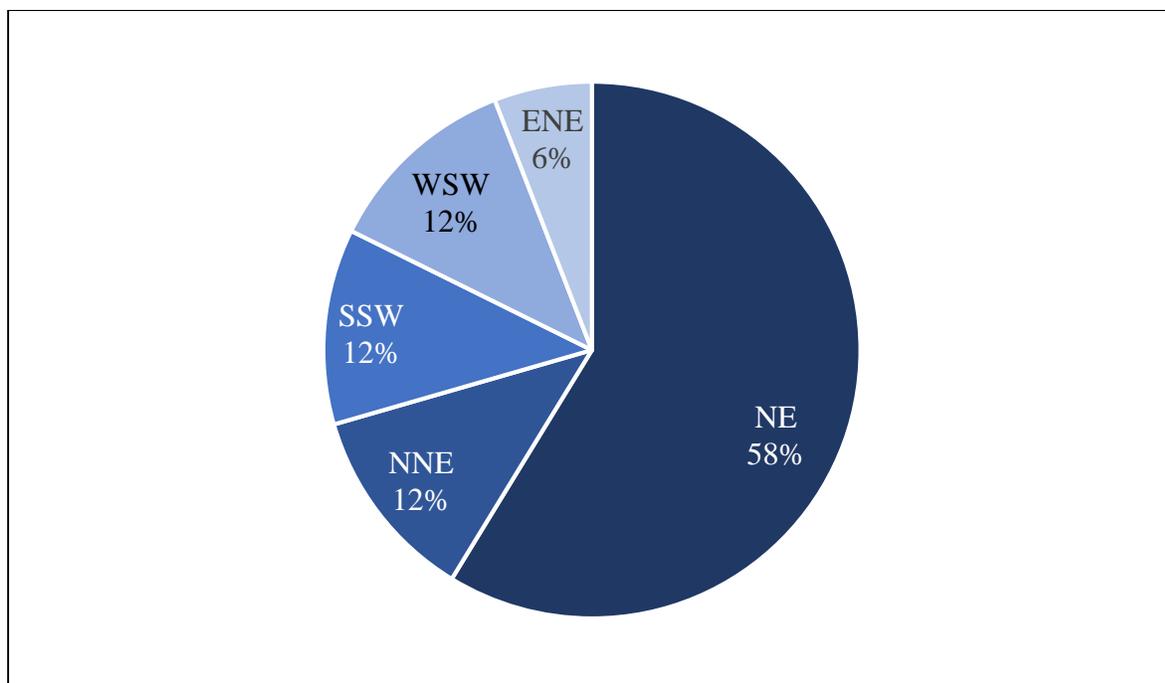


Figura 4.22. Dirección de viento de lluvias en estación UCA – 2022.

#### 4.5 Resultados de entrevista

De la entrevista que se formuló de forma escrita para conocer más acerca de la situación del manejo de la red, se trasladó a un representante de PROCOTES y se obtuvo lo siguiente (ANEXO F):

Al consultar quien manejaba la red y como funciona se obtuvo que el equipo técnico de PROCOTES, a través de la empresa ACURITE, ha instalado en las zonas intervenidas por el Proyecto City-Adapt, equipos con paneles solares en algunas estaciones.

El equipo necesita conexión a internet, ya sea, por medio de Wifi o datos para poder tener acceso en línea. La marca corresponde a AcuRite y es un modelo: AcuRite Iris® (5 en 1). Se comentaba que, en el momento de la entrega de las estaciones en su ubicación final, se realizó la capacitación inicial al personal representante en las fincas y/o representante de instituciones donde se instaló el equipo; además de realizar capacitaciones de forma periódica.

Las capacitaciones las realiza Raúl Medina, quien es parte del equipo técnico de PROCOTES. Él recibe la capacitación de parte de Acurite y las trasfiere a los representantes de las fincas e instituciones correspondientes.

Por otra parte, el mantenimiento de las estaciones consiste en la limpieza de paneles solares y equipo; revisión de conexiones, entre otras actividades y se dan cada 4 meses.

Es importante recalcar que el Ing. Pablo Medina, miembro del equipo técnico de PROCOTES, les da uso a los datos de precipitación para generar isoyetas del comportamiento de la lluvia en la cuenca Arenal-Monserrat.

El monto del suministro y montaje de las estaciones meteorológicas es de aproximadamente \$395 por cada estación, sin incluir los servicios de ACURITE que cobra \$25 por cada estación instalada y generación de datos.

Además, como parte de la visita de campo que se realizó, se tuvo la oportunidad de hablar con el Director General de PROCOTES, Jaime Choto, quien comentó dificultades con respecto a temas legales y administrativos que incidieron de forma indirecta en el correcto funcionamiento de la red de estaciones, justificando la falta de información de algunos registros, el descuido de las estaciones y del personal técnico.

En la Figura 4.23 se muestra una de las estaciones pertenecientes a la red, la del Ecoparque El Espino. Se aprecia que está rodeada de vegetación a pocos metros de esta. Además, se observó que el instrumento no estaba siendo monitoreado, ya que no registraba datos por falta de baterías.



Figura 4.23. Estación meteorológica de Ecoparque El Espino.



## CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

Se logró compactar la información de los datos más completos de la estación UCA dentro de esquemas, cuadros y gráficas, clasificándolos mediante parámetros como número de tormentas, tormentas que inician en horario diurno o nocturno, duraciones, precipitación acumulada, temperaturas promedios y vientos, y describiéndolos ilustrativamente de forma más precisa.

De acuerdo a los datos recolectados de todas las estaciones, la única estación que proporcionó datos más completos fue la estación UCA. Las demás estaciones (Picacho, El Espino, PROCOMES y Nejapa) presentaron datos incompletos y años en los que no había dato alguno, por lo que no pudieron utilizarse para realizar modelos de lluvia más complejos y no se pudo contrastar mucha más información de interés, siendo el factor de temperatura, en el año 2021 el único parámetro comparable entre la red de estaciones del proyecto con la estación UCA.

Del único parámetro que se logró comparar entre la estación UCA y la red de estaciones, que es el de temperatura promedio, se confirmó que, a mayor elevación sobre el nivel del mar, se registran datos de temperatura bajos. La estación Picacho fue la que aportó el dato más bajo con respecto a las demás estaciones.

Dados los resultados obtenidos de precipitación acumulada anual de la estación UCA, el año que presentó más precipitación acumulada fue el 2022 con 1733.8 mm y un total de 140 eventos, de los cuales 101 ocurrieron en franjas horarias nocturnas y 39 en franjas horarias diurnas.

De la información clasificada por franjas horarias, para los 3 años analizados, se concluye que la mayor cantidad de tormentas inician en horario nocturno.

De las tormentas con duración de 3 horas, en el período estudiado, se puede concluir que existe una tendencia a alcanzar el 50% de su duración total, en la primera hora de iniciada la tormenta. Es decir que, inician de manera intensa y a partir de la primera hora del tiempo transcurrido, disminuyen en intensidad hasta alcanzar su precipitación total acumulada.

De la estación UCA, se puede concluir que la zona tiende a recibir vientos, en su mayoría, con dirección del Noreste (NE). Además, los datos varían en mayor medida entre cuadrante 1 y 3, es decir, entre NE y SW.

Parámetros que no pudieron ser comparables debido a la disparidad de la presentación de la información de la red de estaciones del proyecto, con respecto a la estación de la UCA. Esta última presentó información detallada y ampliada de la mayoría de variables, mientras que la red presentó información escueta y faltante en su mayoría.

## **5.2 Recomendaciones**

Dar mantenimiento de manera oportuna a los equipos que registran los datos, para evitar la pérdida de información durante eventos importantes ya que los registros quedan incompletos durante mucho tiempo y resulta más difícil conocer el comportamiento real de las variables meteorológicas.

Se recomienda que los aparatos de medición de las distintas variables meteorológicas sean calibrados, dentro de sus posibilidades, para registrar datos en intervalos de tiempo pequeños, ya sean 5 o 10 minutos. Esto por el comportamiento de las lluvias de iniciar con intensidades altas en períodos cortos de tiempo. Además de su calibración, se hace énfasis realizar mantenimientos y revisiones de forma periódica para constatar que los registros estén siendo generados sin problemas.

