



**XVIII
REUNIÓN TÉCNICA
NACIONAL
DE PALMA DE ACEITE**
2023



Zonificación de la demanda hídrica del cultivo de la palma de aceite (*Elaeis guineensis*. jacq) bajo las condiciones agroclimáticas del departamento del Cesar

Presenta: Fredy Leonardo Torres Bernal
Ing. Agrícola, estudiante de maestría en biosistemas

Carlos González (Director de la tesis de maestría)
Nolver Arias (Codirector de la tesis de maestría y Coordinador programa de agronomía CENIPALMA)
Tulia Delgado (Asistente de investigación CENIPALMA)
Greydy Ladino (Auxiliar de investigación CENIPALMA)





XVIII
REUNIÓN TÉCNICA
NACIONAL
DE PALMA DE ACEITE
2023

1. Justificación
2. Planteamiento del problema
3. Objetivos
4. Metodología
5. Resultados
 - 5.1. Zonificación climática
 - 5.2. Requerimiento hídrico
6. Metodología de transferencia tecnológica
7. Consideraciones



Justificación



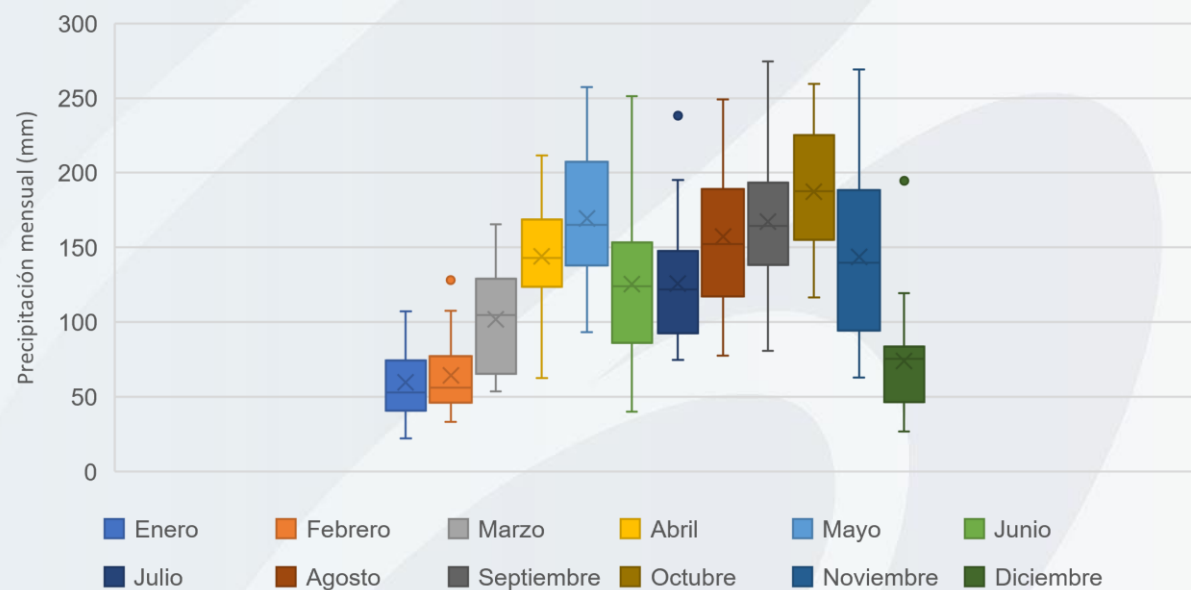
77,689 hectáreas con palma de aceite en el departamento del Cesar



