

Distribución de la lluvia horaria anual y tendencias en lluvias máximas horarias en la zona cafetera colombiana

Carolina Ramírez Carabalí

Agroclimatología

19 de septiembre de 2022



Contenido

- Introducción
- Antecedentes
- Investigación actual
- Conclusiones y oportunidades

precipita

ción Depósito de agua solida o líquida proveniente de la atmósfera



Lluvia



Granizo



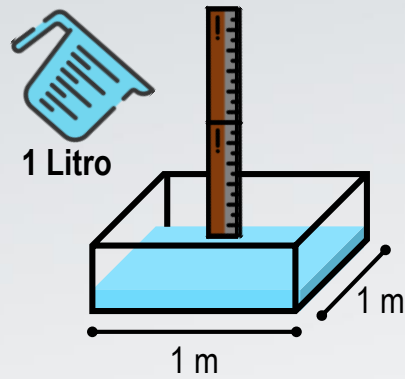
Nieve



Rocío



Neblina



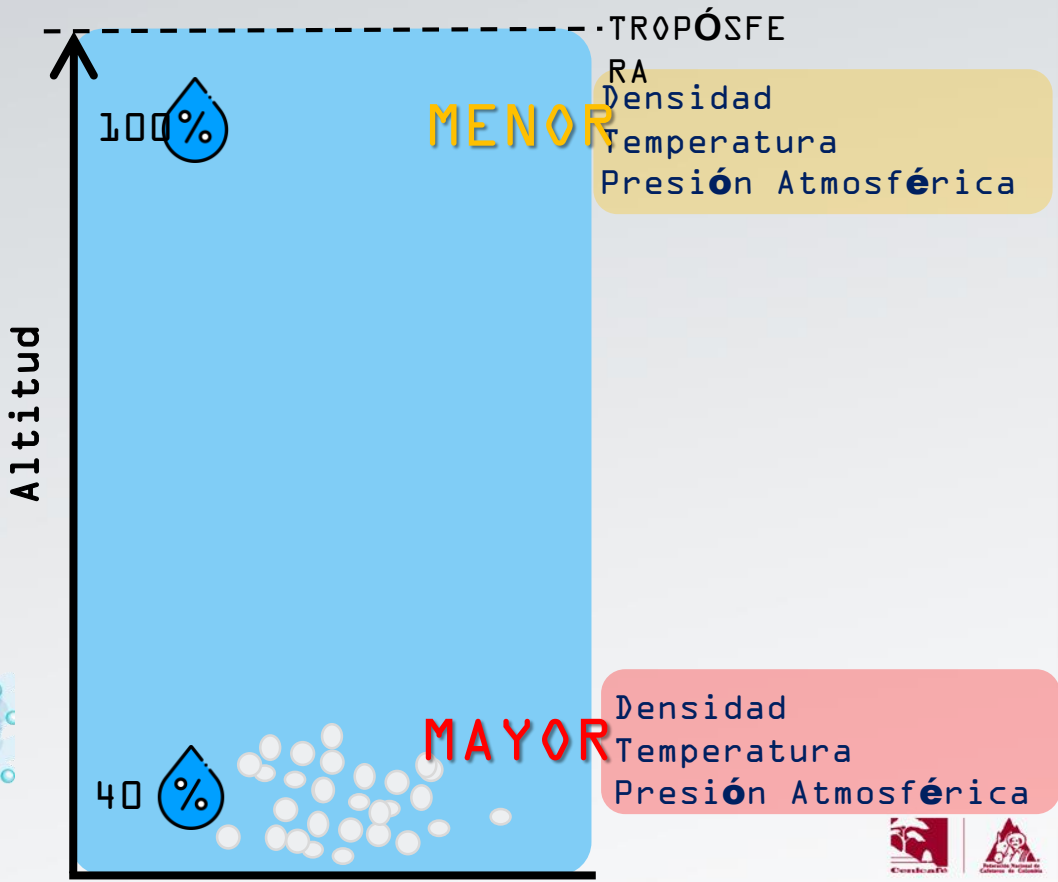
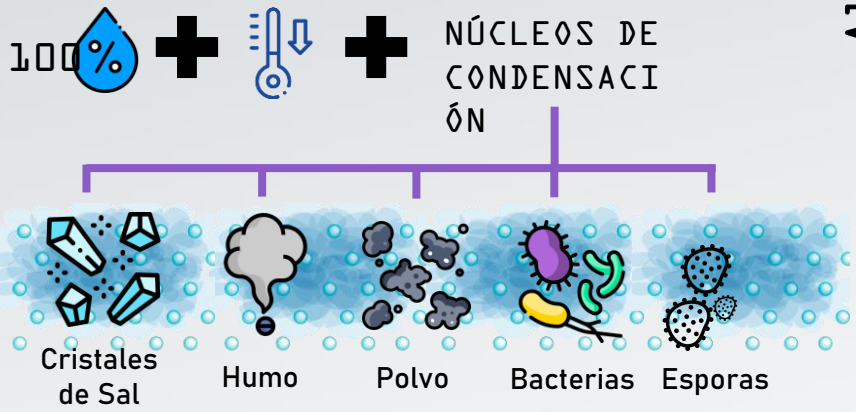
LLUVIA ANUAL 2000 MILÍMETROS