Ya que la cantidad de registros que pueden producirse de una estación meteorológica que funcione en óptimas condiciones (generación de registros aproximados de las condiciones reales 24/7) puede resultar excesiva, se vuelve necesario el uso de herramientas informáticas para poder organizar y generalizar la información, en función de parámetros de interés de observatorios ambientales e investigadores, los cuales podrían consultar a tiempo real las incidencias actualizadas en sectores puntuales alejados o cercanos de su entorno.

Trazar perfiles técnicos al personal de campo, brindando capacitaciones necesarias, información y suministros para garantizar el buen funcionamiento del equipo y la buena lectura de datos.

## REFERENCIAS

- CHOW, V. T. (1994). *Hidrología Aplicada*. Bogotá: McGraw-Hill.
- GARCÍA GUIROLA, L. A., FERNÁNDEZ, W., & RIVAS PACHECO, T. (2003). Aspectos generales de la Canícula y sus impactos en El Salvador. *Tópicos meteorológicos y oceanográficos*, 10, 63-68.
- LINSLEY, R. K., KOHLER, M. A., & PAULUS, J. L. (1977). *Hidrología para Ingenieros*. Bogotá: McGraw-Hill Latinoamericana.
- MARQUEZ MARQUEZ, A., & MELARA BENAVIDES, R. C. (2014). Propuesta de Actualización de Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia en la Zona Oriental de El Salvador. *Trabajo de Graduación para optar al Grado de Ingeniero Civil*. San Miguel: Universidad de El Salvador.
- MONSALVE SÁENZ, G. (1995). *Hidrología en la Ingeniería*. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- SIMON, A. L. (1992). *Hidráulica básica*. Ciudad de México: Limusa.
- STRAHLER, A. (2013). *Introducing Physical Geography*. New Jersey: Wiley.
- WARD, A. D., & TRIMBLE, S. W. (2003). *Environmental Hydrology*. Florida: CRC Press.
- ZÚÑIGA LÓPEZ, I., & CRESPO DEL ARCO, E. (2021). *Meteorología y Climatología*. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- ZÚÑIGA LÓPEZ, I., CRESPO DEL ARCO, E., FERNÁNDEZ SÁNCHEZ, J., & BURGUETE, C. (2021). *Problemas de Meteorología y Climatología*. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia.



## FUENTES ELECTRÓNICAS

- Dirección General de Observatorio de Amenazas y Recursos Naturales (DGOA). (Consulta: 02 de enero de 2023). *Clima en El Salvador*. Recuperado de: <https://www.snet.gob.sv/ver/meteorologia/clima+en+el+salvador/>
- Equipamiento Científico. (Consulta: 02 de febrero de 2023). *Pluviómetro Stratus*. Recuperado de: <https://equipamientocientifico.com/shop/product/pluviometro-stratus-1272#attr=>
- Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático. (Consulta: 17 de septiembre de 2022). *Seis estaciones meteorológicas instaladas y en funcionamiento en El Salvador*. Recuperado de: <https://icc.org.gt/es/seis-estaciones-meteorologicas-instaladas-y-en-funcionamiento-en-el-salvador/>
- Mapa de El Salvador. (Consulta: 28 de enero de 2023). *Mapa topográfico de El Salvador*. Recuperado de: <https://www.mapadeelsalvador.com/mapa-topografico-de-el-salvador>
- Marcano, J. (2008). Educación Ambiental en la República Dominicana. (Consulta: 28 de diciembre de 2022). *El Ciclo del Agua*. Recuperado de: <https://jmarcano.com/ecologia/ciclo-agua/>
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). (Consulta: 14 de enero de 2023). *Resumen Climatológico anual 2021 (Datos preliminares)*. Recuperado de: <https://www.snet.gob.sv/UserFiles/meteorologia/climatologico/ResumenClimatologicoAnual2021.pdf>
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (Consulta: 01 de febrero de 2023). *GOES Image Viewer*. Recuperado de: [https://www.star.nesdis.noaa.gov/goes/sector\\_band.php?sat=G16&sector=cam&band=Sandwich&length=12](https://www.star.nesdis.noaa.gov/goes/sector_band.php?sat=G16&sector=cam&band=Sandwich&length=12)
- Principios básicos de las mediciones atmosféricas. (Consulta: 03 de enero de 2023). *Pluviometría*. Recuperado de: [http://www.meteorologia.edu.uy/wp-content/uploads/2019/principios\\_bas\\_medicones\\_atms/Bolilla6-PLUVIOMETRIA.pdf](http://www.meteorologia.edu.uy/wp-content/uploads/2019/principios_bas_medicones_atms/Bolilla6-PLUVIOMETRIA.pdf)
- Seekpng. (Consulta: 04 de febrero de 2023). *Compass Showing Cardinal Direction*. Recuperado de: [https://www.seekpng.com/ipng/u2q8q8y3a9u2o0w7\\_compass-showing-cardinal-direction/](https://www.seekpng.com/ipng/u2q8q8y3a9u2o0w7_compass-showing-cardinal-direction/)



**ANEXO A**  
**PRECIPITACIÓN ACUMULADA DE TORMENTAS SEGÚN**  
**DURACIÓN EN LA ESTACIÓN UCA (2020 – 2022)**



<b>Año 2020</b>				
<b>Fecha</b>	<b>Hora de Inicio</b>	<b>AM/PM</b>	<b>Duración</b>	<b>Precipitación Acumulada</b>
21-mar	08:30	PM	00:30	1.20
22-mar	09:00	PM	00:30	0.20
29-mar	07:00	PM	01:30	4.60
15-abr	08:30	PM	02:00	7.60
26-abr	10:30	PM	01:00	18.80
27-abr	12:00	AM	01:30	9.40
1-may	06:00	PM	02:00	25.00
2-may	08:30	PM	01:00	1.40
3-may	08:30	PM	01:30	6.20
4-may	10:30	PM	00:30	1.00
4-may	12:00	AM	00:30	0.20
5-may	12:00	AM	02:00	5.40
5-may	07:30	PM	02:00	29.40
6-may	08:00	PM	01:30	1.40
8-may	07:00	PM	01:00	0.40
10-may	08:30	PM	01:00	0.60
11-may	03:30	AM	00:30	0.20
13-may	08:00	PM	03:00	37.00
14-may	09:30	PM	02:00	5.00
14-may	02:00	AM	02:00	2.00
15-may	01:00	AM	00:30	2.20
18-may	10:30	PM	01:00	15.80
18-may	01:30	AM	01:00	2.80
19-may	01:00	AM	01:00	2.40
20-may	01:30	PM	01:00	3.60
21-may	02:00	PM	00:30	0.20
22-may	02:30	PM	00:30	0.60
27-may	03:30	AM	01:00	0.80
28-may	11:00	PM	00:30	0.20
29-may	06:30	PM	04:00	13.40

<b>Año 2020</b>				
<b>Fecha</b>	<b>Hora de Inicio</b>	<b>AM/PM</b>	<b>Duración</b>	<b>Precipitación Acumulada</b>
30-may	12:00	AM	1 día	62.00
31-may	12:00	AM	1 día	169.00
1-jun	12:00	AM	1 día	23.00
10-jun	03:30	PM	03:00	12.40
11-jun	08:00	AM	01:00	0.40
11-jun	11:30	AM	01:30	15.40
14-jun	09:30	PM	00:30	0.20
14-jun	03:30	AM	00:30	0.20
14-jun	04:30	PM	00:30	0.40
16-jun	09:30	AM	02:00	4.40
17-jun	05:00	AM	01:00	10.60
18-jun	04:30	AM	01:00	0.60
23-jun	09:00	AM	02:00	4.60
23-jun	05:00	AM	00:30	0.40
24-jun	07:30	AM	02:00	20.60
25-jun	04:00	AM	01:00	8.60
26-jun	03:00	AM	01:30	9.40
26-jun	08:00	AM	02:00	15.00
26-jun	12:00	AM	00:30	0.40
26-jun	07:00	PM	00:30	0.20
27-jun	08:30	AM	00:30	3.20
28-jun	07:30	AM	02:00	8.00
29-jun	02:30	AM	03:00	8.20
30-jun	02:30	AM	02:00	9.60
4-jul	03:00	AM	04:00	12.40
6-jul	02:30	AM	03:00	3.60
7-jul	02:30	AM	00:30	0.40
7-jul	07:30	AM	05:00	8.60
8-jul	04:00	AM	03:00	16.00
9-jul	06:00	AM	01:00	1.80