El departamento del Cesar cuenta con 8 plantas de beneficio

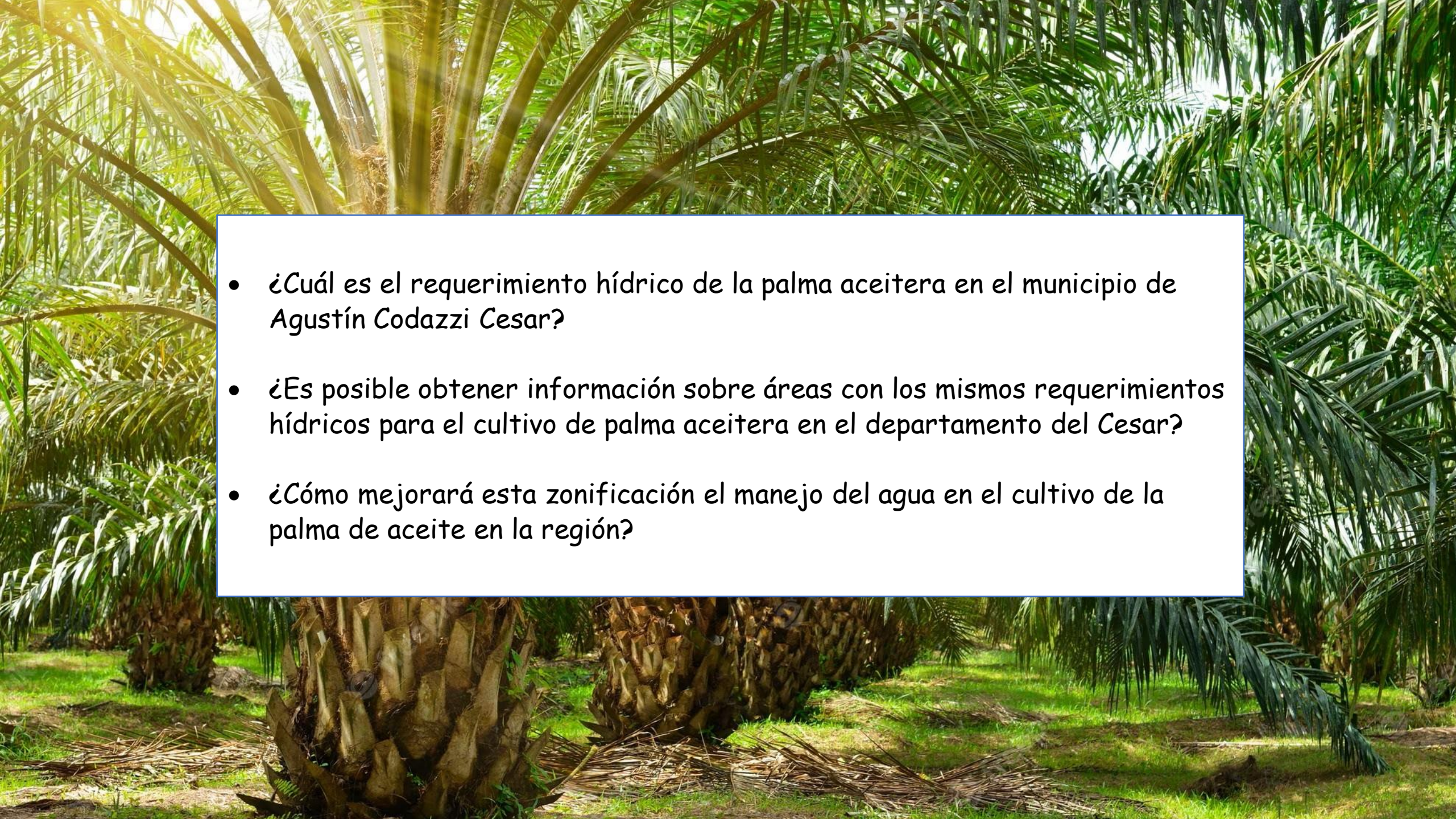


Palma de aceite cultivada en 23 de los 25 municipios de este departamento



- ❖ Baja disponibilidad del recurso hídrico
- ❖ Cambio climático
- ❖ Baja eficiencia de los sistemas de riego
- ❖ Gran importancia del cultivo de la palma de aceite en el departamento del Cesar



- 
- ¿Cuál es el requerimiento hídrico de la palma aceitera en el municipio de Agustín Codazzi Cesar?
 - ¿Es posible obtener información sobre áreas con los mismos requerimientos hídricos para el cultivo de palma aceitera en el departamento del Cesar?
 - ¿Cómo mejorará esta zonificación el manejo del agua en el cultivo de la palma de aceite en la región?

Objetivo General



Determinar la demanda hídrica del cultivo de la palma de aceite (*Elaeis guineensis*. jacq) en zonas con condiciones agroclimáticas homogéneas en el departamento del Cesar

Objetivos Específicos

- Determinar el requerimiento hídrico para el cultivo de la palma de aceite para etapa adulta (10 y 15 años) en el municipio de Agustín Codazzi Cesar.
- Realizar una zonificación agroclimática del departamento del Cesar mediante técnicas de análisis multivariado.
- Evaluar la relación entre el requerimiento hídrico del cultivo de la palma de aceite determinado y la zonificación agroclimática obtenida.
- Generar mapas de evapotranspiración de referencia y evapotranspiración del cultivo para la zona palmeras del César mediante el uso de la información climática de estaciones meteorológicas y el requerimiento hídrico obtenido.