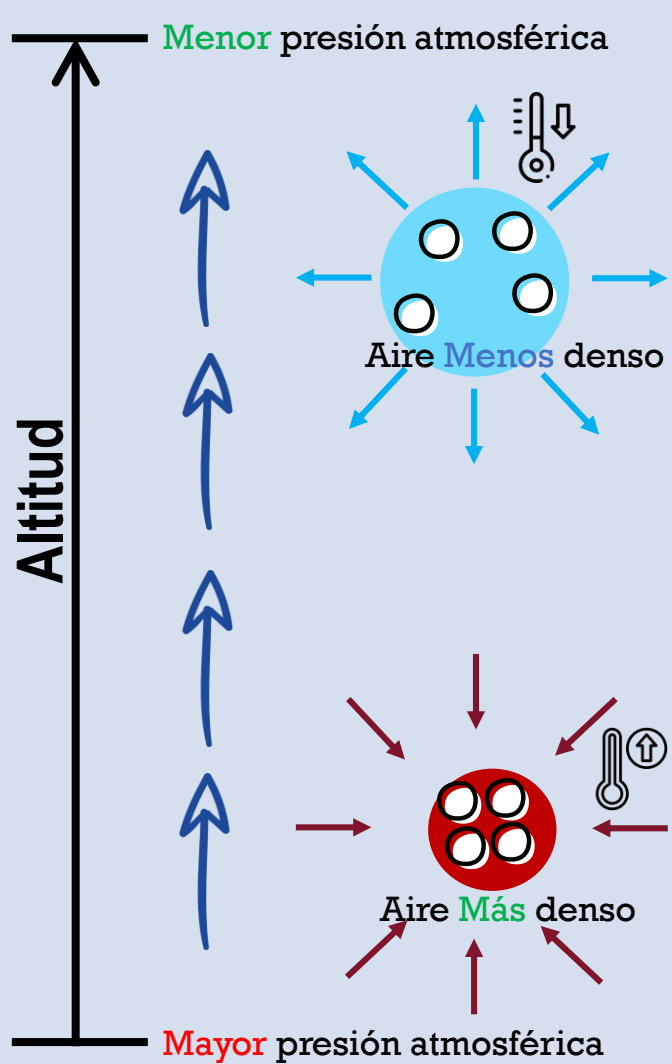


20 MILLONES DE LITROS
20 MIL TONELADAS

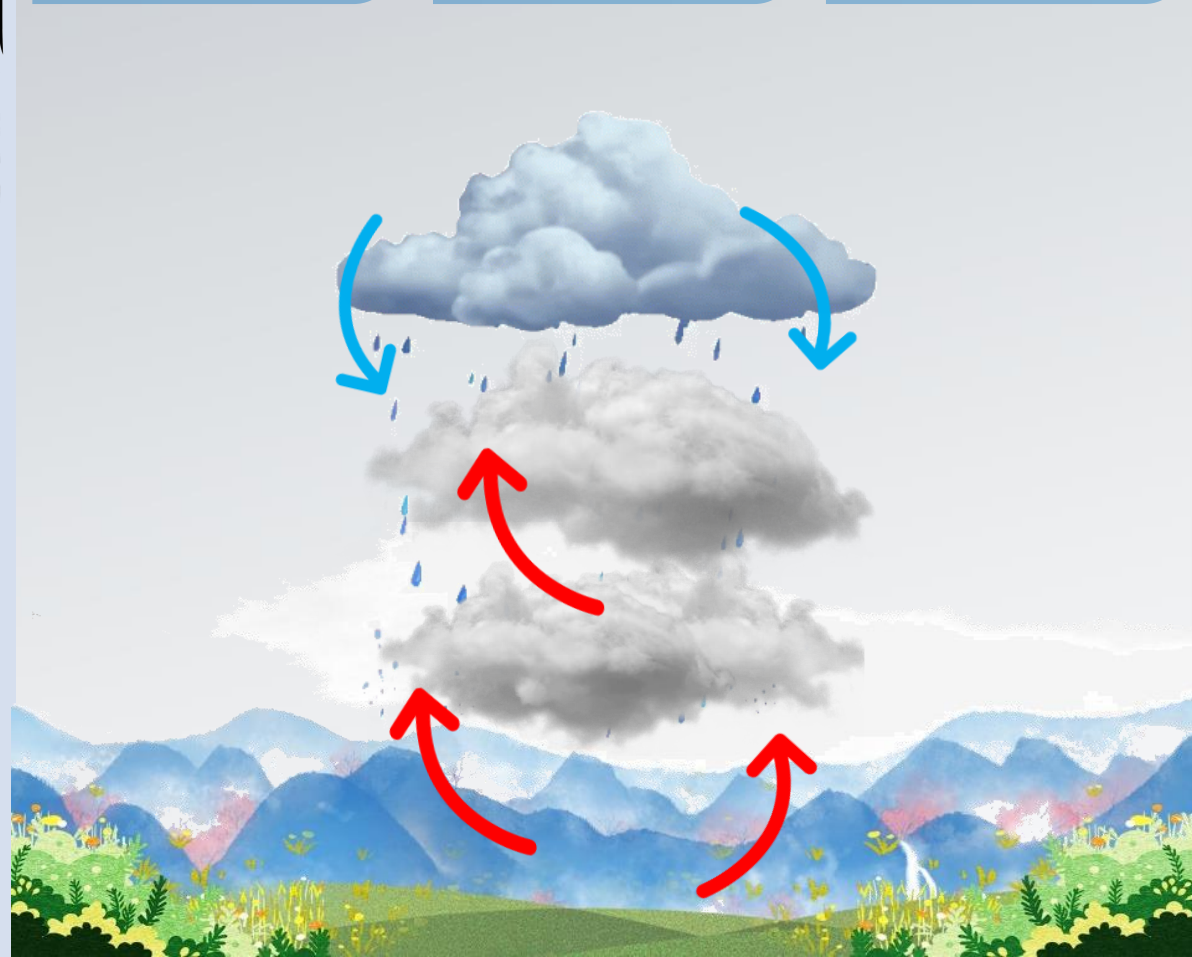
POR HECTÁREA AL AÑO

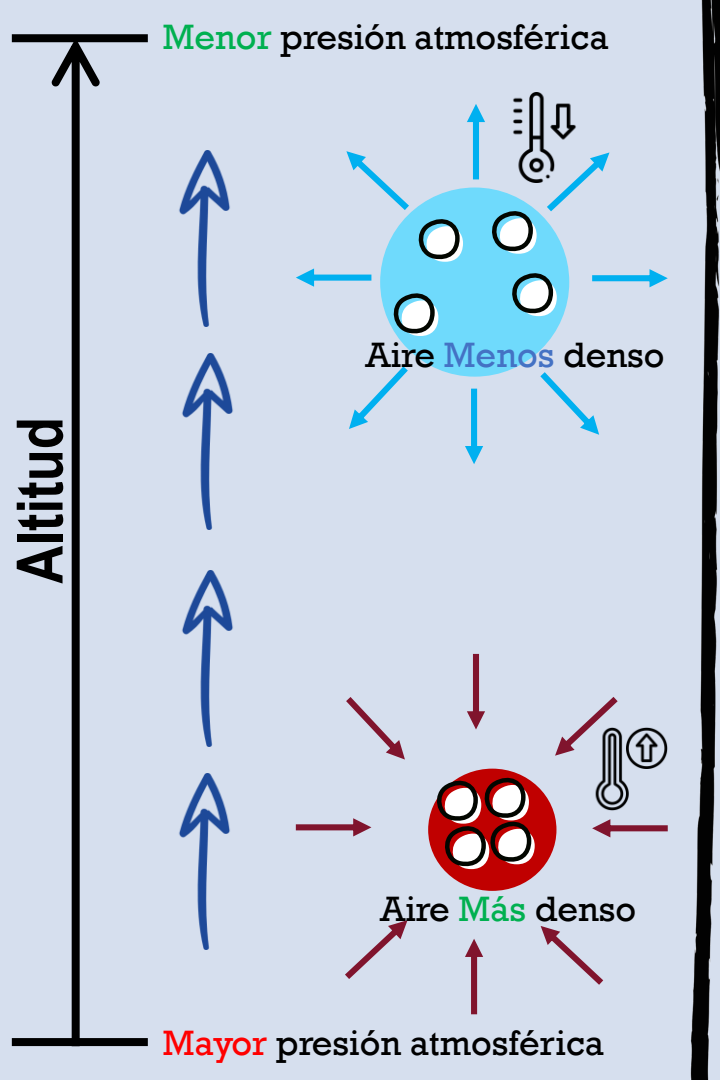
Formación de Nubes





convectivas OROGRÁFICAS Convergentes

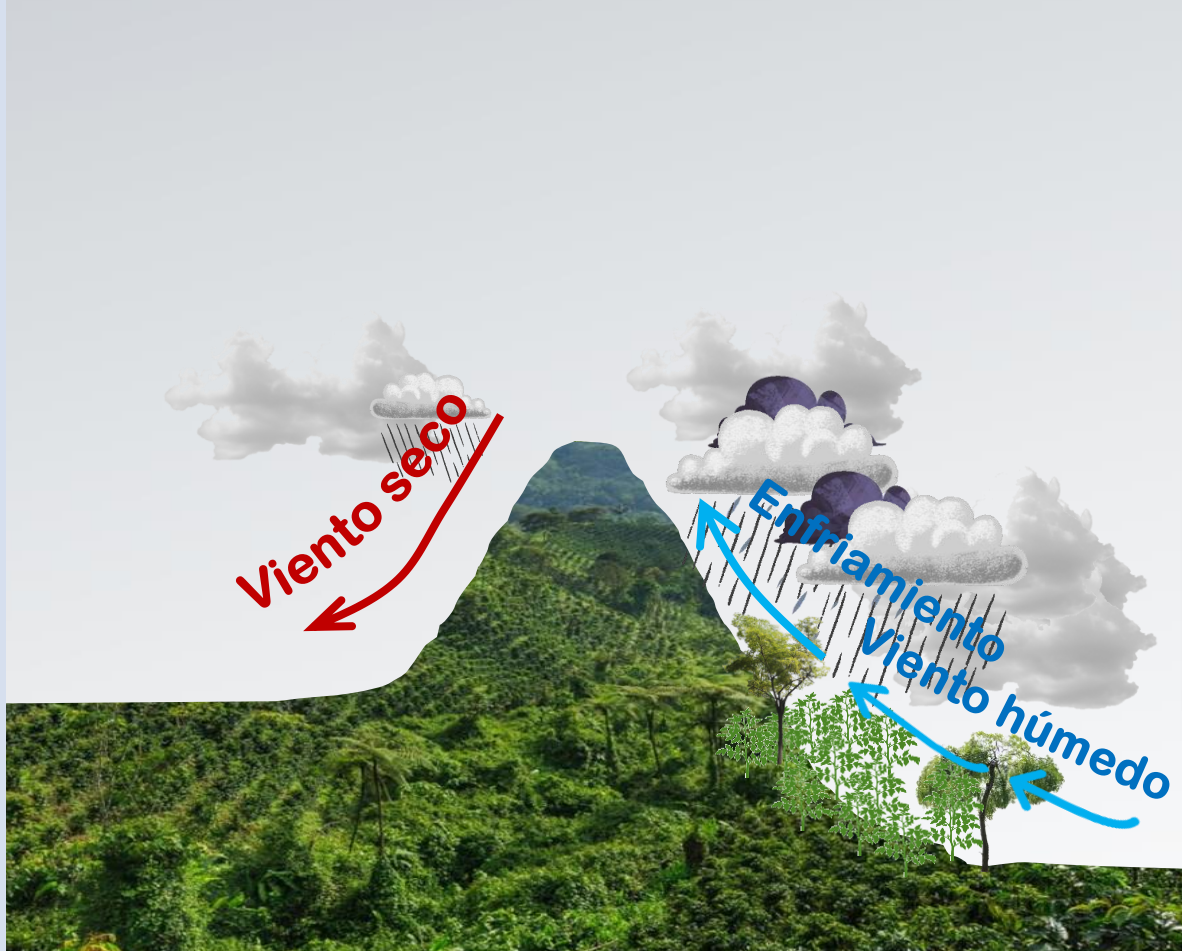


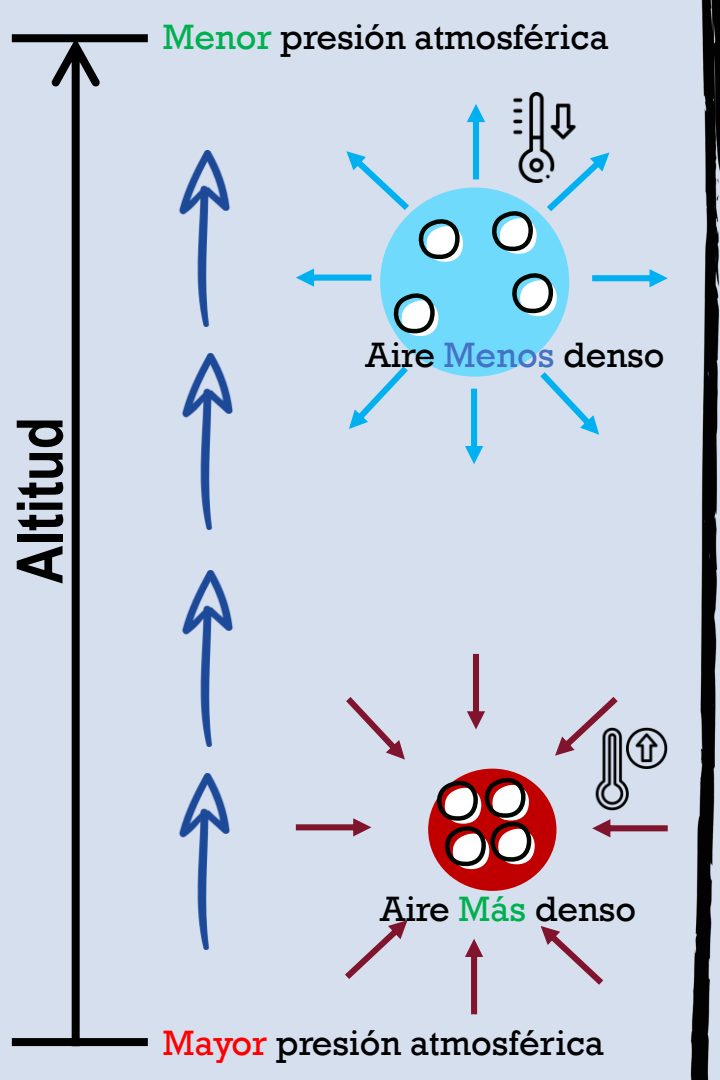


convectivas

OROGRÁFICAS

Convergentes



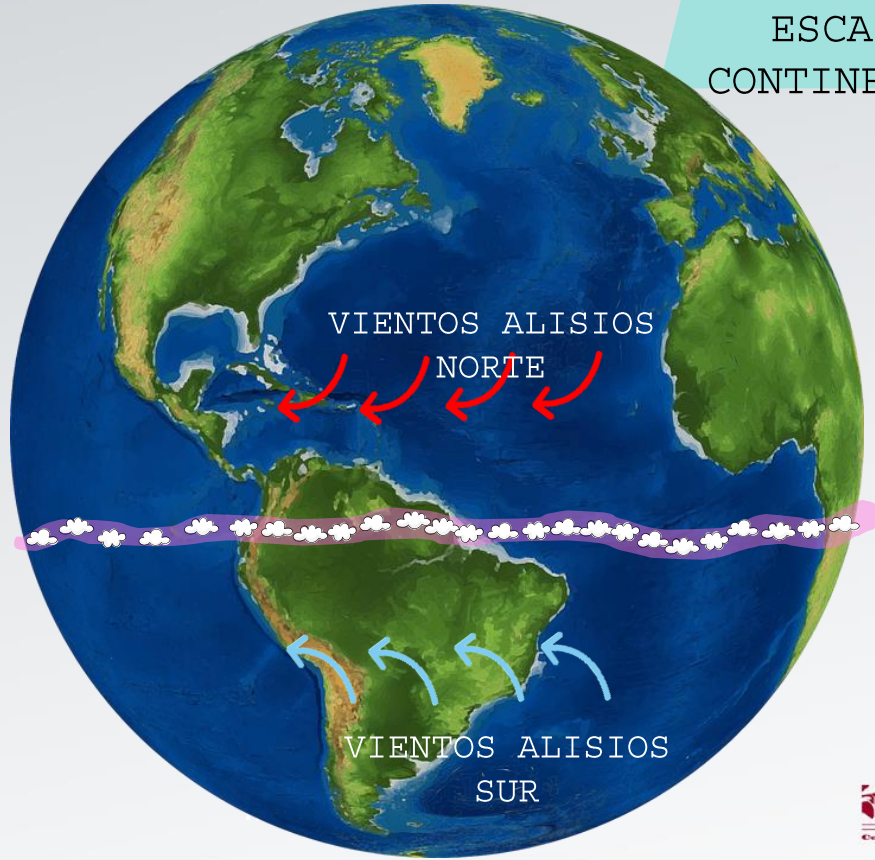


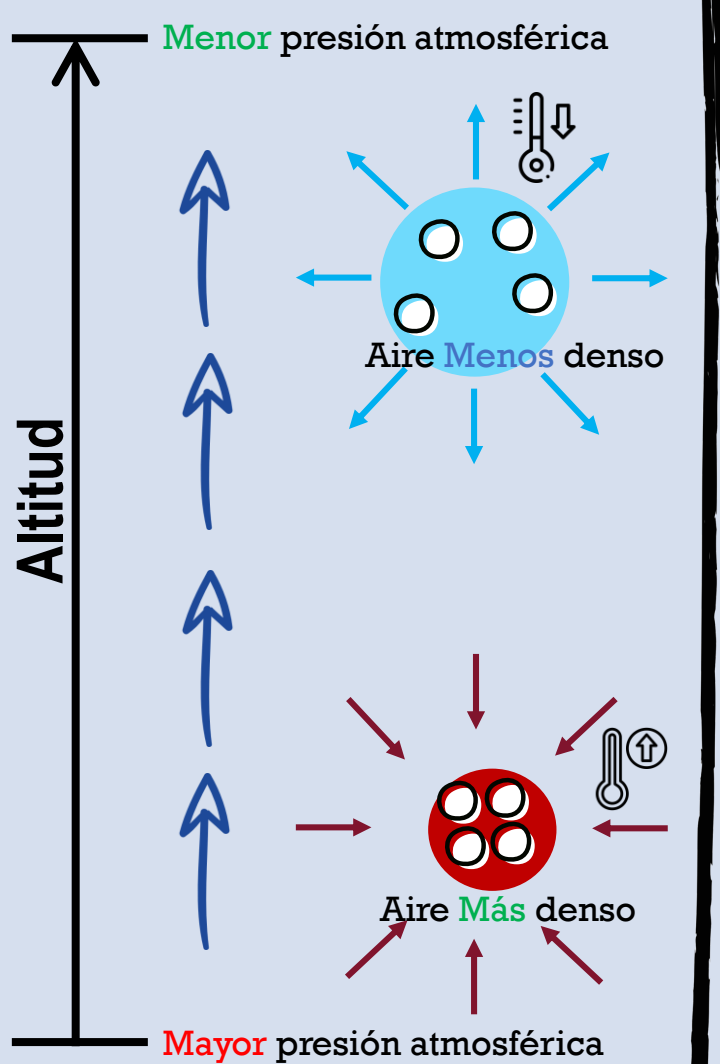
convectivas

OROGRÁFICAS

Convergentes

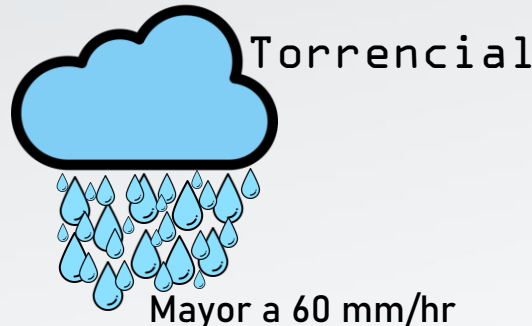
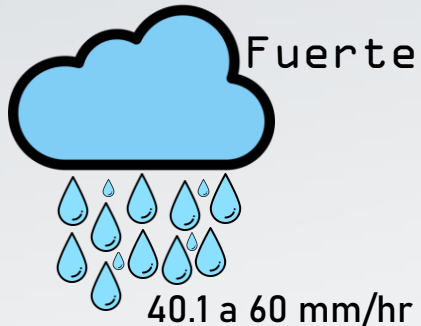
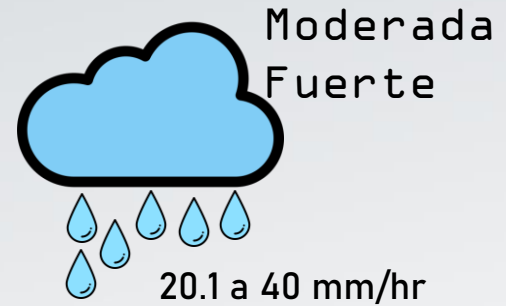
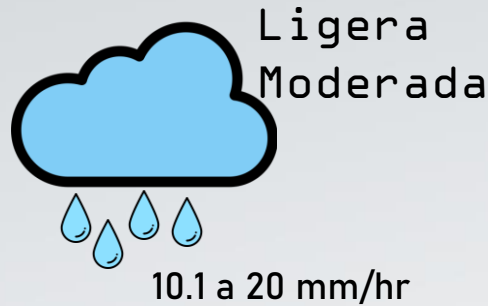
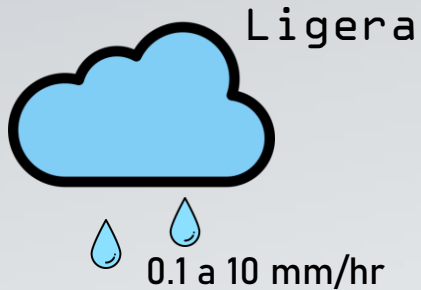
ESCALA CONTINENTAL



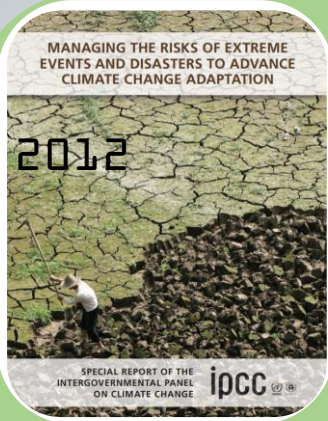


¿CÓMO SE CLASIFICA LA LLUVIA?