<b>Año 2020</b>				
<b>Fecha</b>	<b>Hora de Inicio</b>	<b>AM/PM</b>	<b>Duración</b>	<b>Precipitación Acumulada</b>
9-jul	10:30	PM	00:30	0.20
10-jul	02:00	AM	02:00	8.40
10-jul	05:30	PM	00:30	2.20
11-jul	10:30	PM	01:00	11.80
11-jul	12:00	AM	02:00	1.60
11-jul	03:30	PM	02:00	10.20
12-jul	08:30	PM	02:00	16.40
12-jul	12:00	AM	00:30	0.20
12-jul	06:30	PM	00:30	0.20
14-jul	12:00	AM	01:30	7.00
15-jul	10:00	AM	02:00	1.60
16-jul	01:00	PM	03:00	3.40
16-jul	02:30	AM	04:00	28.60
17-jul	12:00	AM	03:00	3.20
18-jul	11:00	AM	01:00	0.40
19-jul	05:00	AM	00:30	0.40
19-jul	05:00	PM	00:30	0.20
21-jul	09:30	AM	00:30	1.60
22-jul	07:00	AM	03:00	24.60
23-jul	09:00	PM	01:00	13.80
25-jul	07:00	AM	03:00	18.80
25-jul	04:30	PM	00:30	0.20
26-jul	09:00	AM	01:00	0.80
26-jul	02:00	PM	00:30	0.20
29-jul	01:30	AM	01:00	1.20
31-jul	04:30	AM	02:00	3.00
11-sept	10:00	PM	01:00	26.20
12-sept	12:00	AM	03:00	6.80
13-sept	04:00	AM	00:30	0.40
14-sept	05:00	PM	02:00	30.00

<b>Año 2020</b>				
<b>Fecha</b>	<b>Hora de Inicio</b>	<b>AM/PM</b>	<b>Duración</b>	<b>Precipitación Acumulada</b>
15-sept	02:00	AM	00:30	0.20
17-sept	07:00	AM	02:00	3.80
20-sept	01:00	AM	00:30	2.80
21-sept	07:00	PM	00:30	0.40
22-sept	09:30	PM	02:00	8.40
23-sept	07:30	PM	03:00	4.40
23-sept	03:00	PM	00:30	1.60
24-sept	04:30	PM	01:00	1.20
24-sept	05:00	AM	02:00	0.80
24-sept	09:00	PM	03:00	13.80
25-sept	12:00	AM	02:00	19.00
25-sept	03:30	PM	02:00	16.40
26-sept	10:00	PM	01:00	0.40
26-sept	01:30	PM	01:00	2.00
26-sept	12:00	AM	00:30	0.40
28-sept	10:30	PM	01:00	2.80
29-sept	09:30	PM	02:00	8.60
29-sept	05:00	PM	00:30	0.20
29-sept	12:00	AM	04:00	8.20
30-sept	12:00	AM	03:00	13.60
30-sept	08:30	PM	03:00	2.00
1-oct	06:00	PM	02:00	3.60
2-oct	12:00	AM	00:30	0.20
2-oct	07:30	PM	01:00	1.40
3-oct	12:00	AM	00:30	0.20
3-oct	11:30	AM	01:30	2.40
4-oct	03:00	AM	01:30	2.00
7-oct	04:30	AM	01:00	0.60
7-oct	02:00	PM	00:30	0.20
8-oct	05:00	AM	01:00	0.80

<b>Año 2020</b>				
<b>Fecha</b>	<b>Hora de Inicio</b>	<b>AM/PM</b>	<b>Duración</b>	<b>Precipitación Acumulada</b>
9-oct	01:00	PM	01:30	6.40
11-oct	10:30	PM	01:00	1.40
13-oct	05:00	PM	05:00	15.40
14-oct	12:00	AM	00:30	0.20
14-oct	07:00	PM	01:00	0.60
15-oct	09:00	PM	02:00	15.40
16-oct	08:00	PM	02:00	7.60
16-oct	01:00	AM	02:00	2.80
20-oct	02:00	PM	01:30	0.80
21-oct	04:00	PM	01:00	12.60
22-oct	02:00	AM	00:30	0.20
22-oct	03:00	PM	00:30	0.20
23-oct	10:30	PM	01:00	7.60
23-oct	11:30	AM	00:30	0.20
24-oct	05:00	PM	01:00	6.00
24-oct	01:00	AM	01:00	2.20
25-oct	02:30	PM	04:00	11.60
26-oct	12:00	PM	01:00	4.00
26-oct	04:30	AM	00:30	0.20
27-oct	03:30	PM	01:00	4.00
28-oct	10:00	PM	02:00	2.40
28-oct	06:30	AM	00:30	0.20
29-oct	10:30	PM	01:00	15.60
29-oct	03:30	AM	01:00	1.00
30-oct	12:30	AM	01:00	11.20
4-nov	02:00	PM	02:00	1.40
5-nov	10:30	PM	00:30	0.40
5-nov	01:30	AM	00:30	0.40
5-nov	05:00	AM	06:00	7.20
6-nov	12:30	AM	01:00	1.80

<b>Año 2020</b>				
<b>Fecha</b>	<b>Hora de Inicio</b>	<b>AM/PM</b>	<b>Duración</b>	<b>Precipitación Acumulada</b>
6-nov	07:30	AM	01:00	3.00
6-nov	08:00	PM	03:00	42.20
7-nov	12:00	AM	01:00	2.20
9-nov	01:30	PM	02:00	3.80
10-nov	03:30	AM	02:00	0.80
10-nov	12:30	PM	00:30	0.20
17-nov	02:30	PM	01:00	1.20
17-nov	09:30	PM	00:30	0.40
18-nov	08:00	PM	01:00	1.20
18-nov	12:30	AM	06:00	11.80
25-nov	10:00	PM	01:00	2.00
27-nov	08:00	PM	00:30	1.20
3-dic	08:30	PM	01:00	3.40
14-dic	08:30	PM	01:30	4.60

<b>Año 2021</b>				
<b>Fecha</b>	<b>Hora de Inicio</b>	<b>AM/PM</b>	<b>Duración</b>	<b>Precipitación Acumulada</b>
19-mar	03:55	PM	01:00	1.60
7-jun	11:55	AM	01:00	14.80
7-jun	10:30	PM	00:05	0.20
8-jun	12:35	PM	01:00	23.40
9-jun	12:50	PM	01:30	19.80
11-jun	07:00	AM	00:45	6.40
12-jun	01:55	AM	00:45	4.60
13-jun	10:20	AM	02:00	24.00
14-jun	07:15	AM	00:15	3.20
15-jun	04:25	AM	02:00	32.00
16-jun	12:15	PM	00:30	2.00
20-jun	12:00	AM	01:00	14.40
21-jun	08:50	PM	01:30	24.20
21-jun	12:00	AM	00:30	1.60
22-jun	03:25	PM	00:15	1.00
23-jun	08:30	PM	01:00	9.60
23-jun	02:25	AM	06:00	30.40
24-jun	07:40	PM	03:00	11.60
25-jun	09:45	PM	00:30	3.40
26-jun	12:20	AM	02:00	12.60
26-jun	06:35	PM	00:30	6.60
27-jun	01:10	AM	01:00	4.20
29-jun	02:30	PM	00:30	4.60
1-jul	10:55	PM	00:15	0.80
4-jul	04:55	PM	00:30	1.40
5-jul	10:45	AM	00:30	2.40
10-jul	08:00	PM	00:15	0.80
11-jul	11:15	PM	00:30	1.40
12-jul	05:35	PM	02:00	11.20
13-jul	08:00	PM	01:00	6.20