XVIII
REUNIÓN TÉCNICA
NACIONAL
DE PALMA DE ACEITE
2023

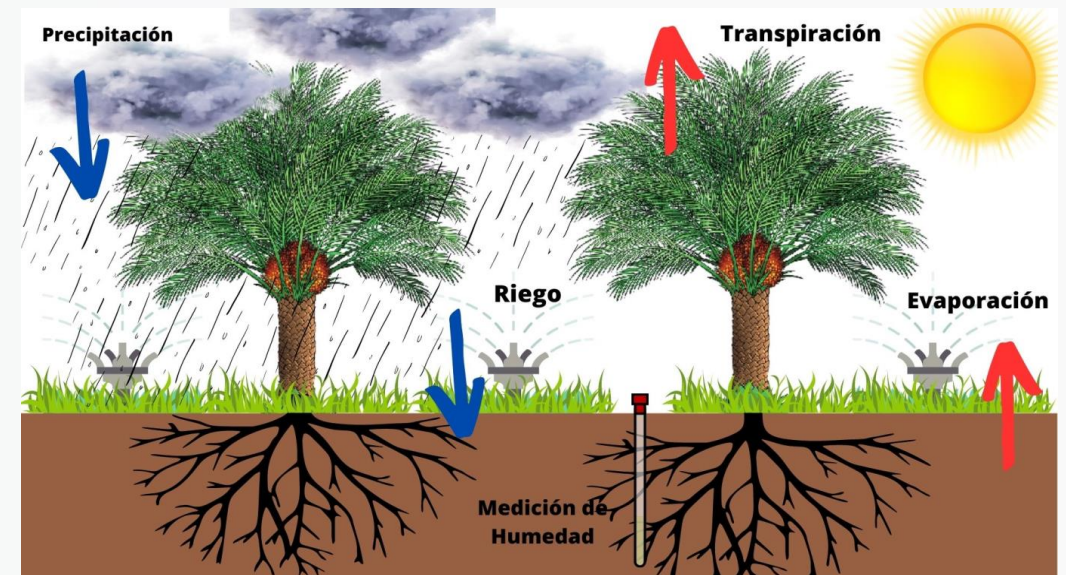
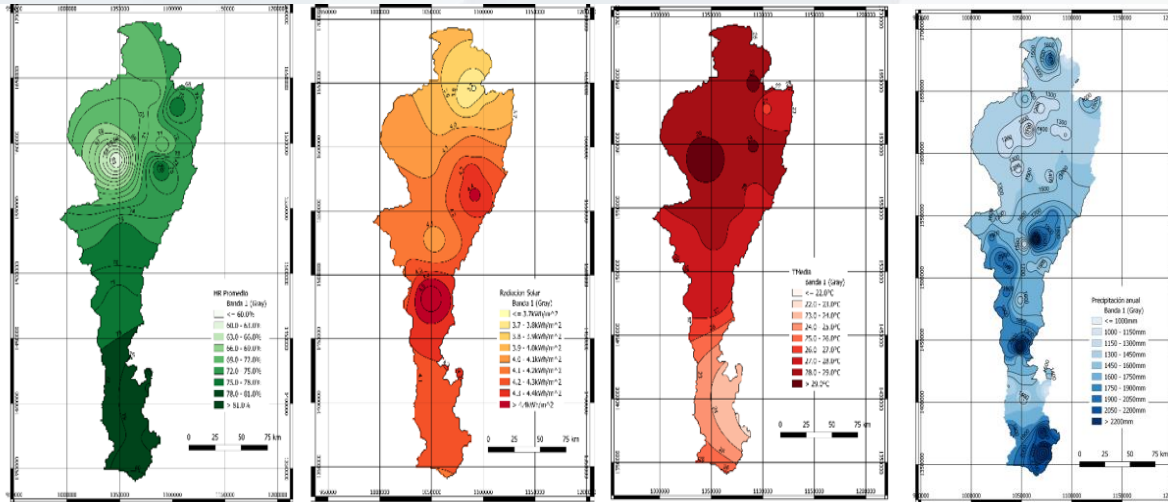
Metodología