Precipitación (mm) / Hora



Escenario Futuro



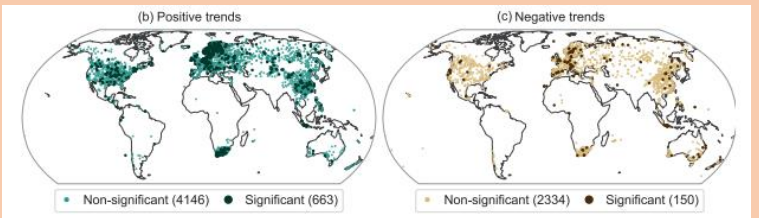
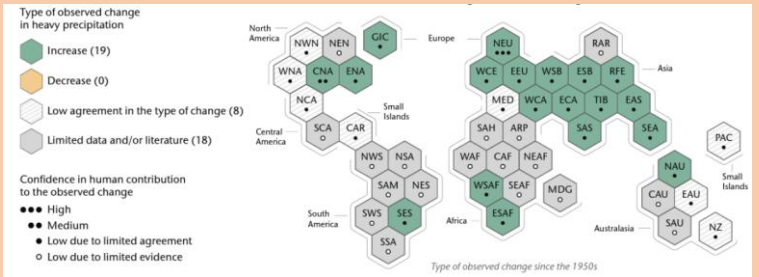
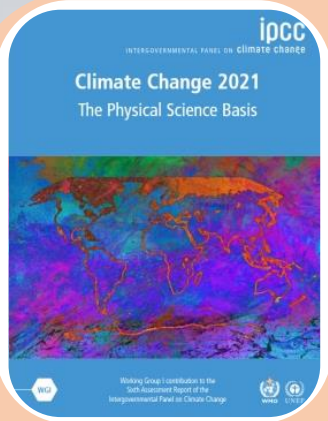
cantidad y frecuencia

Siglo XXI



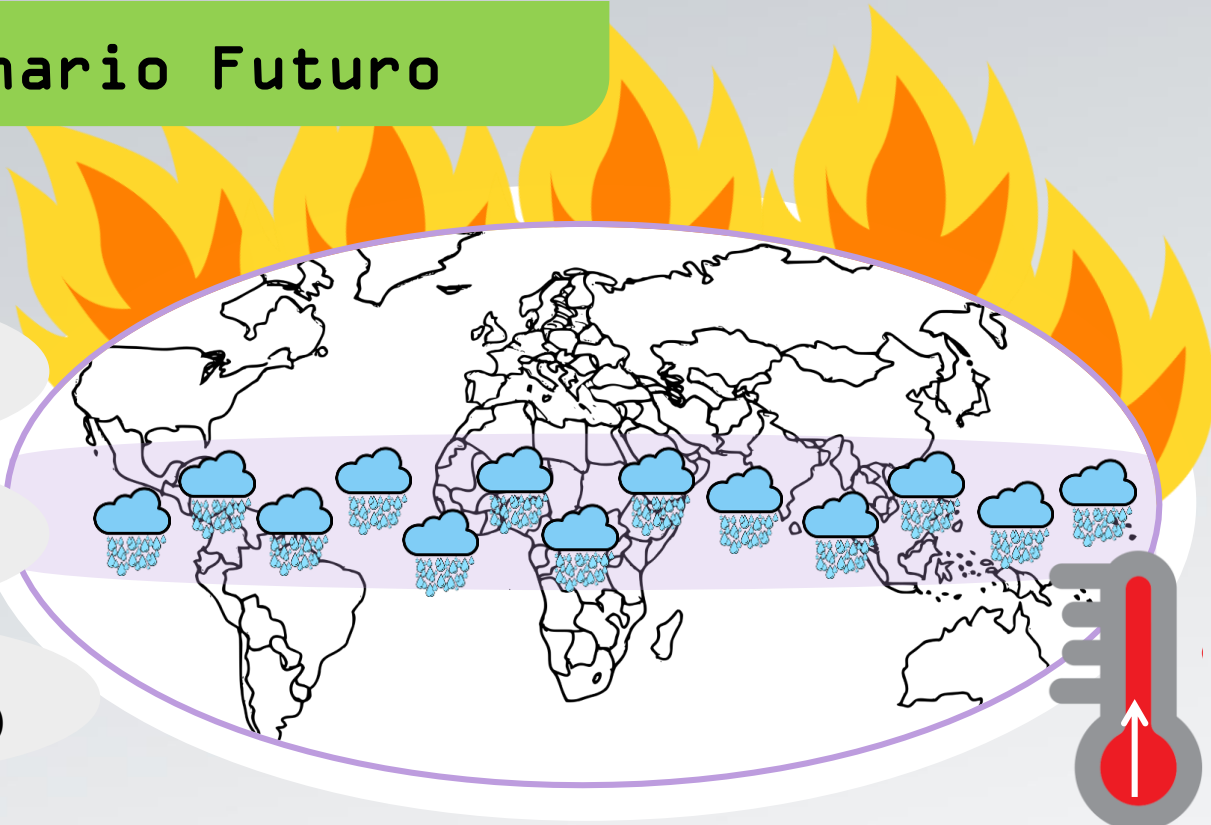
Precipitaciones

> 50 mm/día



intensidades de precipitación media diaria han aumentado desde mediados del siglo XX en la mayoría de las regiones

Escenario Futuro



Oscilación decadal del Pacífico (PDO)

El Niño Oscilación del Sur (ENOS)

Oscilación del Atlántico Norte (NAO)

A NIVEL HORARIO QUÉ SE HA ESTUDIADO?

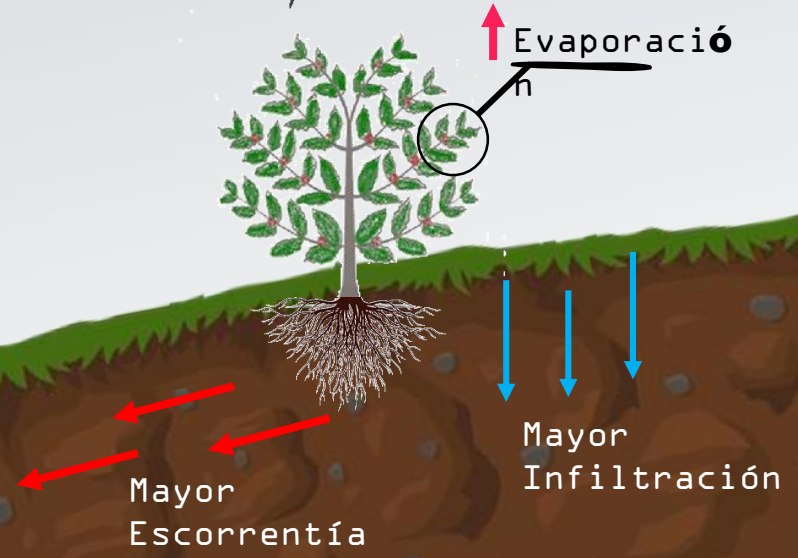
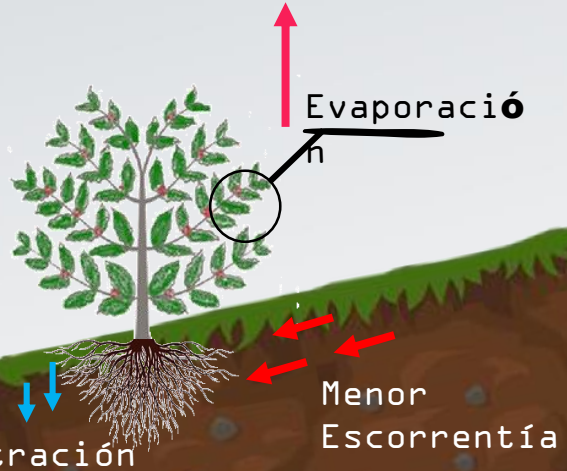
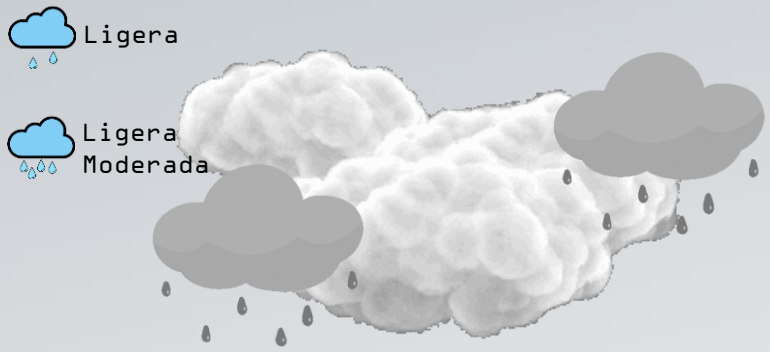
umento de las precipitaciones



Capacidad de retención de agua en la



Importancia



Antecedentes

ENOS
"LA NIÑA"



Regiones cafeteras

2016 2019 2020



2010

Gramalote
N. Santander

2017

Mocoa
Putumayo

2022

Andes
Antioquia



96%
METEOROLÓG

56%
Lluvias
prolongadas

37%
Ll. intensas de corta
duración

(García-Delgado et al., 2019)

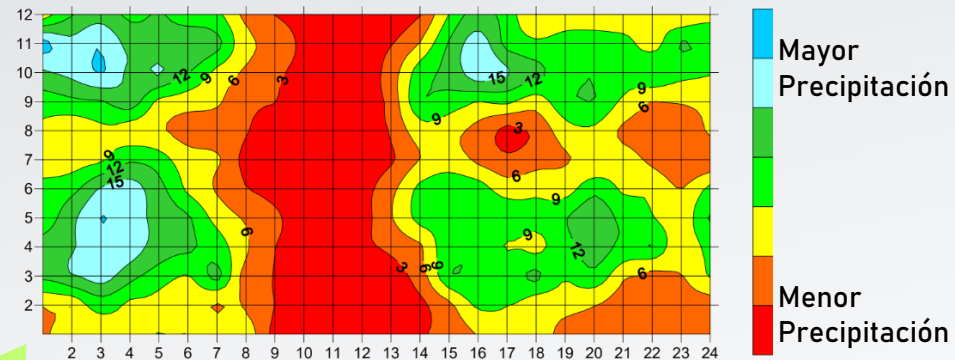
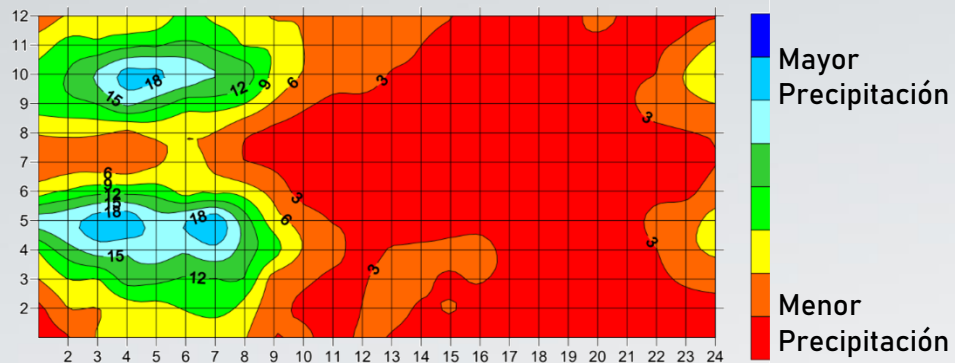