<b>Año 2021</b>				
<b>Fecha</b>	<b>Hora de Inicio</b>	<b>AM/PM</b>	<b>Duración</b>	<b>Precipitación Acumulada</b>
13-jul	04:30	PM	00:30	11.60
16-jul	06:50	PM	00:15	1.20
16-jul	11:25	PM	00:30	3.60
17-jul	10:20	PM	00:15	4.40
21-jul	08:35	PM	00:15	1.40
25-jul	12:30	PM	00:45	13.60
26-jul	10:25	AM	00:15	0.80
26-jul	02:35	PM	00:30	1.60
27-jul	08:05	PM	01:00	2.80
28-jul	09:45	PM	02:00	32.80
31-jul	04:50	PM	00:30	4.40
2-ago	06:25	PM	03:00	23.80
4-ago	04:15	PM	02:00	5.20
5-ago	03:25	PM	02:00	10.20
6-ago	01:55	AM	02:00	8.20
7-ago	06:40	PM	00:30	1.80
7-ago	11:05	AM	00:45	10.40
8-ago	03:30	PM	01:00	5.20
13-ago	11:40	PM	00:15	1.40
14-ago	01:25	PM	01:00	2.80
14-ago	09:45	PM	01:30	5.40
15-ago	12:00	AM	01:30	6.60
17-ago	08:35	PM	01:00	17.40
18-ago	10:25	PM	01:00	9.60
19-ago	12:00	AM	01:00	9.60
20-ago	10:40	PM	01:00	6.60
20-ago	03:55	PM	02:00	22.40
21-ago	08:35	PM	01:00	4.00
22-ago	09:05	PM	03:00	23.20
23-ago	12:00	AM	01:00	2.20

<b>Año 2021</b>				
<b>Fecha</b>	<b>Hora de Inicio</b>	<b>AM/PM</b>	<b>Duración</b>	<b>Precipitación Acumulada</b>
23-ago	01:30	PM	01:00	18.00
24-ago	05:30	PM	00:15	0.80
24-ago	09:05	PM	02:00	25.40
25-ago	07:40	PM	00:30	1.20
26-ago	08:45	PM	00:30	3.20
2-sept	12:30	PM	00:30	2.60
3-sept	02:00	PM	00:15	2.40
4-sept	08:05	PM	00:30	7.60
6-sept	01:00	AM	00:15	2.60
6-sept	07:25	PM	03:00	17.00
8-sept	05:30	AM	00:30	4.20
9-sept	09:55	PM	02:00	21.60
10-sept	12:00	AM	03:00	11.00
10-sept	05:25	PM	04:00	13.00
12-sept	01:45	PM	00:15	3.00
16-sept	01:35	PM	02:00	24.40
19-sept	08:45	PM	00:15	8.40
20-sept	06:55	PM	01:00	16.40
24-sept	08:15	PM	01:00	3.60
24-sept	04:10	PM	00:30	3.80
25-sept	07:30	PM	01:00	8.20
26-sept	06:35	PM	02:00	6.40
27-sept	04:40	PM	01:00	5.40
1-oct	01:40	AM	01:00	12.40
3-oct	06:45	PM	00:30	5.40
5-oct	04:20	PM	01:00	26.60
7-oct	05:25	PM	03:00	26.60
8-oct	10:55	PM	01:00	17.00
9-oct	08:50	PM	00:45	5.60
10-oct	03:05	AM	00:15	2.00

<b>Año 2021</b>				
<b>Fecha</b>	<b>Hora de Inicio</b>	<b>AM/PM</b>	<b>Duración</b>	<b>Precipitación Acumulada</b>
13-oct	05:45	AM	01:00	10.60
18-oct	10:00	PM	01:00	7.00
18-oct	03:25	PM	00:45	1.80
19-oct	10:05	PM	01:00	5.60
19-oct	12:55	AM	00:45	3.60
20-oct	04:05	PM	00:15	1.00
20-oct	01:10	AM	00:45	8.40
18-nov	06:55	PM	00:30	14.00
19-dic	08:25	PM	01:00	0.60

<b>Año 2022</b>				
<b>Fecha</b>	<b>Hora de Inicio</b>	<b>AM/PM</b>	<b>Duración</b>	<b>Precipitación Acumulada</b>
1-ene	06:20	PM	00:30	3.10
19-mar	07:10	AM	00:20	0.80
30-mar	09:00	AM	00:30	2.40
3-abr	10:20	PM	00:30	4.50
15-abr	04:40	PM	02:00	12.30
22-abr	07:10	PM	02:00	25.60
25-abr	10:10	AM	01:00	18.80
26-abr	07:50	PM	01:00	3.00
27-abr	10:40	PM	00:30	2.40
28-abr	08:00	PM	01:00	2.40
30-abr	09:20	PM	00:30	2.20
2-may	10:50	PM	01:00	34.00
3-may	07:50	PM	02:00	21.70
3-may	12:00	AM	00:30	1.90
4-may	06:50	PM	01:30	5.80
6-may	04:40	AM	02:00	31.50
10-may	05:10	PM	00:30	1.20
21-may	09:50	PM	01:00	4.00
24-may	05:40	AM	01:30	11.00
24-may	01:00	AM	00:30	5.30
25-may	02:20	PM	01:00	7.10
25-may	10:00	PM	02:00	4.10
26-may	05:40	PM	01:00	4.90
27-may	06:30	PM	01:00	3.50
29-may	11:00	AM	00:30	5.60
3-jun	05:30	AM	02:00	6.80
5-jun	07:00	AM	02:00	7.80
6-jun	06:50	PM	01:00	3.00
6-jun	08:20	AM	00:30	1.70
9-jun	09:40	PM	00:40	6.10

<b>Año 2022</b>				
<b>Fecha</b>	<b>Hora de Inicio</b>	<b>AM/PM</b>	<b>Duración</b>	<b>Precipitación Acumulada</b>
10-jun	08:50	PM	03:00	8.00
11-jun	01:30	AM	01:00	2.30
13-jun	03:20	AM	01:00	5.70
13-jun	03:20	PM	02:30	15.90
14-jun	11:30	AM	01:00	3.70
14-jun	08:00	PM	01:00	3.80
14-jun	12:50	AM	04:00	13.10
15-jun	08:40	PM	01:30	10.40
18-jun	12:50	AM	01:00	7.20
19-jun	01:50	PM	01:30	8.80
20-jun	11:50	PM	01:30	4.90
20-jun	08:00	PM	02:00	4.20
21-jun	02:20	AM	01:00	7.90
21-jun	07:10	PM	04:00	23.60
22-jun	05:30	PM	02:00	46.60
23-jun	07:40	PM	01:30	3.90
24-jun	08:10	PM	01:00	9.00
24-jun	04:20	PM	01:00	7.40
25-jun	08:20	PM	01:00	10.60
25-jun	04:20	AM	02:00	14.60
26-jun	12:40	PM	00:30	1.40
28-jun	06:10	PM	00:30	15.10
2-jul	05:50	PM	03:00	62.50
3-jul	03:40	PM	01:00	8.50
3-jul	07:50	PM	02:00	12.90
3-jul	03:40	AM	02:00	6.00
5-jul	05:00	PM	02:30	31.90
10-jul	07:30	PM	04:00	18.20
11-jul	06:20	PM	04:00	15.40
13-jul	08:50	PM	02:00	9.20

<b>Año 2022</b>				
<b>Fecha</b>	<b>Hora de Inicio</b>	<b>AM/PM</b>	<b>Duración</b>	<b>Precipitación Acumulada</b>
13-jul	03:50	PM	00:30	2.10
16-jul	05:40	PM	01:30	34.90
16-jul	10:20	PM	00:30	9.70
17-jul	09:30	PM	01:00	5.60
18-jul	05:20	PM	00:30	24.00
19-jul	03:20	PM	02:00	26.00
20-jul	08:00	PM	00:30	25.40
21-jul	05:30	PM	00:30	2.30
22-jul	02:40	PM	03:00	8.20
23-jul	06:00	PM	02:00	8.20
25-jul	07:30	PM	04:00	47.00
26-jul	11:00	PM	00:30	6.30
29-jul	12:00	AM	01:30	8.90
30-jul	08:50	PM	01:00	5.30
30-jul	05:50	PM	00:30	1.80
1-ago	06:50	PM	01:00	9.70
2-ago	05:40	PM	02:00	22.30
5-ago	04:00	PM	04:00	52.50
6-ago	04:40	PM	00:30	5.30
7-ago	08:40	PM	04:00	39.80
8-ago	07:20	PM	03:00	10.60
9-ago	07:40	PM	03:00	54.00
10-ago	08:40	PM	01:00	3.40
10-ago	12:00	AM	02:00	6.50
11-ago	06:00	PM	03:00	8.60
14-ago	10:40	PM	01:00	36.60
14-ago	01:50	AM	00:30	1.10
15-ago	12:00	AM	02:30	6.80
15-ago	10:30	PM	00:30	4.10
16-ago	12:00	AM	02:00	4.70