Metodología

Zonificación
Agroclimatológica

Requerimiento hídrico



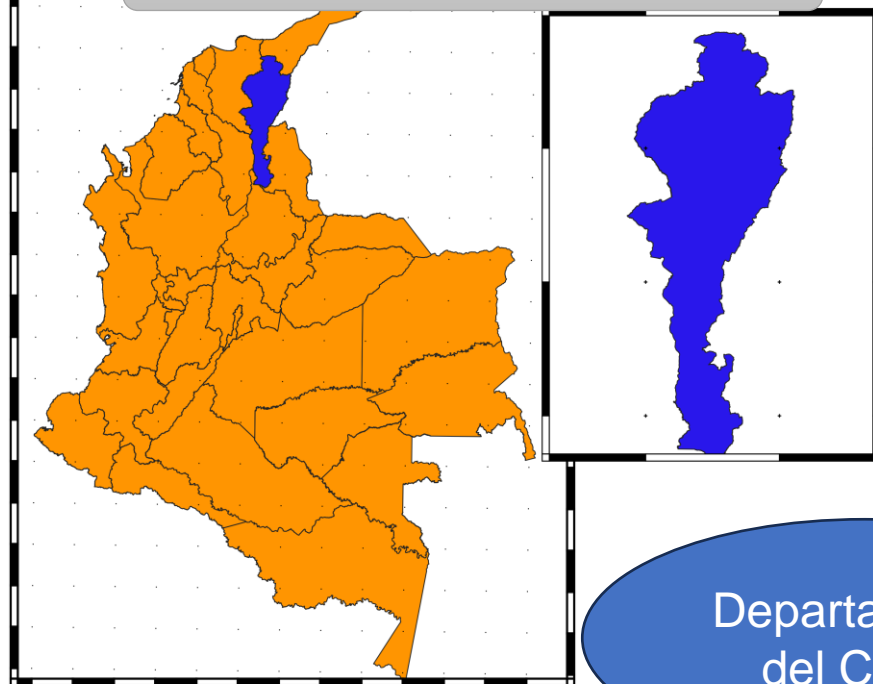
Balance hídrico

Zona de Estudio



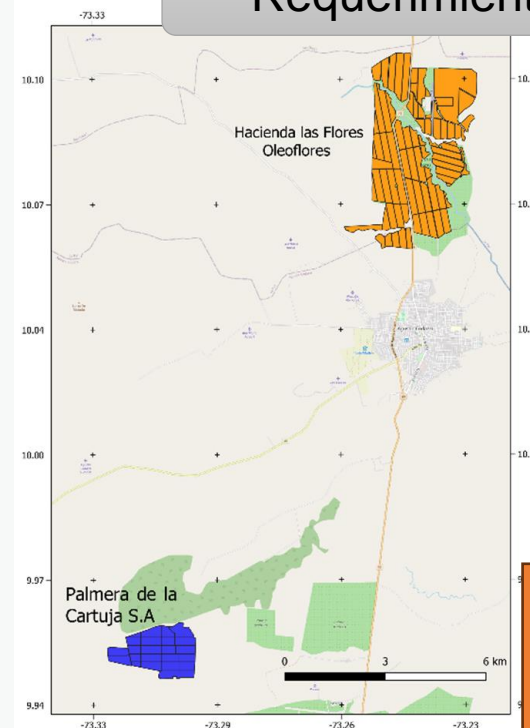
XVIII
REUNIÓN TÉCNICA
NACIONAL
DE PALMA DE ACEITE
2023

Zonificación Agroclimatológica



Departamento
del Cesar

Requerimiento hídrico



Hacienda las flores –
Oleoflores.
Requerimiento hídrico
palma de 15 años

Palmares la Cartuja.
Requerimiento hídrico palma
de 10 años

En el marco del proyecto

“Desarrollo de un sistema integrado de manejo agronómico para el cultivo de la palma como respuesta a los efectos de la variabilidad climática en el departamento del cesar”



XVIII
REUNIÓN TÉCNICA
NACIONAL
DE PALMA DE ACEITE
2023

Metodología Zonificación Agroclimatológica

Zonificación Agroclimatológica



XVIII
REUNIÓN TÉCNICA
NACIONAL
DE PALMA DE ACEITE
2023

1

Obtención de la información meteorológica, topográfica y de suelo. Para la realización del tratamiento de datos.

2

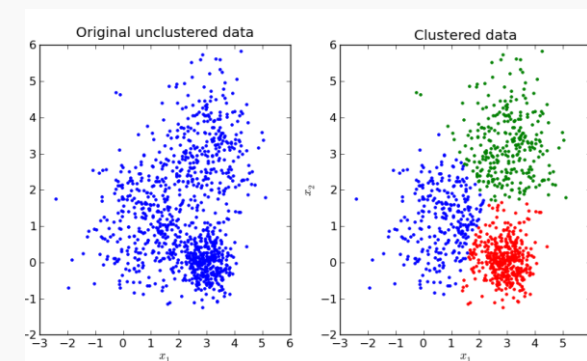
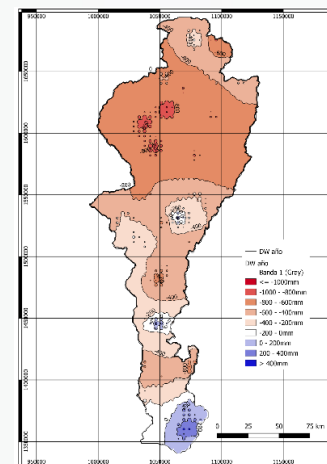
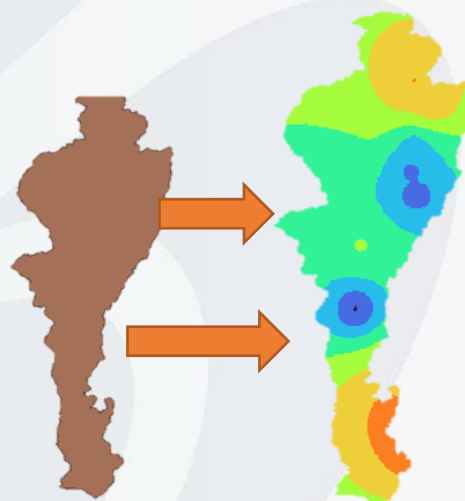
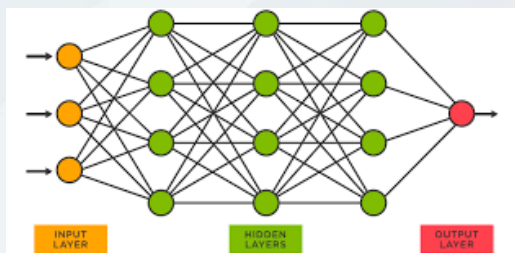
Elaboración de mapas topográficos, de precipitación acumulada, de la evapotranspiración de referencia acumulada y de la capacidad de almacenamiento del suelo

3

Creación de mapas entre balance hídrico climáticos (diferencia entre precipitación acumulada y evapotranspiración de referencia acumulada)

4

Generación de la zonificación climática mediante análisis multivariado utilizando los mapas obtenidos