Antecedentes

INTERVALOS CON MAYOR FRECUENCIA DE LLUVIA				
ESTACIÓN	CIUDAD	6 HORAS	3 HORAS	1 HORA
Nazareth	Uribia	7:00 am A 12 m	6:00 A 8:00 am	7:00 A 8:00 am
Aeropuerto Almirante Padilla	Riohacha	4:00 A 11:00 pm	7:00 A 9:00 pm	7:00 A 8:00 pm
Aeropuerto Alfonso López	Valledupar	5:00 A 10:00 pm	6:00 A 8:00 pm	8:00 A 9:00 pm
Aeropuerto Simón Bolívar	Santa Marta	1:00 A 7:00 pm	2:00 A 4:00 pm	3:00 A 4:00 pm
Aeropuerto Ernesto Cortissoz	Barranquilla	1:00 A 6:00 pm	2:00 A 4:00 pm	2:00 A 3:00 pm
Manatí	Manatí	2:00 A 7:00 pm	4:00 A 6:00 pm	4:00 A 5:00 pm
Aeropuerto Rafael Núñez	Cartagena	11:00 am A 4 pm	2:00 A 4:00 pm	4:00 A 5:00 pm
Aeropuerto Olaya Herrera	Medellín	2:00 A 7:00 pm	2:00 A 4:00 pm	2:00 A 3:00 pm
Aeropuerto Matecaña	Pereira	1:00 A 6 am	2:00 A 4 am	3:00 A 4 am
Aeropuerto Palo Negro	Bucaramanga	1:00 A 6 am	3:00 A 5 am	3:00 A 4 am
Aeropuerto Yarigüies	Barrancabermeja	1:00 A 6 am	3:00 A 5 am	2:00 A 3 am
UPTC	Tunja	3:00 A 8:00 pm	5:00 A 7:00 pm	5:00 A 6:00 pm
Tibaitata	Mosquera	1:00 A 6:00 pm	3:00 A 5:00 pm	5:00 A 6:00 pm
El Dorado	Bogotá	1:00 A 6:00 pm	2:00 A 4:00 pm	3:00 A 4:00 pm
Aeropuerto Perales	Ibague	2:00 A 7 am	4:00 A 6 am	4:00 A 5 am
Aeropuerto Benito Salas	Neiva	2:00 A 7 am	3:00 A 5 am	3:00 A 4 am
Obonuco	Pasto	3:00 A 8:00 pm	6:00 A 8:00 pm	6:00 A 7:00 pm
Aeropuerto San Luis	Ipiales	2:00 A 7:00 pm	3:00 A 5:00 pm	2:00 A 3:00 pm
Aeropuerto el Caraño	Quibdó	7:00 am A 12 m	8:00 A 10:00 pm	7:00 A 8:00 pm
Gaviotas	Vichada	12:00 m A 5 pm	2:00 A 4:00 pm	1:00 A 2:00 pm
Aeropuerto Vásquez Cobo	Leticia	12:00 m A 5 pm	2:00 A 4:00 pm	1:00 A 2:00 pm

Perales - Ibagué

Mes

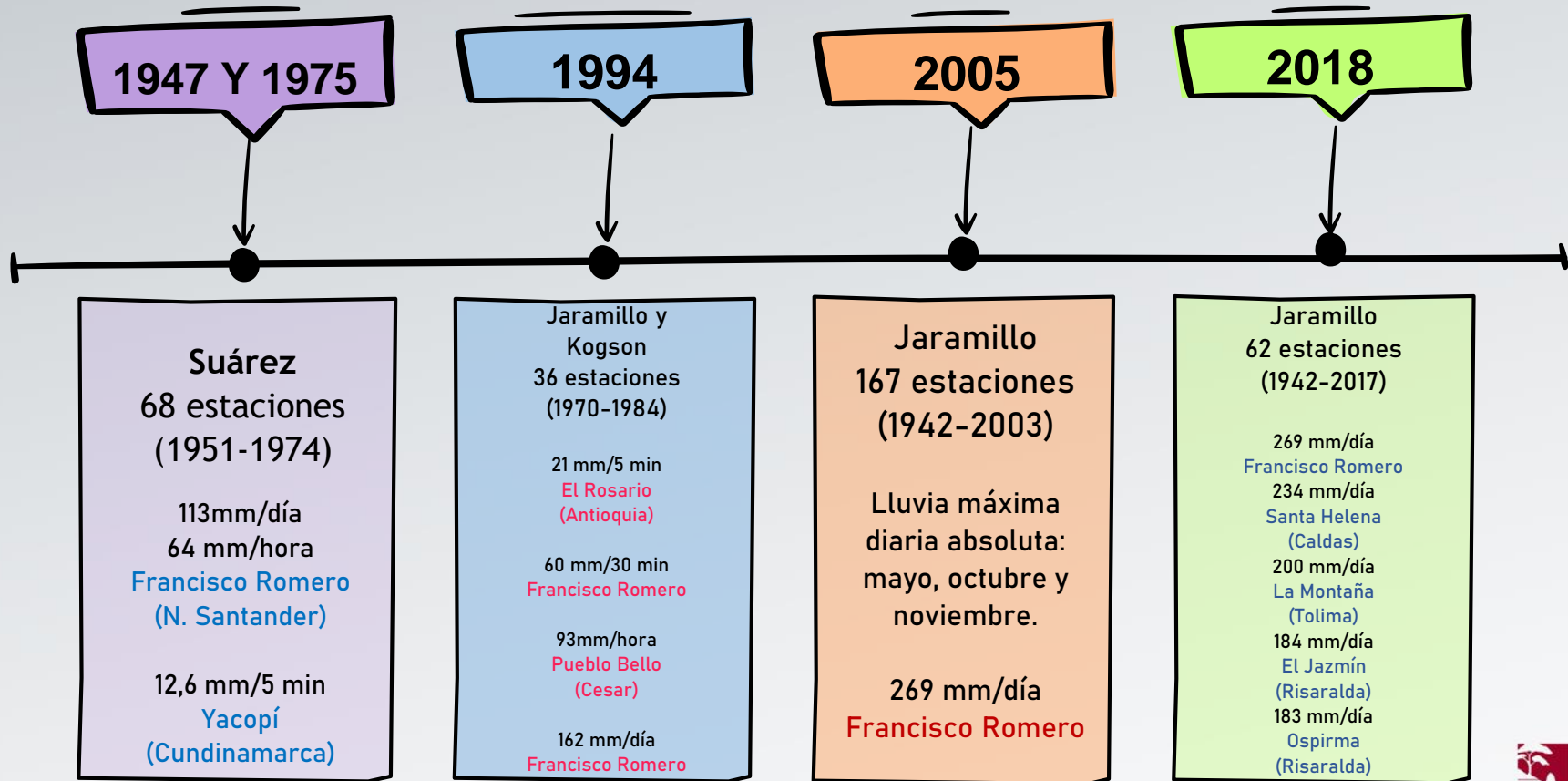


Matecaña - Pereira

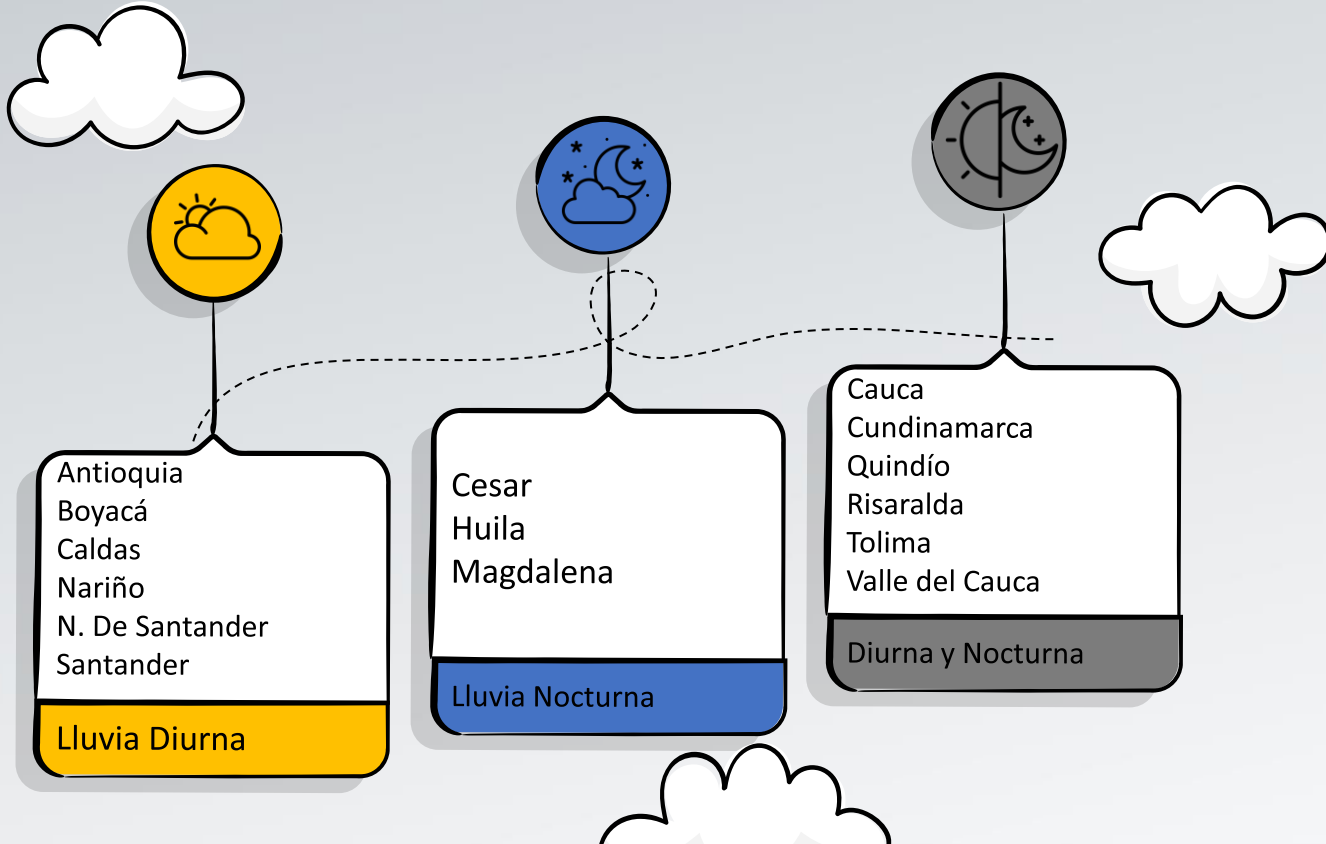
Hora

Gómez Blanco, 2010

Antecedentes



Antecedentes



Antecedentes



Tendencias



Precipitaciones
extremas



Diarias y Anuales



Mann Kendall
Pendiente Sen
Mann Whitney Wilcoxon
Análisis Empírico de Funciones Ortogonales
de Tendencias (TEOF, sigla ingles)



Diferente Respuesta



Patrones Espaciales



Significancia

Antecedentes

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (1)$$

n= Número de años

x_j y x_k son los valores anuales en los años j y k, donde $j > k$.