<b>Año 2022</b>				
<b>Fecha</b>	<b>Hora de Inicio</b>	<b>AM/PM</b>	<b>Duración</b>	<b>Precipitación Acumulada</b>
18-ago	02:20	PM	00:30	6.30
20-ago	08:20	PM	03:30	37.90
21-ago	06:50	PM	01:00	6.60
23-ago	09:50	PM	02:00	37.10
24-ago	10:10	PM	01:00	9.20
24-ago	04:20	PM	00:30	1.20
25-ago	03:50	PM	01:30	8.90
26-ago	09:40	PM	02:00	5.10
28-ago	05:50	AM	00:30	3.30
29-ago	04:10	AM	01:00	13.90
1-sept	08:00	PM	01:00	3.80
1-sept	01:50	PM	04:00	28.00
2-sept	12:00	AM	01:00	2.50
2-sept	03:50	PM	03:00	10.10
3-sept	12:00	AM	00:30	1.20
5-sept	10:10	PM	01:00	7.50
6-sept	12:30	AM	01:00	2.40
6-sept	06:30	PM	03:00	33.70
7-sept	11:40	AM	00:30	8.50
8-sept	01:40	PM	01:00	8.20
10-sept	06:00	AM	00:30	3.10
11-sept	12:50	PM	02:00	36.70
13-sept	04:50	AM	02:00	6.80
13-sept	08:10	PM	03:00	11.30
13-sept	04:50	PM	00:30	2.10
14-sept	01:30	AM	00:30	1.80
16-sept	09:30	PM	02:00	10.00
17-sept	11:50	AM	00:30	8.50
19-sept	03:20	AM	01:00	3.30
19-sept	12:50	PM	00:30	6.50

<b>Año 2022</b>				
<b>Fecha</b>	<b>Hora de Inicio</b>	<b>AM/PM</b>	<b>Duración</b>	<b>Precipitación Acumulada</b>
20-sept	03:00	PM	02:30	16.50
21-sept	09:20	PM	03:00	10.20
22-sept	09:40	AM	00:30	5.10
24-sept	07:00	PM	03:00	33.90
25-sept	07:40	PM	04:00	18.00
27-sept	09:40	PM	01:00	2.40
28-sept	04:50	PM	00:30	8.60
1-oct	08:30	PM	02:00	16.00
2-oct	09:10	PM	02:00	20.40
9-oct	09:50	PM	02:00	8.20
10-oct	12:00	AM	05:00	56.70
19-oct	04:50	PM	02:00	5.70
20-oct	03:10	PM	02:00	17.70
23-oct	12:10	PM	00:30	15.60
26-oct	12:20	AM	00:30	1.90
3-nov	10:20	AM	02:00	19.60
5-nov	12:10	PM	01:00	12.80
6-nov	10:20	PM	00:30	3.40
19-nov	08:50	PM	01:00	6.20
27-nov	10:50	PM	02:00	10.50



## ANEXO B

PORCENTAJE DE PRECIPITACIÓN ACUMULADA DE  
TORMENTAS CON DURACIÓN DE 3 HORAS DE LA  
ESTACIÓN UCA (2020 – 2022)



Año 2020							
Fecha/Tiempo (hh:mm)	00:00	00:30	01:00	01:30	02:00	02:30	03:00
13-may	0.0	6.5	57.3	64.9	87.6	96.2	100.0
10-jun	0.0	14.5	69.4	85.5	93.6	96.8	100.0
29-jun	0.0	4.9	12.2	17.1	78.1	92.7	100.0
6-jul	0.0	33.3	50.0	61.1	77.8	94.4	100.0
8-jul	0.0	11.3	33.8	37.5	55.0	78.8	100.0
16-jul	0.0	11.8	35.3	52.9	70.6	82.4	100.0
17-jul	0.0	31.3	56.3	62.5	81.3	87.5	100.0
22-jul	0.0	61.0	84.6	90.2	96.8	98.4	100.0
25-jul	0.0	8.5	74.5	80.9	90.4	95.7	100.0
12-sep	0.0	23.5	35.3	52.9	76.5	88.2	100.0
23-sep	0.0	13.6	27.3	40.9	63.6	86.4	100.0
24-sep	0.0	2.9	10.1	21.7	69.6	92.8	100.0
30-sep	0.0	2.9	13.2	85.3	95.6	98.5	100.0
30-sep	0.0	10.0	20.0	70.0	80.0	90.0	100.0
6-nov	0.0	7.6	17.5	30.8	55.0	82.0	100.0
<b>Máx.</b>	0.0	61.0	84.6	90.2	96.8	98.5	100.0
<b>Mín.</b>	0.0	2.9	10.1	17.1	55.0	78.8	100.0
<b>Promedio</b>	0.0	16.2	39.8	57.0	78.1	90.7	100.0

Año 2021									
Tiempo (hh:mm)/Fecha	24-jun	2-ago	22-ago	6-sep	10-sep	7-oct	Máx.	Mín.	Prom.
00:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
00:05	1.7	2.5	0.9	1.2	3.6	3.0	3.6	0.9	2.2
00:10	3.5	29.4	6.0	8.2	7.3	3.8	29.4	3.5	9.7
00:15	5.2	55.5	25.9	21.2	10.9	4.5	55.5	4.5	20.5
00:20	6.9	65.6	37.9	28.2	14.6	5.3	65.6	5.3	26.4
00:25	10.3	70.6	51.7	34.1	18.2	6.0	70.6	6.0	31.8
00:30	13.8	73.1	58.6	36.5	21.8	6.8	73.1	6.8	35.1

Año 2021									
Tiempo (hh:mm)/Fecha	24-jun	2-ago	22-ago	6-sep	10-sep	7-oct	Máx.	Mín.	Prom.
00:35	22.4	76.5	60.3	41.2	23.6	10.5	76.5	10.5	39.1
00:40	24.1	78.2	62.1	43.5	27.3	18.8	78.2	18.8	42.3
00:45	27.6	79.0	62.9	45.9	29.1	30.1	79.0	27.6	45.8
00:50	41.4	79.8	64.7	47.1	32.7	49.6	79.8	32.7	52.6
00:55	48.3	80.7	66.4	48.2	36.4	65.4	80.7	36.4	57.6
01:00	53.5	81.5	69.0	49.4	40.0	72.9	81.5	40.0	61.1
01:05	55.2	82.4	69.8	50.6	41.8	77.4	82.4	41.8	62.9
01:10	56.9	83.2	71.6	51.8	45.5	79.7	83.2	45.5	64.8
01:15	58.6	84.0	73.3	52.9	49.1	81.2	84.0	49.1	66.5
01:20	60.3	84.9	75.0	54.1	50.9	82.0	84.9	50.9	67.9
01:25	62.1	85.7	76.7	55.3	54.6	82.7	85.7	54.6	69.5
01:30	63.8	86.6	78.5	57.7	56.4	84.2	86.6	56.4	71.2
01:35	67.2	87.4	79.3	58.8	58.2	85.7	87.4	58.2	72.8
01:40	69.0	88.2	81.0	62.4	60.0	86.5	88.2	60.0	74.5
01:45	70.7	89.1	81.9	64.7	61.8	88.0	89.1	61.8	76.0
01:50	72.4	89.9	83.6	65.9	65.5	88.7	89.9	65.5	77.7
01:55	74.1	90.8	84.5	67.1	67.3	90.2	90.8	67.1	79.0
02:00	77.6	91.6	85.3	69.4	70.9	91.0	91.6	69.4	81.0
02:05	81.0	92.4	87.1	71.8	72.7	92.5	92.5	71.8	82.9
02:10	82.8	93.3	87.9	74.1	78.2	93.2	93.3	74.1	84.9
02:15	86.2	94.1	88.8	77.7	80.0	94.0	94.1	77.7	86.8
02:20	87.9	95.0	90.5	81.2	81.8	94.7	95.0	81.2	88.5
02:25	89.7	95.8	91.4	84.7	85.5	95.5	95.8	84.7	90.4
02:30	91.4	96.6	93.1	85.9	87.3	96.2	96.6	85.9	91.8
02:35	93.1	97.5	94.8	88.2	89.1	97.0	97.5	88.2	93.3
02:40	94.8	97.5	95.7	91.8	90.9	97.7	97.7	90.9	94.7
02:45	96.6	98.3	97.4	94.1	92.7	98.5	98.5	92.7	96.3
02:50	96.6	98.3	98.3	96.5	96.4	99.3	99.3	96.4	97.5
02:55	98.3	99.2	99.1	98.8	98.2	99.3	99.3	98.2	98.8
03:00	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