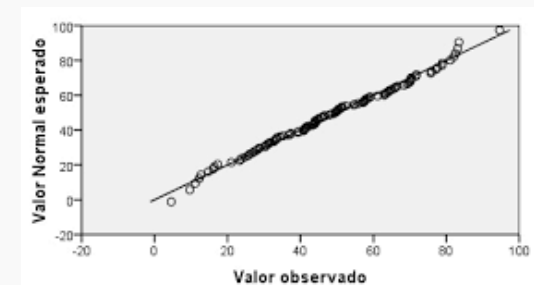
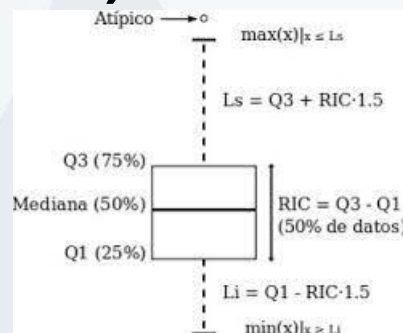


Análisis de Datos



XVIII
REUNIÓN TÉCNICA
NACIONAL
DE PALMA DE ACEITE
2023

Periodo 1991-2021 (31 años)

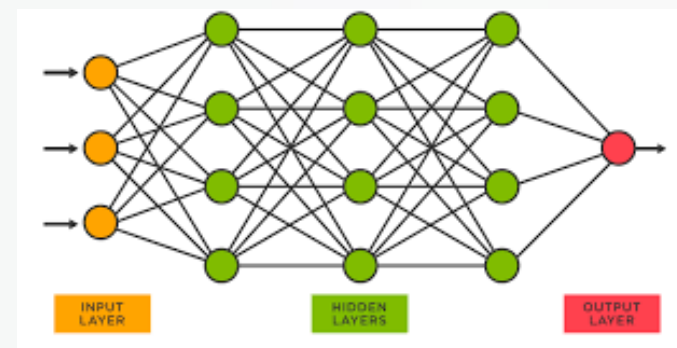
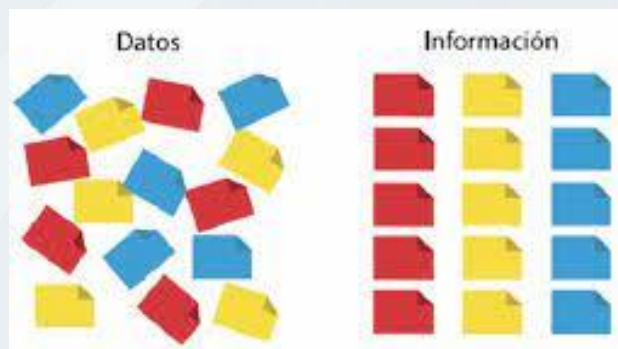


*Organización
de datos y
control de
calidad*

*Determinación
de datos
atípicos*

*Llenado de
datos faltantes*

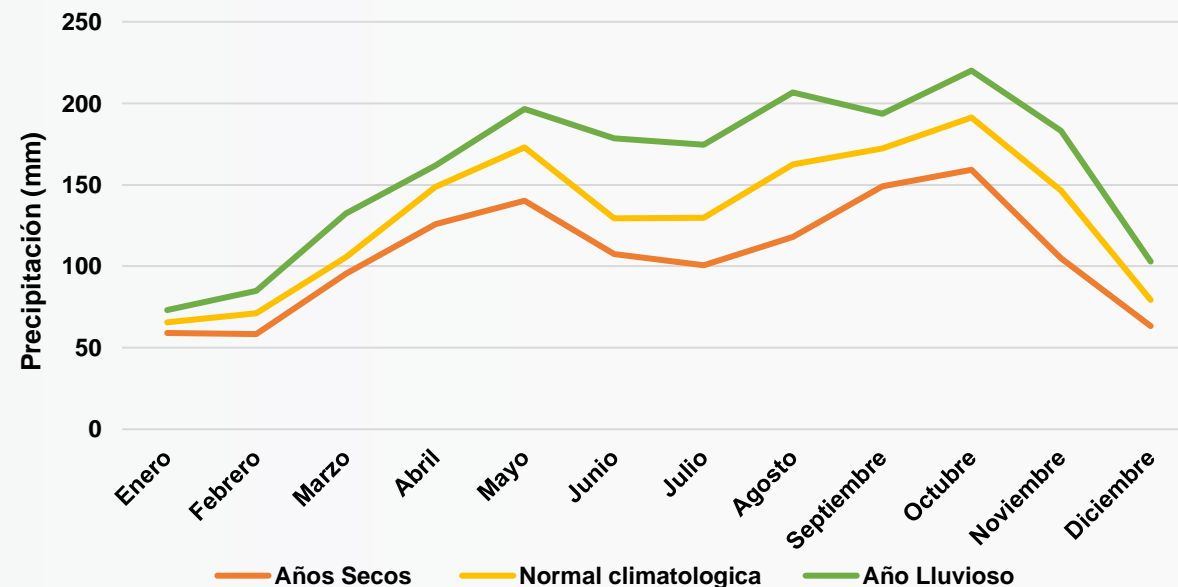
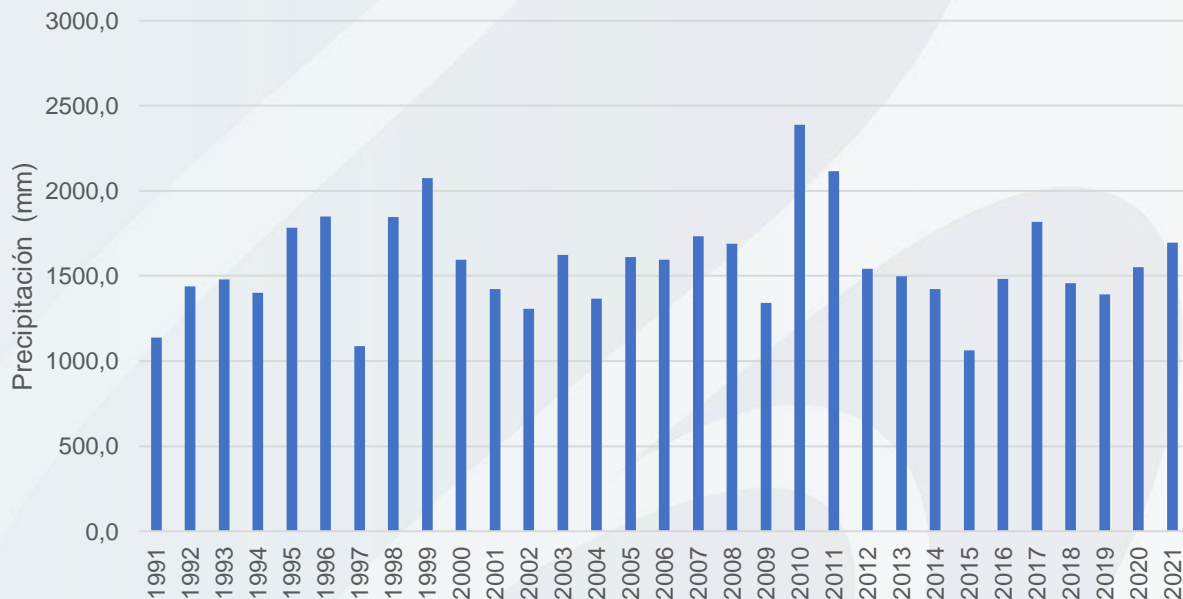
*Revisión de las
series de datos
obtenidas*