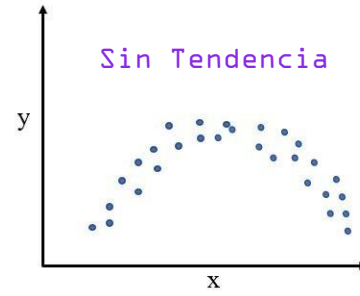
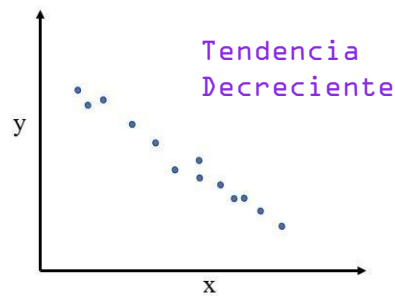
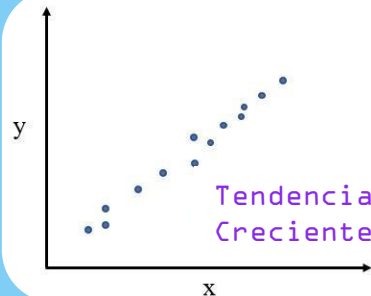
VAR(S) (3)

$$Z = \begin{cases} \frac{S - 1}{\sqrt{\text{VAR}(S)}} & \text{Si } S > 0 \\ 0 & \text{Si } S = 0 \\ \frac{S + 1}{\sqrt{\text{VAR}(S)}} & \text{Si } S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

MANN KENDALL (MK)

(2)

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = \begin{cases} 1 & \text{si } x_j - x_k > 0 \\ 0 & \text{si } x_j - x_k = 0 \\ -1 & \text{si } x_j - x_k < 0 \end{cases}$$



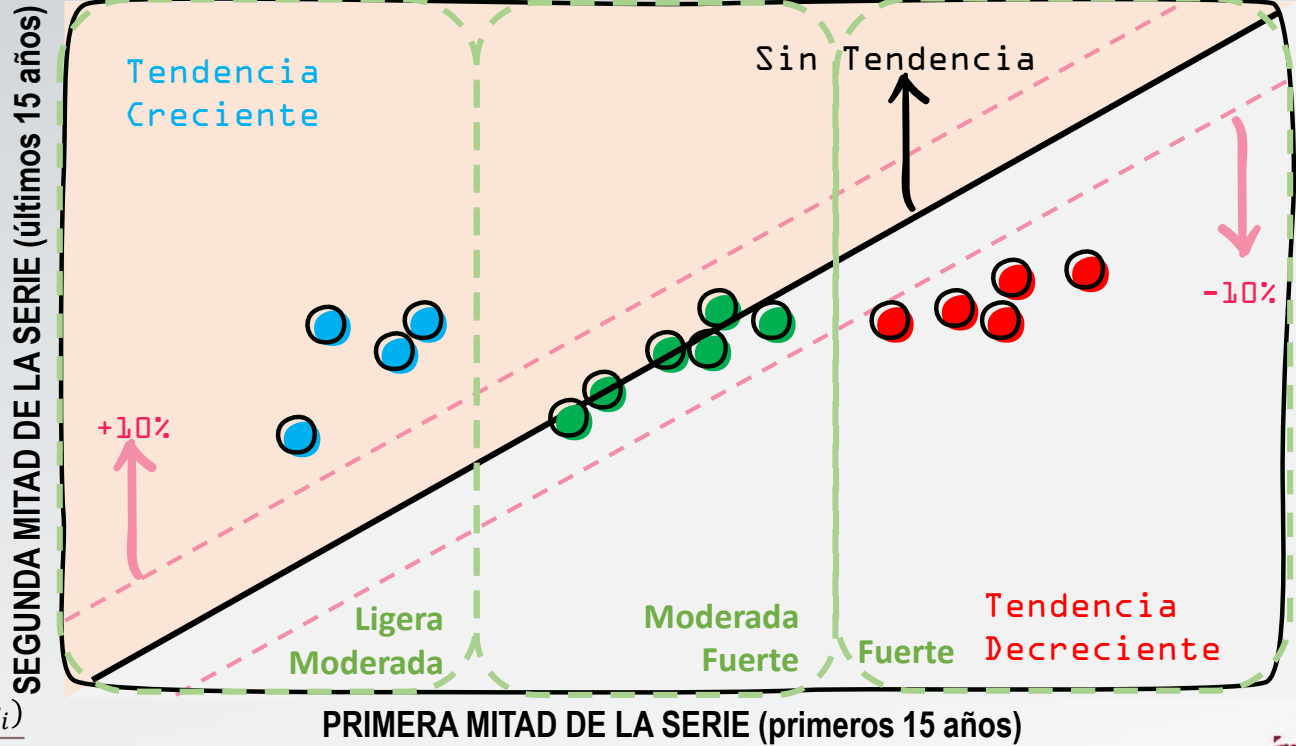
Antecedentes

ANÁLISIS DE TENDENCIAS INNOVADORAS (ITA)



2014

$$PI = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n PI_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{10(y_i - x_i)}{\bar{x}}$$

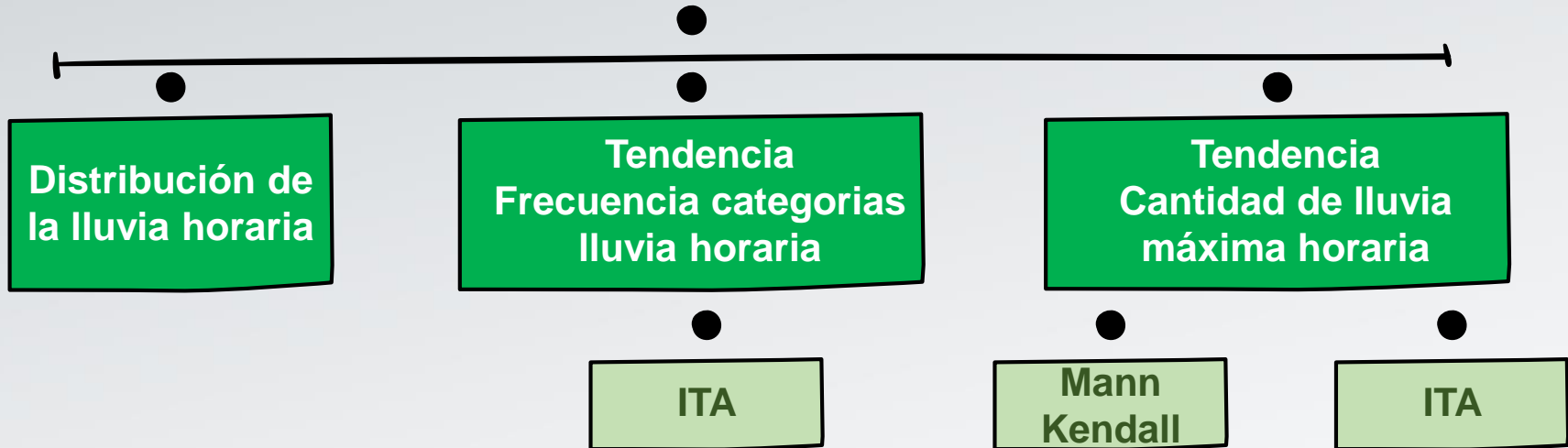


(Şen, 2012)



Investigación

Determinación del comportamiento de intensidades de lluvias máximas en función de su duración, para diferentes períodos de retorno



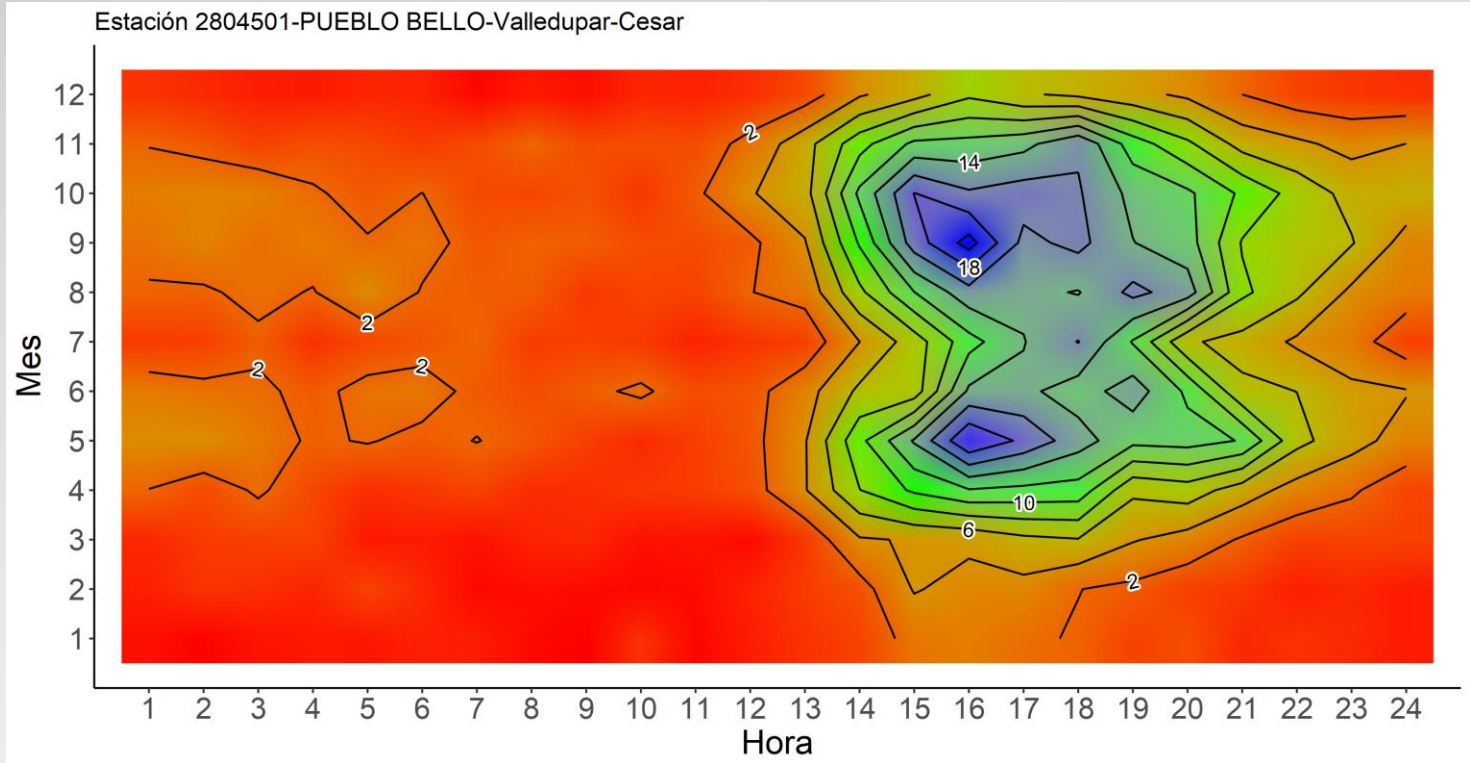
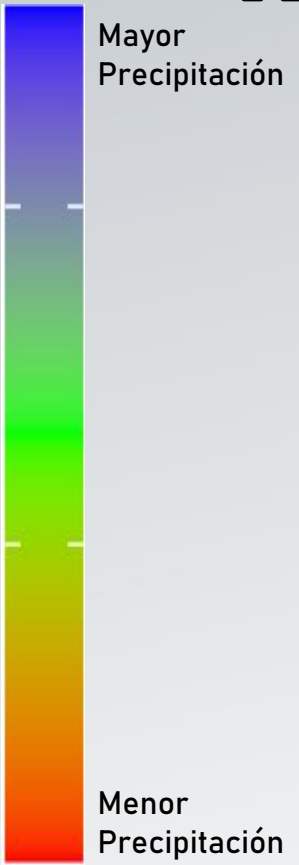
Distribución de la lluvia horaria



Diurno

Serie 1
Lluvia horaria
Inicio - Fin Serie

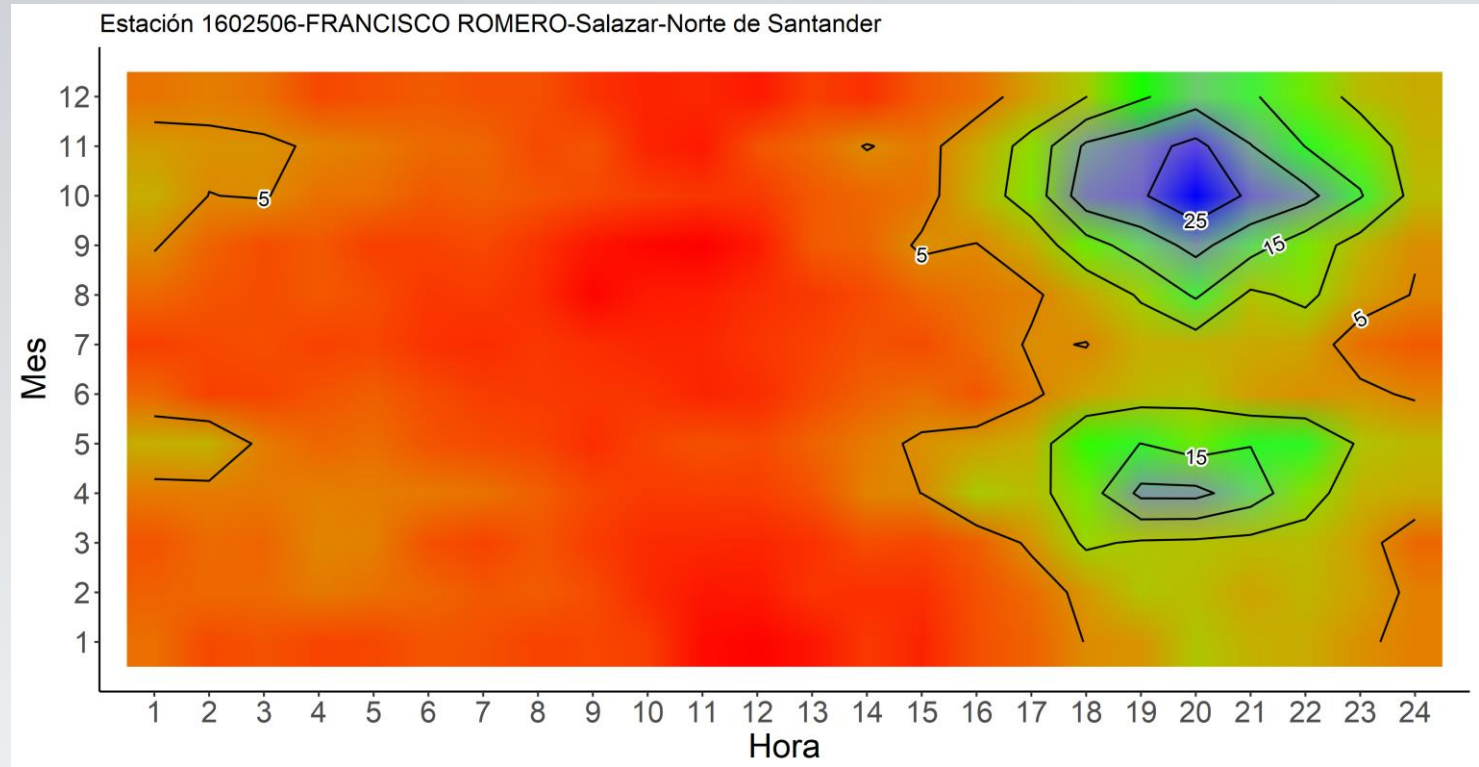
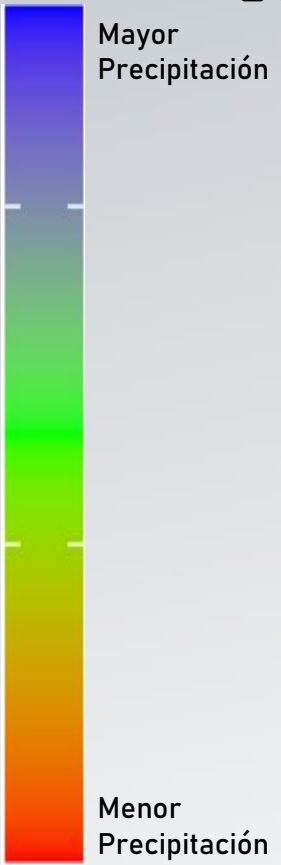
Lluvia máxima horaria x mes x año