<b>Año 2022</b>														
<b>Tiempo (hh:mm)/Fecha</b>	<b>10-jun</b>	<b>2-jul</b>	<b>22-jul</b>	<b>8-ago</b>	<b>9-ago</b>	<b>11-ago</b>	<b>2-sep</b>	<b>6-sep</b>	<b>13-sep</b>	<b>21-sep</b>	<b>24-sep</b>	<b>Máx.</b>	<b>Mín.</b>	<b>Prom.</b>
00:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
00:10	12.5	5.8	3.7	17.0	3.3	3.5	5.0	32.3	4.4	2.9	2.9	32.3	2.9	8.5
00:20	18.8	7.4	9.8	31.1	10.9	7.0	19.8	57.3	7.1	5.9	14.2	57.3	5.9	17.2
00:30	22.5	13.4	15.9	38.7	40.6	12.8	34.7	65.6	18.6	10.8	31.3	65.6	10.8	27.7
00:40	32.5	28.0	15.9	43.4	53.3	18.6	37.6	68.5	25.7	23.5	40.1	68.5	15.9	35.2
00:50	38.8	48.8	25.6	48.1	55.7	22.1	40.6	70.9	30.1	33.3	44.0	70.9	22.1	41.6
01:00	45.0	73.6	31.7	50.9	57.2	25.6	45.5	71.8	32.7	38.2	61.1	73.6	25.6	48.5
01:10	51.3	89.4	37.8	53.8	60.9	29.1	50.5	74.2	39.8	41.2	74.6	89.4	29.1	54.8
01:20	55.0	92.6	41.5	58.5	63.3	34.9	55.4	76.6	44.2	46.1	81.4	92.6	34.9	59.0
01:30	58.8	93.9	47.6	63.2	63.9	40.7	58.4	78.0	46.9	53.9	87.3	93.9	40.7	63.0
01:40	62.5	94.7	53.7	66.0	66.3	44.2	61.4	80.4	54.0	66.7	91.2	94.7	44.2	67.4
01:50	66.3	95.2	63.4	70.8	69.1	47.7	66.3	81.9	56.6	74.5	92.6	95.2	47.7	71.3
02:00	70.0	96.0	69.5	75.5	70.0	53.5	69.3	84.3	69.9	74.5	94.1	96.0	53.5	75.1
02:10	76.3	96.5	79.3	80.2	70.9	57.0	74.3	86.6	72.6	79.4	95.0	96.5	57.0	78.9
02:20	80.0	97.0	82.9	84.9	71.9	62.8	79.2	89.0	74.3	79.4	95.9	97.0	62.8	81.6
02:30	83.8	97.8	89.0	87.7	81.3	66.3	82.2	91.4	77.0	87.3	96.8	97.8	66.3	85.5
02:40	87.5	98.2	92.7	90.6	89.3	81.4	87.1	93.8	88.5	87.3	97.6	98.2	81.4	90.4
02:50	93.8	99.5	96.3	95.3	96.3	84.9	90.1	97.6	92.9	95.1	98.5	99.5	84.9	94.6
03:00	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0



## ANEXO C

PROFUNDIDAD E INTENSIDAD DE LAS TORMENTAS DE 3  
HORAS ANALIZADAS EN ESTACIÓN UCA (2020 – 2022)



13/05/2020								
Tiempo (hh:mm)	Lluvia (mm)	Lluvia acumulada (mm)	Totales corrientes (hh:mm)					
			00:30	01:00	01:30	02:00	02:30	03:00
0:00	0	0						
00:30	2.40	2.40	2.40					
01:00	18.80	21.20	18.80	21.20				
01:30	2.80	24.00	2.80	21.60	24.00			
02:00	8.40	32.40	8.40	11.20	30.00	32.40		
02:30	3.20	35.60	3.20	11.60	14.40	33.20	35.60	
03:00	1.40	37.00	1.40	4.60	13.00	15.80	34.60	37.00
<b>Profundidad máx. (mm)</b>	18.80		18.80	21.60	30.00	33.20	35.60	37.00
<b>Intensidad máx. (mm/min)</b>	0.627		0.627	0.360	0.333	0.277	0.237	0.206

29/06/2020								
Tiempo (hh:mm)	Lluvia (mm)	Lluvia acumulada (mm)	Totales corrientes (hh:mm)					
			00:30	01:00	01:30	02:00	02:30	03:00
00:00	0	0						
00:30	0.40	0.40	0.40					
01:00	0.60	1.00	0.60	1.00				
01:30	0.40	1.40	0.40	1.00	1.40			
02:00	5.00	6.40	5.00	5.40	6.00	6.40		
02:30	1.20	7.60	1.20	6.20	6.60	7.20	7.60	
03:00	0.60	8.20	0.60	1.80	6.80	7.20	7.80	8.20
<b>Profundidad máx. (mm)</b>	5.00		5.00	6.20	6.80	7.20	7.80	8.20
<b>Intensidad máx. (mm/h)</b>	0.167		0.167	0.103	0.076	0.060	0.052	0.046

06/09/2021								
Tiempo (hh:mm)	Lluvia (mm)	Lluvia acumulada (mm)	Totales corrientes (hh:mm)					
			00:30	01:00	01:30	02:00	02:30	03:00
00:00	0.00	0.00						
00:05	0.20	0.20						
00:10	1.20	1.40						
00:15	2.20	3.60						
00:20	1.20	4.80						
00:25	1.00	5.80						
00:30	0.40	6.20	6.20					
00:35	0.80	7.00	6.80					
00:40	0.40	7.40	6.00					
00:45	0.40	7.80	4.20					
00:50	0.20	8.00	3.20					
00:55	0.20	8.20	2.40					
01:00	0.20	8.40	2.20	8.40				
01:05	0.20	8.60	1.60	8.40				
01:10	0.20	8.80	1.40	7.40				
01:15	0.20	9.00	1.20	5.40				
01:20	0.20	9.20	1.20	4.40				
01:25	0.20	9.40	1.20	3.60				
01:30	0.40	9.80	1.40	3.60	9.80			
01:35	0.20	10.00	1.40	3.00	9.80			
01:40	0.60	10.60	1.80	3.20	9.20			
01:45	0.40	11.00	2.00	3.20	7.40			
01:50	0.20	11.20	2.00	3.20	6.40			
01:55	0.20	11.40	2.00	3.20	5.60			
02:00	0.40	11.80	2.00	3.40	5.60	11.80		
02:05	0.40	12.20	2.20	3.60	5.20	12.00		
02:10	0.40	12.60	2.00	3.80	5.20	11.20		
02:15	0.60	13.20	2.20	4.20	5.40	9.60		
02:20	0.60	13.80	2.60	4.60	5.80	9.00		

06/09/2021								
Tiempo (hh:mm)	Lluvia (mm)	Lluvia acumulada (mm)	Totales corrientes (hh:mm)					
			00:30	01:00	01:30	02:00	02:30	03:00
02:25	0.60	14.40	3.00	5.00	6.20	8.60		
02:30	0.20	14.60	2.80	4.80	6.20	8.40	14.60	
02:35	0.40	15.00	2.80	5.00	6.40	8.00	14.80	
02:40	0.60	15.60	3.00	5.00	6.80	8.20	14.20	
02:45	0.40	16.00	2.80	5.00	7.00	8.20	12.40	
02:50	0.40	16.40	2.60	5.20	7.20	8.40	11.60	
02:55	0.40	16.80	2.40	5.40	7.40	8.60	11.00	
03:00	0.20	17.00	2.40	5.20	7.20	8.60	10.80	17.00
<b>Profundidad máx. (mm)</b>	2.20		6.80	8.40	9.80	12.00	14.80	17.00
<b>Intensidad máx. (mm/min)</b>	0.440		0.227	0.140	0.109	0.100	0.099	0.095