Resultados precipitación

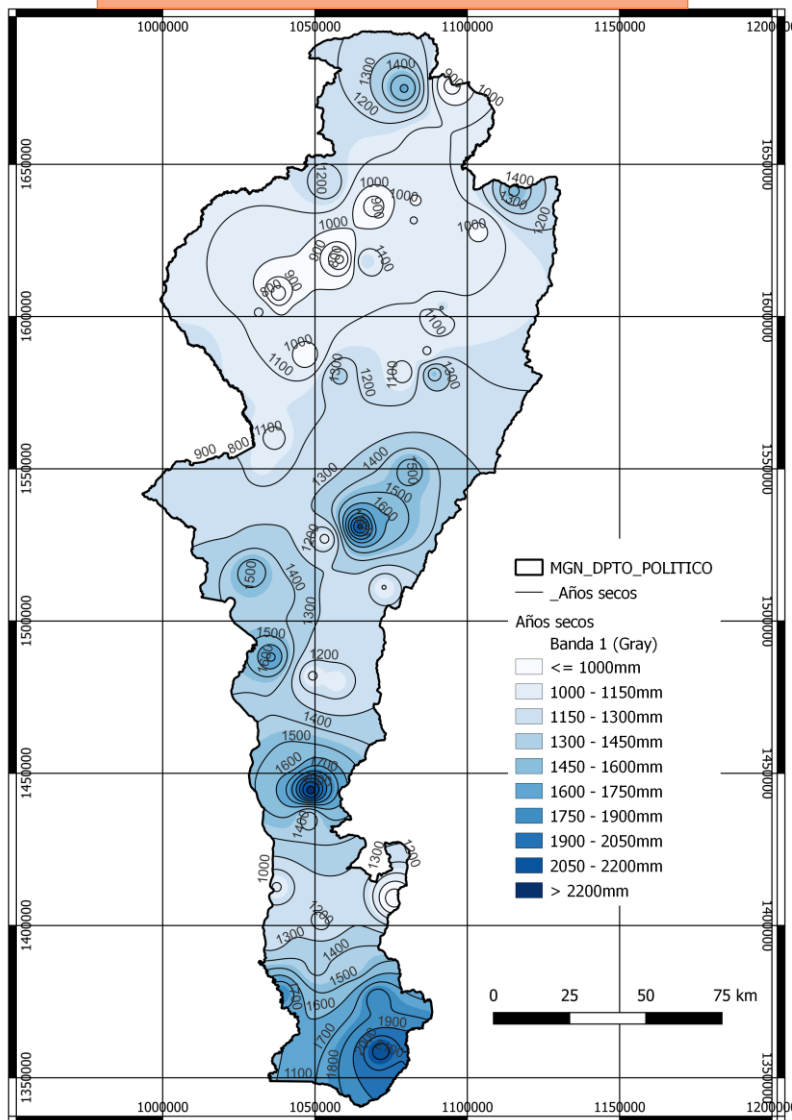


- ❖ La precipitación promedio para el departamento del Cesar es del 1575mm
- ❖ La precipitación acumulada anual máxima fue de 2387mm y se presentó en el año 2010 (Fenómeno de la Niña)
- ❖ La precipitación mínima es de 1064mm y se presentó en el año 2015 (Fenómeno de EL Niño)
- ❖ La precipitación mensual multianual tiene una tendencia bimodal