Distribución de la lluvia horaria



Nocturno

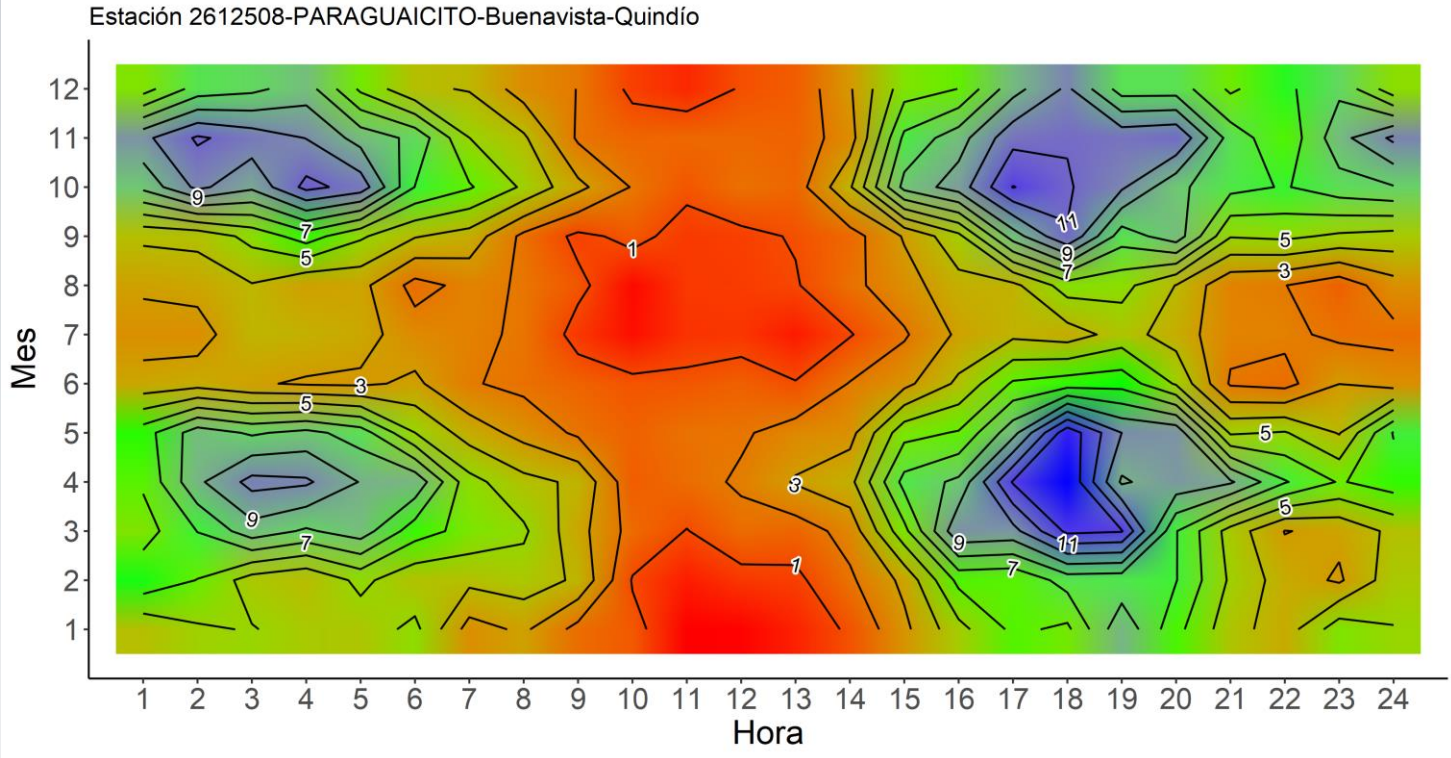
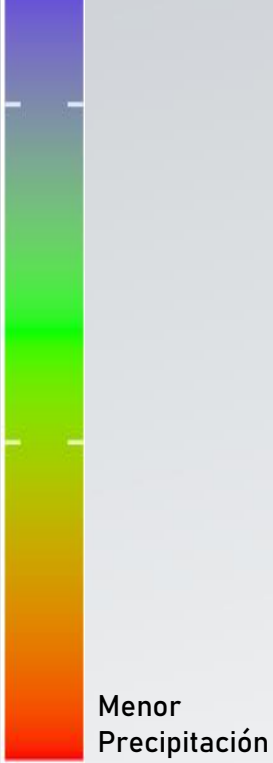


Distribución de la lluvia horaria



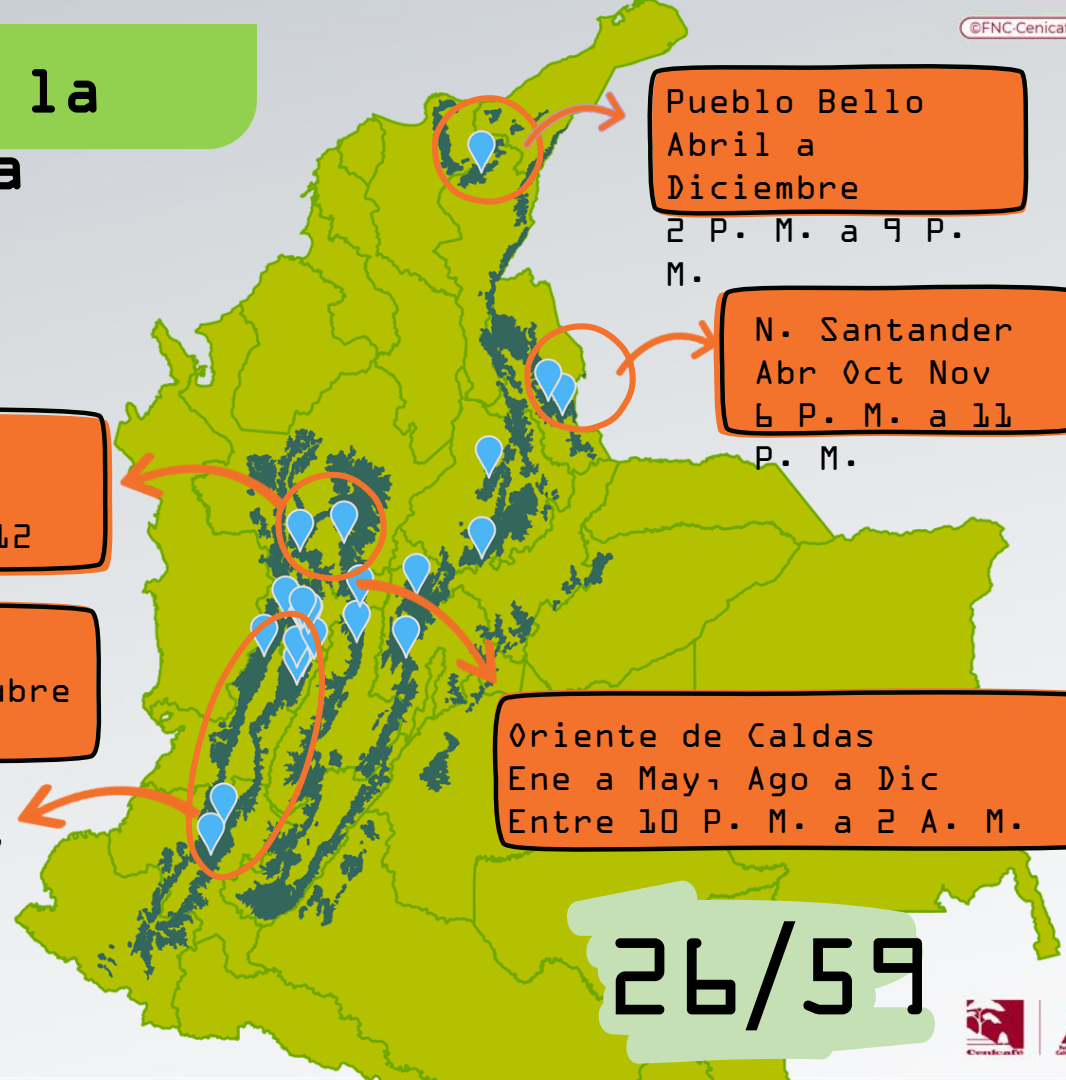
Diurno y Nocturno

Mayor Precipitación



Distribución de la lluvia horaria

ESTACIONES CON MAYOR OCURRENCIA DE LLUVIAS FUERTES Y TORRENCIALES



Pueblo Bello
Abril a Diciembre
2 P. M. a 9 P. M.

N. Santander
Abr Oct Nov
6 P. M. a 11 P. M.

Antioquia
Mayo y Octubre
Entre 6 P. M. a 12 A. M.

Occidente de Caldas
Marzo a Mayo, Sep y Octubre
Entre 1 A. M. a 3 A. M.

Oriente de Caldas
Ene a May, Ago a Dic
Entre 10 P. M. a 2 A. M.

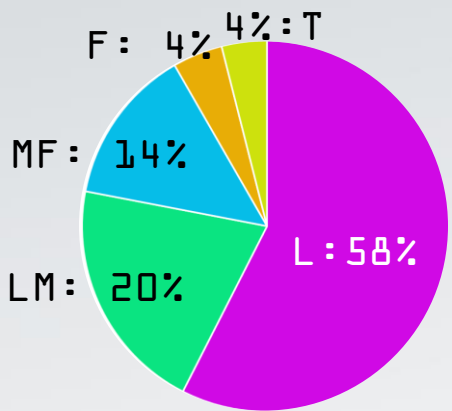
Risaralda, Valle del Cauca y Cauca
Mar Abr Oct Nov
Entre 1 P. M. a 8 P. M.