07/10/2021								
Tiempo (hh:mm)	Lluvia (mm)	Lluvia acumulada (mm)	Totales corrientes (hh:mm)					
			00:30	01:00	01:30	02:00	02:30	03:00
00:00	0.00	0.00						
00:05	0.80	0.80						
00:10	0.20	1.00						
00:15	0.20	1.20						
00:20	0.20	1.40						
00:25	0.20	1.60						
00:30	0.20	1.80	1.80					
00:35	1.00	2.80	2.00					
00:40	2.20	5.00	4.00					
00:45	3.00	8.00	6.80					
00:50	5.20	13.20	11.80					
00:55	4.20	17.40	15.80					
01:00	2.00	19.40	17.60	19.40				
01:05	1.20	20.60	17.80	19.80				
01:10	0.60	21.20	16.20	20.20				
01:15	0.40	21.60	13.60	20.40				
01:20	0.20	21.80	8.60	20.40				
01:25	0.20	22.00	4.60	20.40				
01:30	0.40	22.40	3.00	20.60	22.40			
01:35	0.40	22.80	2.20	20.00	22.00			
01:40	0.20	23.00	1.80	18.00	22.00			
01:45	0.40	23.40	1.80	15.40	22.20			
01:50	0.20	23.60	1.80	10.40	22.20			
01:55	0.40	24.00	2.00	6.60	22.40			
02:00	0.20	24.20	1.80	4.80	22.40	24.20		
02:05	0.40	24.60	1.80	4.00	21.80	23.80		
02:10	0.20	24.80	1.80	3.60	19.80	23.80		
02:15	0.20	25.00	1.60	3.40	17.00	23.80		
02:20	0.20	25.20	1.60	3.40	12.00	23.80		

07/10/2021								
Tiempo (hh:mm)	Lluvia (mm)	Lluvia acumulada (mm)	Totales corrientes (hh:mm)					
			00:30	01:00	01:30	02:00	02:30	03:00
02:25	0.20	25.40	1.40	3.40	8.00	23.80		
02:30	0.20	25.60	1.40	3.20	6.20	23.80	25.60	
02:35	0.20	25.80	1.20	3.00	5.20	23.00	25.00	
02:40	0.20	26.00	1.20	3.00	4.80	21.00	25.00	
02:45	0.20	26.20	1.20	2.80	4.60	18.20	25.00	
02:50	0.20	26.40	1.20	2.80	4.60	13.20	25.00	
02:55	0.00	26.40	1.00	2.40	4.40	9.00	24.80	
03:00	0.20	26.60	1.00	2.40	4.20	7.20	24.80	26.60
<b>Profundidad máx. (mm)</b>	5.20		17.80	20.60	22.40	24.20	25.60	26.60
<b>Intensidad máx. (mm/min)</b>	1.040		0.593	0.343	0.249	0.202	0.171	0.148

08/08/2022								
Tiempo (hh:mm)	Lluvia (mm)	Lluvia acumulada (mm)	Totales corrientes (hh:mm)					
			00:30	01:00	01:30	02:00	02:30	03:00
0:00	0	0						
00:10	1.80	1.80						
00:20	1.50	3.30						
00:30	0.80	4.10	4.10					
00:40	0.50	4.60	2.80					
00:50	0.50	5.10	1.80					
01:00	0.30	5.40	1.30	5.40				
01:10	0.30	5.70	1.10	3.90				
01:20	0.50	6.20	1.10	2.90				
01:30	0.50	6.70	1.30	2.60	6.70			
01:40	0.30	7.00	1.30	2.40	5.20			
01:50	0.50	7.50	1.30	2.40	4.20			
02:00	0.50	8.00	1.30	2.60	3.90	8.00		
02:10	0.50	8.50	1.50	2.80	3.90	6.70		
02:20	0.50	9.00	1.50	2.80	3.90	5.70		
02:30	0.30	9.30	1.30	2.60	3.90	5.20	9.30	
02:40	0.30	9.60	1.10	2.60	3.90	5.00	7.80	
02:50	0.50	10.10	1.10	2.60	3.90	5.00	6.80	
03:00	0.50	10.60	1.30	2.60	3.90	5.20	6.50	10.60
<b>Profundidad máx. (mm)</b>	1.80		4.10	5.40	6.70	8.00	9.30	10.60
<b>Intensidad máx. (mm/min)</b>	0.180		0.137	0.090	0.075	0.067	0.062	0.059

06/09/2022								
Tiempo (hh:mm)	Lluvia (mm)	Lluvia acumulada (mm)	Totales corrientes (hh:mm)					
			00:30	01:00	01:30	02:00	02:30	03:00
0:00	0	0						
00:10	10.90	10.90						
00:20	8.40	19.30						
00:30	2.80	22.10	22.10					
00:40	1.00	23.10	12.20					
00:50	0.80	23.90	4.60					
01:00	0.30	24.20	2.10	24.20				
01:10	0.80	25.00	1.90	14.10				
01:20	0.80	25.80	1.90	6.50				
01:30	0.50	26.30	2.10	4.20	26.30			
01:40	0.80	27.10	2.10	4.00	16.20			
01:50	0.50	27.60	1.80	3.70	8.30			
02:00	0.80	28.40	2.10	4.20	6.30	28.40		
02:10	0.80	29.20	2.10	4.20	6.10	18.30		
02:20	0.80	30.00	2.40	4.20	6.10	10.70		
02:30	0.80	30.80	2.40	4.50	6.60	8.70	30.80	
02:40	0.80	31.60	2.40	4.50	6.60	8.50	20.70	
02:50	1.30	32.90	2.90	5.30	7.10	9.00	13.60	
03:00	0.80	33.70	2.90	5.30	7.40	9.50	11.60	33.70
<b>Profundidad máx. (mm)</b>	10.90		22.10	24.20	26.30	28.40	30.80	33.70
<b>Intensidad máx. (mm/min)</b>	1.090		0.737	0.403	0.292	0.237	0.205	0.187



## ANEXO D

TEMPERATURA (°C) PROMEDIO MENSUAL DE TODAS LAS  
ESTACIONES – 2021



<b>Mes</b>	<b>Temperatura promedio</b>	<b>Datos</b>	<b>Año</b>	<b>Estación</b>
Septiembre	23.52	21.0	2019	UCA
Octubre	23.9	31.0	2019	UCA
Noviembre	24.98	3.0	2019	UCA
Marzo	24.39	29.0	2020	UCA
Abril	25.11	30.0	2020	UCA
Mayo	24.41	31.0	2020	UCA
Junio	23.97	24.0	2020	UCA
Julio	23.26	31.0	2020	UCA
Septiembre	23.38	20.0	2020	UCA
Octubre	23.13	31.0	2020	UCA
Noviembre	22.92	30.0	2020	UCA
Diciembre	22.27	28.0	2020	UCA
Abril	24.39	19.0	2021	UCA
Agosto	23.25	28.0	2021	UCA
Diciembre	23.04	31.0	2021	UCA
Febrero	22.93	22.0	2021	UCA
Julio	24.22	31.0	2021	UCA
Junio	22.93	24.0	2021	UCA
Marzo	23.87	31.0	2021	UCA
Noviembre	23.26	30.0	2021	UCA
Octubre	23.54	31.0	2021	UCA
Septiembre	23.33	30.0	2021	UCA
Enero	22.45	31.0	2022	UCA
Febrero	23.03	28.0	2022	UCA
Marzo	23.85	31.0	2022	UCA
Abril	24.03	30.0	2022	UCA
Mayo	23.57	31.0	2022	UCA
Junio	22.42	30.0	2022	UCA
Julio	23.73	31.0	2022	UCA
Agosto	23.1	31.0	2022	UCA
Septiembre	22.61	30.0	2022	UCA