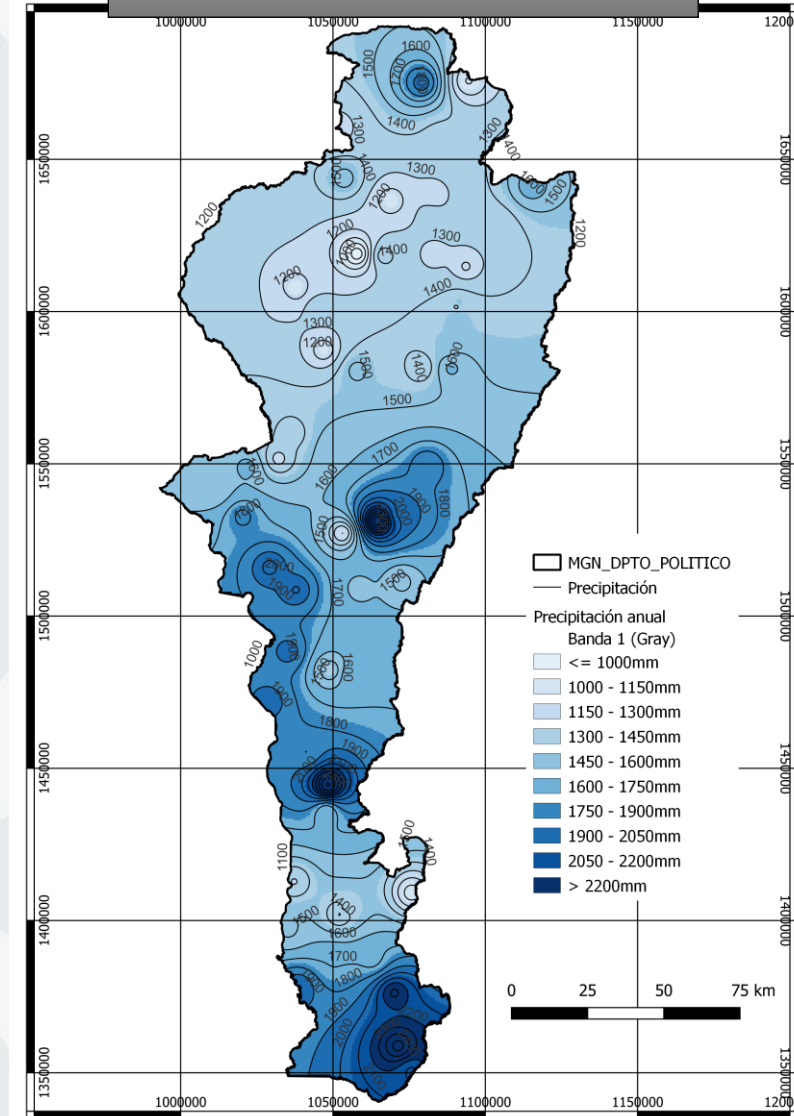
Mapas de precipitación en el departamento del Cesar