26/59

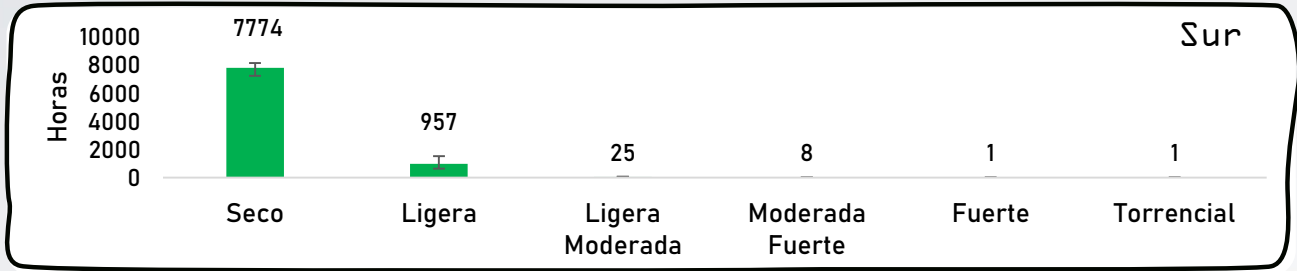
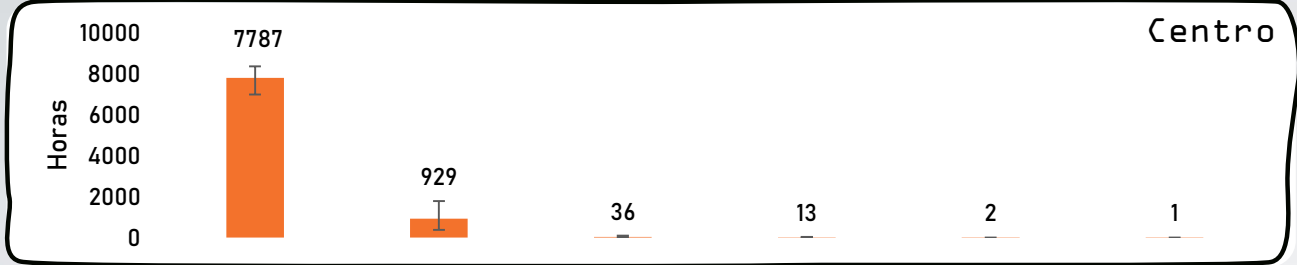
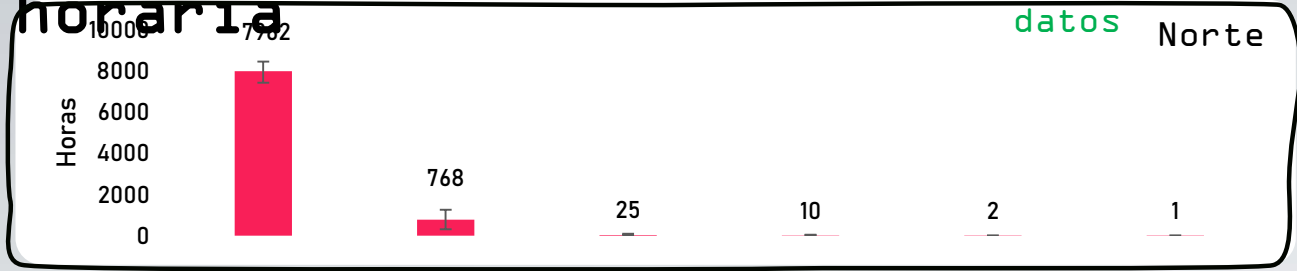
Distribución de la lluvia horaria

365 días x 24 Horas

8760
horas anuales



Toda la serie de datos Norte



Porcentaje de Lluvia anual

0 0.1 a 10 10.1 a 20 20.1 a 40 40.1 a 60 >60

mm/hr

Tendencia Frecuencia categorías






Lluvia horaria

Serie 2
Cantidad de
eventos por año
Clasificación
IDEAM
1980 - 2019

28

Estaciones

ITA

Estación	Departamento					
		0.1 a 10 mm/hr	10.1 a 20 mm/hr	20.1 a 40 mm/hr	40.1 a 60 mm/hr	Mayor a 60 mm/hr
Pueblo Bello	Cesar	↑	↑	↑	↑	
Blonay	Norte de Santander		↓			
Francisco Romero	Norte de Santander					↑
Aguasblancas	Santander		↑	↑	↑	
Bertha	Boyacá			↑	↑	
El Rosario	Antioquia	↑	↑	↑		
Granja Tibacuy	Cundinamarca	↑		↓		
Misiones	Cundinamarca	↑	↑	↑		
Mesitas De Santa Inés	Cundinamarca		↑		↑	
Naranjal	Caldas		↑	↑	↑	
Santa Helena	Caldas			↑	↑	↓
Santágueda	Caldas	↑	↑	↑	↑	
Agronomía	Caldas			↑		
La Catalina	Risaralda	↑		↑	↑	
El Jazmín	Risaralda					
Paraguaicito	Quindío			↑	↓	
La Bella	Quindío				↑	
La Selva	Valle del Cauca		↑			
Albán	Valle del Cauca			↑		
Julio Fernández	Valle del Cauca		↓	↓		
Arturo Gómez	Valle del Cauca		↑	↑	↓	
Manuel Mejía	Cauca	↑	↑	↑	↑	

22

Tendencia Cantidad de lluvia Máxima horaria

Mann
Kendall

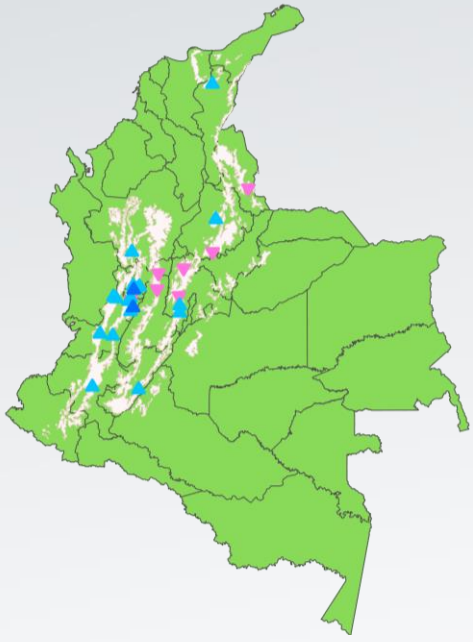
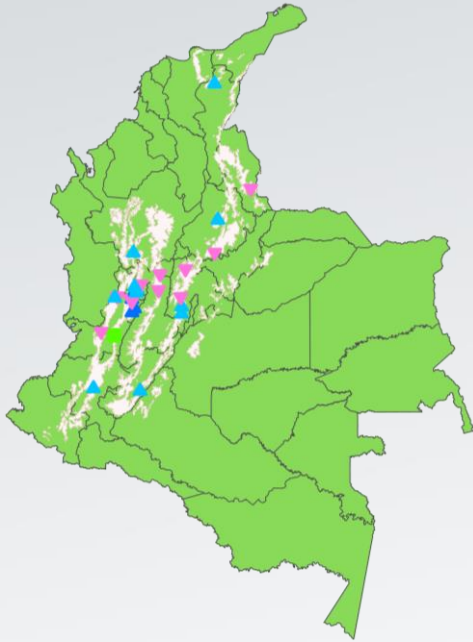
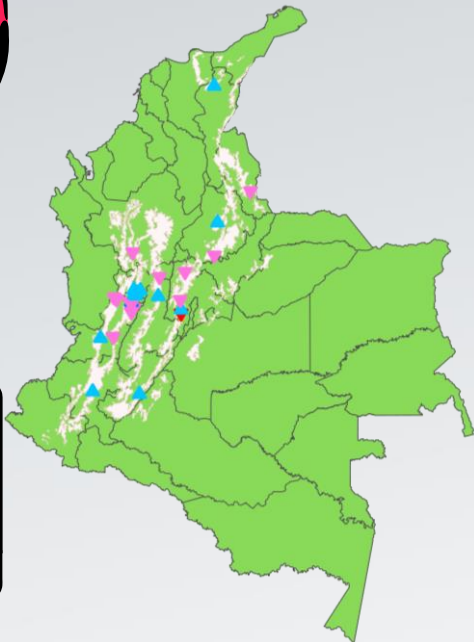
Serie 3
Lluvia máxima de
1, 12 y 24 horas
1980 - 2019

1 hora

12
horas

24
horas

28
Estaciones



▲ Creciente
Significativa

▲ Creciente

■ Sin Tendencia

▼ Decreciente

▼ Decreciente
Significativa

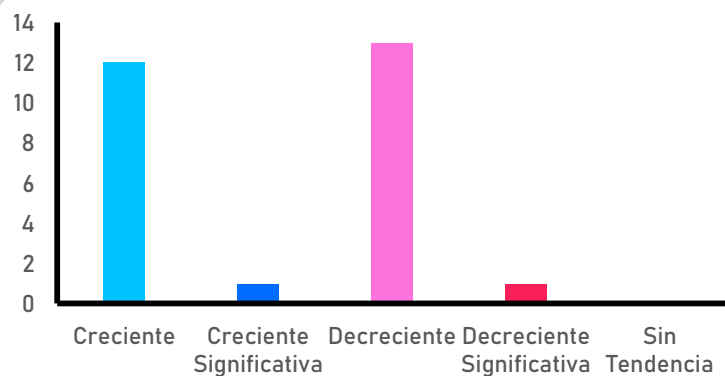


Tendencia Cantidad de lluvia Máxima horaria

1 hora

Mann
Kendall

Cantidad de estaciones



▲ La Catalina - Pereira (Risaralda)

▼ Granja Tibacuy - Tibacuy (Cundinamarca)

1980 - 2019

▲ Creciente
Significativa

▲ Creciente

■ Sin Tendencia

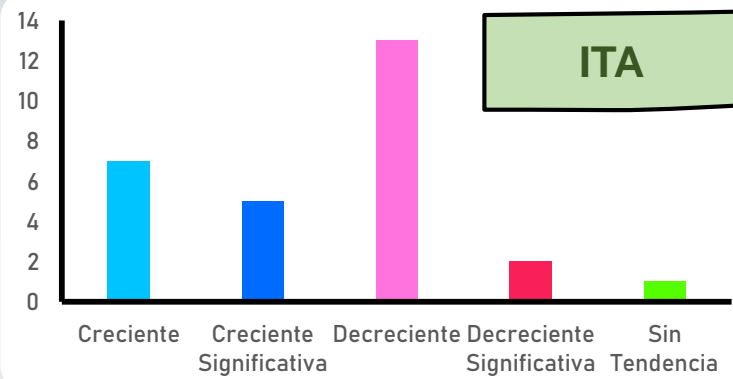
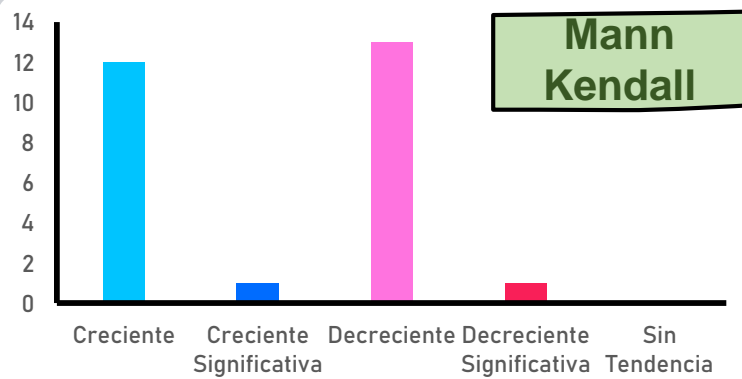
▼ Decreciente

▼ Decreciente
Significativa



COMPARACIÓN ENTRE ITA Y MANN KENDALL PARA ANÁLISIS DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 1 HORA

Cantidad de estaciones



La Catalina - Pereira (Risaralda)



Granja Tibacuy - Tibacuy (Cundinamarca)



Pueblo Bello (MF, F, T)
Francisco Romero (F, T)
La Catalina (MF, F)
Julio Fernández (LM, MF)
Jorge Villamil (MF)



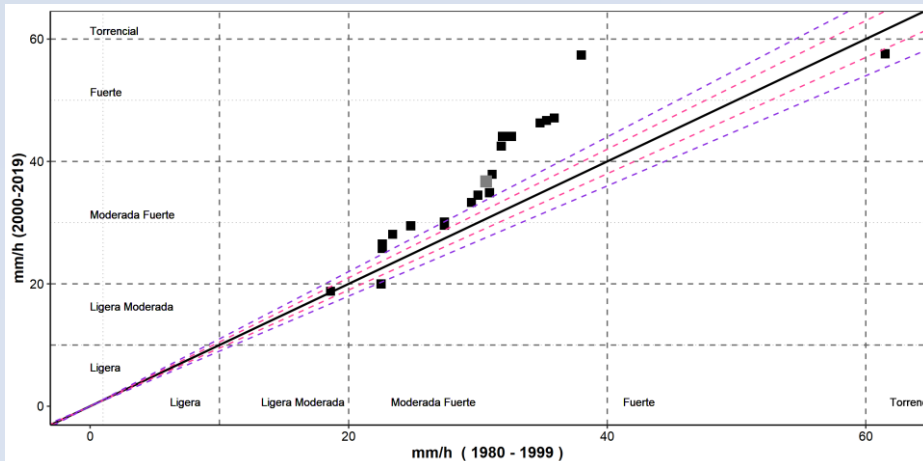
Granja Tibacuy
Albán (V. Cauca)

1980 - 2019

1980 - 2019

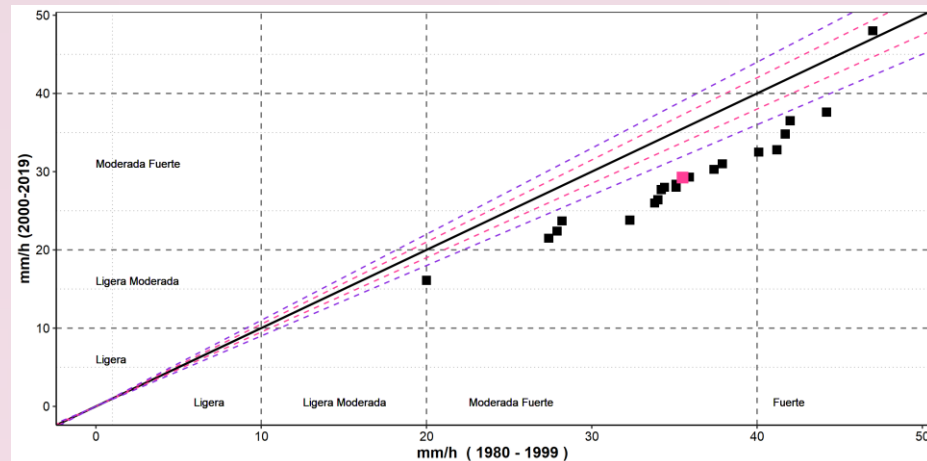
Tendencia Cantidad de lluvia Máxima horaria