<b>Mes</b>	<b>Temperatura promedio</b>	<b>Datos</b>	<b>Año</b>	<b>Estación</b>
Octubre	23.22	25.0	2022	UCA
Noviembre	23.17	29.0	2022	UCA
Abril	25.92	30.0	2021	PROCOMES
Agosto	25.06	25.0	2021	PROCOMES
Febrero	26.61	6.0	2021	PROCOMES
Julio	25.86	31.0	2021	PROCOMES
Junio	24.80	27.0	2021	PROCOMES
Marzo	25.67	28.0	2021	PROCOMES
Mayo	26.10	30.0	2021	PROCOMES
Abril	20.77	11.0	2021	PICACHO
Agosto	18.76	18.0	2021	PICACHO
Febrero	27.95	6.0	2021	PICACHO
Julio	19.34	29.0	2021	PICACHO
Junio	19.48	25.0	2021	PICACHO
Marzo	26.29	27.0	2021	PICACHO
Mayo	20.41	4.0	2021	PICACHO
Abril	27.59	30.0	2021	NEJAPA
Agosto	26.27	25.0	2021	NEJAPA
Julio	26.82	31.0	2021	NEJAPA
Junio	25.88	12.0	2021	NEJAPA
Marzo	23.96	17.0	2021	NEJAPA
Mayo	27.78	21.0	2021	NEJAPA
Junio	21.26	18.0	2021	EL ESPINO

## ANEXO E

DIRECCIÓN DE VIENTO DE TORMENTAS CON DURACIÓN  
ENTRE 2 A 6 HORAS EN ESTACIÓN UCA (2020 – 2022)



<b>Año 2020</b>			
<b>Duración (hh:mm)</b>	<b>Fecha</b>	<b>Dirección</b>	<b>Velocidad máx. (km/h)</b>
02:00	15-abr	ENE	2.0
02:00	1-may	SSW	6.0
02:00	5-may	WSW	3.0
02:00	5-may	NE	8.0
03:00	13-may	SW	6.0
02:00	14-may	ENE	2.0
02:00	14-may	NE	8.0
04:00	29-may	NE	5.0
1 DIA	30-may	NE	8.0
1 DIA	31-may	SSW	11.0
1 DIA	1-jun	SSW	3.0
03:00	10-jun	NE	8.0
02:00	16-jun	SSW	5.0
02:00	23-jun	WSW	2.0
02:00	24-jun	WSW	3.0
02:00	26-jun	NE	6.0
02:00	28-jun	NE	10.0
03:00	29-jun	NE	5.0
02:00	30-jun	NE	2.0
04:00	4-jul	NE	13.0
03:00	6-jul	NE	6.0
05:00	7-jul	NE	16.0
03:00	8-jul	NNE	10.0
02:00	10-jul	SW	3.0
02:00	11-jul	SW	2.0
02:00	11-jul	SSW	6.0
02:00	12-jul	WSW	6.0
04:00	16-jul	SW	3.0
03:00	17-jul	SSW	5.0
03:00	22-jul	SW	5.0

<b>Año 2020</b>			
<b>Duración (hh:mm)</b>	<b>Fecha</b>	<b>Dirección</b>	<b>Velocidad máx. (km/h)</b>
03:00	22-jul	ENE	5.0
02:00	31-jul	NE	6.0
02:00	14-sep	SW	3.0
02:00	17-sep	NE	10.0
02:00	22-sep	WSW	3.0
02:00	23-sep	SSW	2.0
02:00	24-sep	WSW	2.0
04:00	29-sep	ENE	5.0
03:00	30-sep	NE	5.0
05:00	13-oct	NE	6.0
05:00	15-oct	NE	5.0
05:00	25-oct	ENE	5.0
02:00	29-oct	NE	13.0
02:00	4-nov	NE	10.0
06:00	5-nov	NE	13.0
02:00	9-nov	SW	5.0
06:00	9-nov	NE	6.0

<b>Año 2021</b>			
<b>Duración (hh:mm)</b>	<b>Fecha</b>	<b>Dirección</b>	<b>Velocidad máx. (km/h)</b>
02:00	13-jun	WSW	13.0
02:00	15-jun	WSW	6.0
06:00	23-jun	NE	8.0
03:00	24-jun	NE	21.0
02:00	26-jun	NE	11.0
02:00	12-jul	NE	19.0
02:00	28-jul	NE	11.0
03:00	2-ago	NE	18.0
02:00	6-ago	NE	11.0
02:00	20-ago	SSW	8.0
03:00	22-ago	ENE	11.0
02:00	24-ago	NE	13.0
03:00	6-sep	NE	24.0
02:00	9-sep	NNE	8.0
02:00	16-sep	SSW	8.0
02:00	26-sep	NE	16.0
03:00	7-oct	NE	13.0

<b>Año 2022</b>			
<b>Duración (hh:mm)</b>	<b>Fecha</b>	<b>Dirección</b>	<b>Velocidad máx. (km/h)</b>
02:00	22-abr	NE	13.0
02:00	3-may	NE	6.0
02:00	25-may	NE	8.0
02:00	5-jun	NE	6.0
03:00	10-jun	NNE	10.0
04:00	14-jun	NE	13.0
02:00	22-jun	SSW	6.0
03:00	2-jul	NE	11.0
02:00	3-jul	NE	5.0
02:00	3-jul	NE	13.0
02:00	13-jul	NE	6.0
02:00	19-jul	SSW	5.0
02:00	23-jul	SSW	6.0
02:00	25-jul	NE	11.0
02:00	2-ago	NE	6.0
02:00	5-ago	SSW	5.0
03:00	8-ago	NE	10.0
03:00	9-ago	NE	14.0
03:00	11-ago	NE	8.0
02:00	23-ago	WSW	5.0
02:00	26-ago	NE	13.0
04:00	1-sep	WSW	5.0
03:00	2-sep	WSW	3.0
02:00	11-sep	WSW	3.0
04:00	25-sep	SW	8.0
02:00	9-oct	NE	16.0
05:00	10-oct	NE	26.0
02:00	3-nov	NE	3.0
02:00	27-nov	NE	3.0

**ANEXO F**  
**ENTREVISTA**



## PREGUNTAS DIRIGIDAS A PROCOMES

- ¿Quién maneja la red? ¿Cómo funciona?

R/ El equipo técnico de PROCOMES, A través de la empresa ACURITE, he instalándolas en las zonas intervenidas por el Proyecto City-Adapt equipando con panel solar de ser necesario.

El equipo necesita conexión a internet, ya sea, por medio de Wifi o datos para poder tener acceso en línea.

- ¿Qué marca y modelo son los dispositivos que se utilizan?

R/ Marca: ACURITE y Modelo: AcuRite Iris®. (5 en 1)

- ¿El personal que recolecta la información tiene el conocimiento técnico para hacer uso de los aparatos? R/ SI.

En caso de contestar “sí”: SI.

- ¿Cómo recibe estas capacitaciones?

R/ Al momento de la entrega se realizó la capacitación al personal representante en las fincas y/o representante de instituciones donde se instaló el equipo.

- ¿Quién las proporciona?

R/ Raúl Medina parte del equipo técnico de PROCOMES recibió la capacitación de parte de Acurite y se transfirió a los representantes de las fincas e instituciones.

- ¿La red recibe mantenimiento de forma periódica? R/ SI.

En caso de contestar “sí”:

- ¿En qué consiste el mantenimiento?

R/ Limpieza de paneles solares y equipo; Revisión de conexiones.

- ¿Cada cuánto tiempo se recibe dicho mantenimiento?

R/ Cada 4 meses.

- ¿Qué uso se les da a los datos recolectados?

R/ El Ing. Pablo Medina miembro del equipo técnico de PROCOMES las uso los datos de precipitación para generar isoyetas del comportamiento de la lluvia en la cuenca Arenal-Monserrat en el marco del Proyecto CityAdapt.

- ¿Cuál es el monto de inversión para mantener en funcionamiento la red?

<b>Estación Meteorológica</b>	<b>\$ 375 + \$20(envió) por cada equipo.</b>
<b>Contrato de servicios con ACURITE</b>	\$ 25.00 por cada equipo

Figura F-1. Información proporcionada del monto de inversión para el funcionamiento de la red meteorológica.

- ¿Cómo se obtiene el apoyo para tener en actividad esta red?

R/ Financieramente fue cubierto por del Proyecto CityAdapt y el mantenimiento por los representantes de las fincas o instituciones.

- ¿El MARN tiene conocimiento de la red? R/ NO.

En caso de contestar “sí”:

- ¿La institución pública realiza visitas para dar seguimiento de la actividad de la red?
- ¿Se les informa por parte de la institución pública si los datos están funcionando?
- ¿Se les da ayuda por parte de la institución a procesar los datos obtenidos?
- ¿Se tiene conocimiento de nuevas tecnologías que podrían adaptarse para la mejora en la obtención de datos?