ITA



Jorge Villamil - Gigante
(Huila)

Periodo	LM	MF	F	T
1980 - 1999	1	18	0	1
2000-2019	2	10	8	0



Granja Tibacuy - Tibacuy
(Cundinamarca)

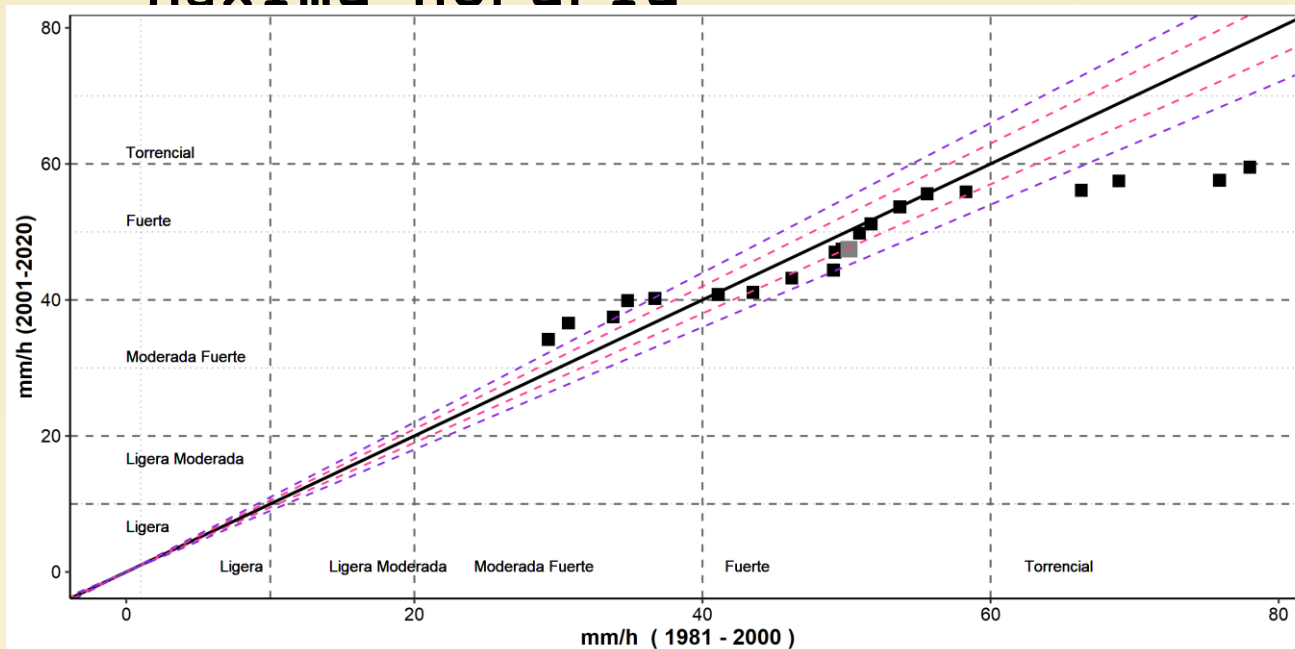
Periodo	LM	MF	F	T
1980 - 1999	1	13	6	0
2000-2019	1	18	1	0

Sin

— — — — — $\pm 10\%$

Tendencia Cantidad de lluvia Máxima horaria

ITA



El Rosario - Venecia
(Antioquia)

Periodo	LM	MF	F	T
1980 - 1999	0	5	11	4
2000-2019	0	4	16	0

Sin

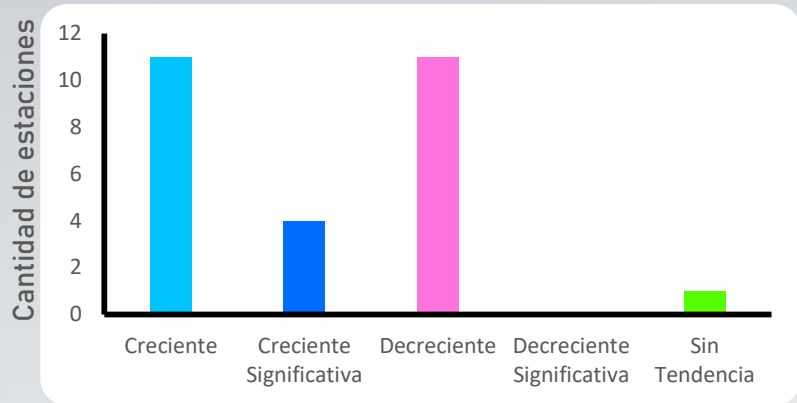
— — — ±10%

ANALISIS PARA INTENSIDADES
SUPERIORES A
1 HORA CON LA METODOLOGÍA MANN
KENDALL

Tendencia Cantidad de lluvia Máxima horaria

12 horas

Mann
Kendall



- ▲ La Catalina - Pereira (Risaralda)
- ▲ Naranjal - Chinchiná (Caldas)
- ▲ La Bella - Calarcá (Quindío)
- ▲ Paraguaicito - Buenavista (Quindío)
- La Selva - Ginebra (Valle del Cauca)

1980 - 2019

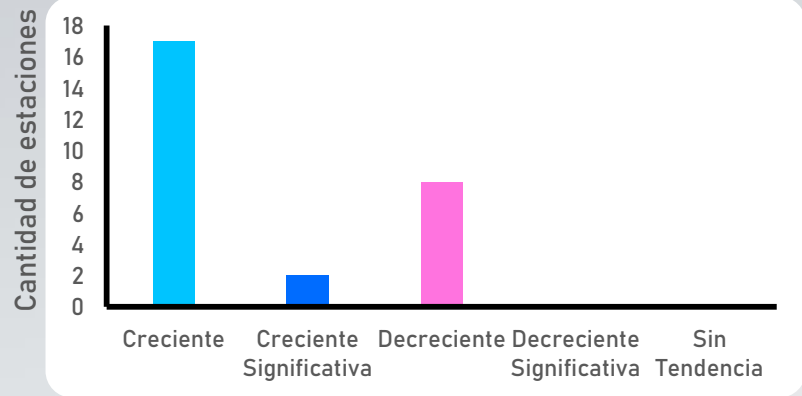
- ▲ Creciente Significativa
- ▲ Creciente
- Sin Tendencia
- ▼ Decreciente
- ▼ Decreciente Significativa



Tendencia Cantidad de lluvia Máxima horaria

24 horas

Mann
Kendall



Naranjal - Chinchiná (Caldas)
La Bella - Calarcá (Quindío)

1980 - 2019



Creciente
Significativa



Creciente



Sin Tendencia



Decreciente

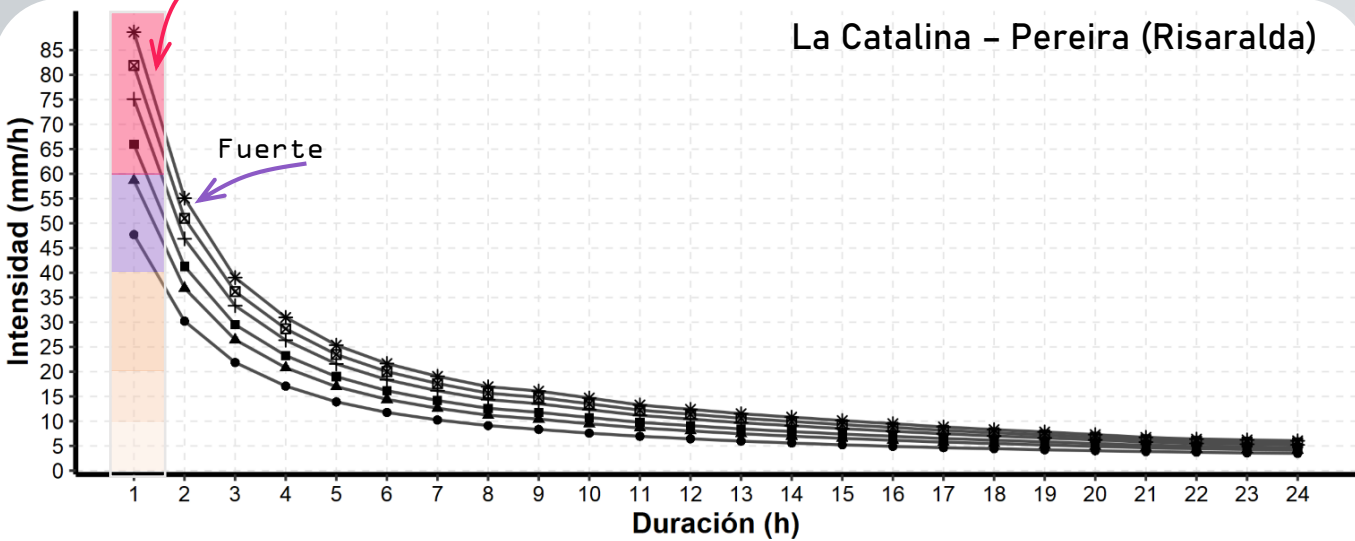


Decreciente
Significativa



Desarrollo curvas IDF

Torrencial



Tiempo de Retorno (Tr)

- 2 años
- ▲ 5 años
- 10 años
- + 25 años
- ⊠ 50 años
- * 100 años

Concientizar

Amenaza

Mitigar

Planifica

Conclusiones y oportunidades

- ✓ Francisco Romero, ubicada en Salazar de las Palmas (Nte de Santander) es la única estación que presenta tendencia creciente significativa en la cantidad de eventos torrenciales anuales.
- ✓ Santa Helena, ubicada en Marquetalia (Caldas) es la única estación que presenta tendencia decreciente significativa en la cantidad de eventos torrenciales anuales.
- ✓ De las 28 estaciones evaluadas, 5 estaciones mostraron tendencia creciente significativa y 2 mostraron tendencia decreciente significativa, no hay una tendencia generalizada y no está determinado por un patrón espacial.
- ✓ Debemos continuar vigilando el desarrollo de los eventos extremos, pero no encontramos de manera contundente que hayan cambiado a una categoría superior.
- ✓ El 44% de las estaciones evaluadas, ha presentado eventos de categoría Fuerte y Torrencial en precipitaciones de 1 hora.
- ✓ El ITA detectó más estaciones con tendencias que la prueba de Mann-Kendall. Su principal ventaja es la representación gráfica que mejora de manera efectiva la comprensión de las tendencias y observa subtendencias ocultas en diferentes intensidades de lluvia.

Conclusiones y oportunidades

- ✓ Con las series que estamos construyendo con las estaciones automáticas, nos permitirá encontrar si realmente las precipitaciones, al desagregarlos en menor temporalidad, entrarán a calificarse en otra categoría.
- ✓ La influencia de la intensidad y los extremos de las lluvias de corta duración en los rendimientos de los cultivos sigue siendo poco conocida y se omite en gran medida en los análisis históricos, los modelos de cultivos y las proyecciones de riesgos climáticos.
- ✓ Al menos de la revisión hecha en los últimos años, este estudio es novedoso en Colombia, porque aborda las tendencias de la precipitación máxima a nivel horario.
- ✓ Estos resultados junto con estudios complementarios de la dinámica del agua en el perfil del suelo, son insumo para mejorar los diseños de los sistemas de producción, las obras de mitigación del sistema para evitar erosiones, y para la planificación de los recursos hídricos.
- ✓ Una mejor comprensión de los patrones cambiantes de las precipitaciones ayudará a mejorar las estrategias de gestión del agua para la producción agrícola, el riego y los usos industriales y domésticos.
- ✓ Se desarrollaron las curvas IDF para 59 estaciones, que permitirán diseños racionales, confiables y efectivos para la ingeniería hidráulica.

AGRADECIMIENTOS

Juan Carlos García
Ninibeth Gibelli Sarmiento
Juan Camilo Mora
Orlando Salazar
Luis Gonzaga Henao
Jorge Wilmar Valencia
Wilmar Antonio Rendón
Jorge Alejandro Builes
Jeison Alexander Hoyos

Luis Carlos Imbachi
Rubén Medina
Luis Fdo. Salazar

Observadores Meteorológicos de la Red Meteorológica Cafetera



Fuentes Imágenes

Mapas, gráficos y tablas: Elaboración propia

Dibujos e imágenes: Elaboración propia, Flaticon.es, Giphy.com, tenor.com



GRACIAS

cenicafe@cafedecolombia.com 

PORTALES WEB



www.cenicafe.org



agroclima.cenicafe.org



biblioteca.cenicafe.org

REDES OFICIALES



Cenicafé FNC



@cenicafe



cenicafé



CenicaféFNC