Años Secos



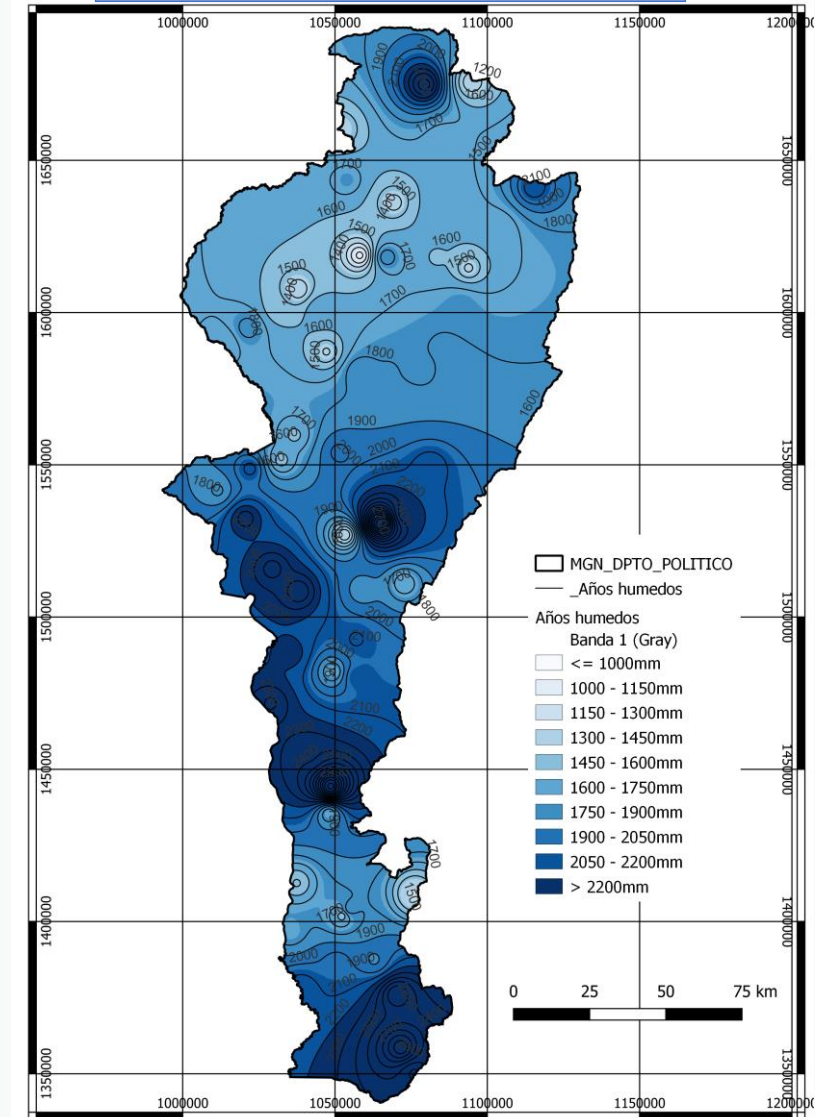
P promedio = 1299 mm

Años promedios



P promedio = 1575 mm

Años Húmedos



P promedio = 1942 mm

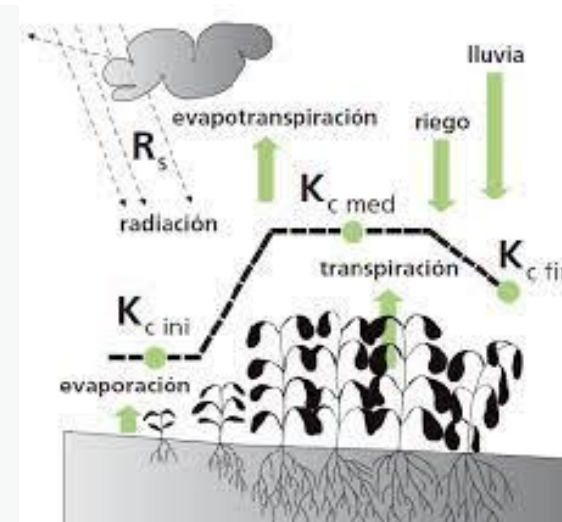
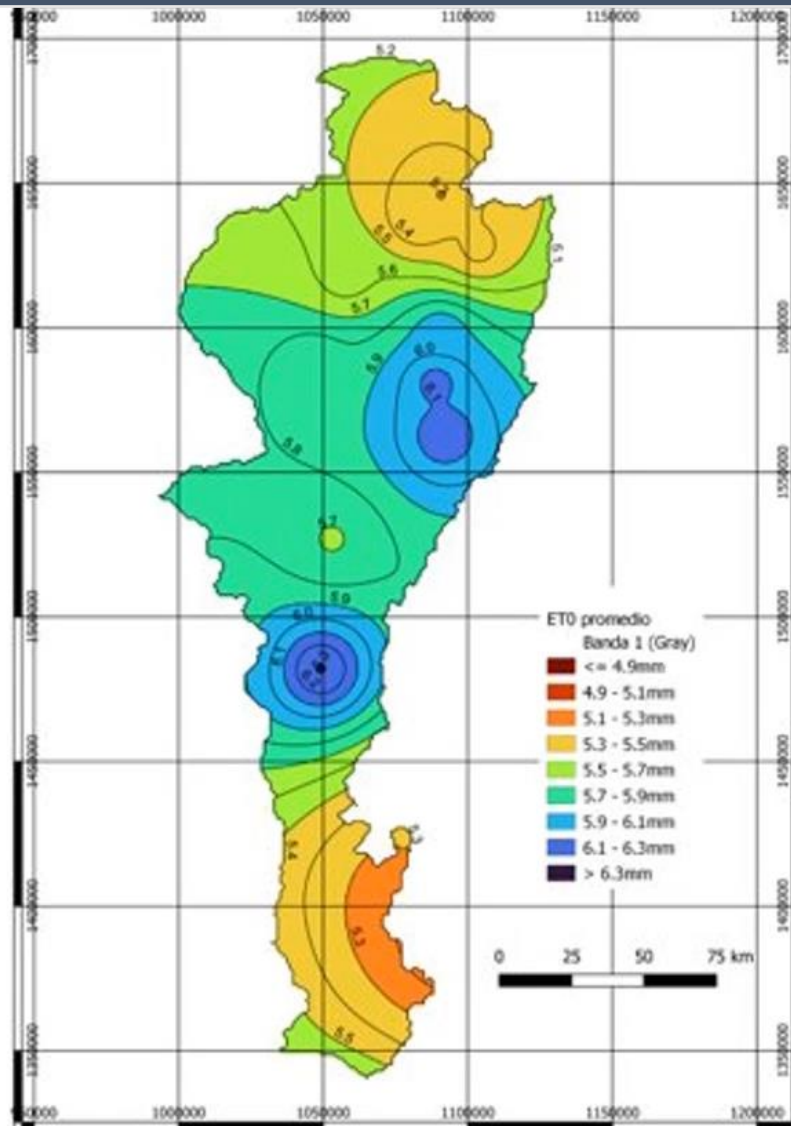
Evapotranspiración de referencia ETo



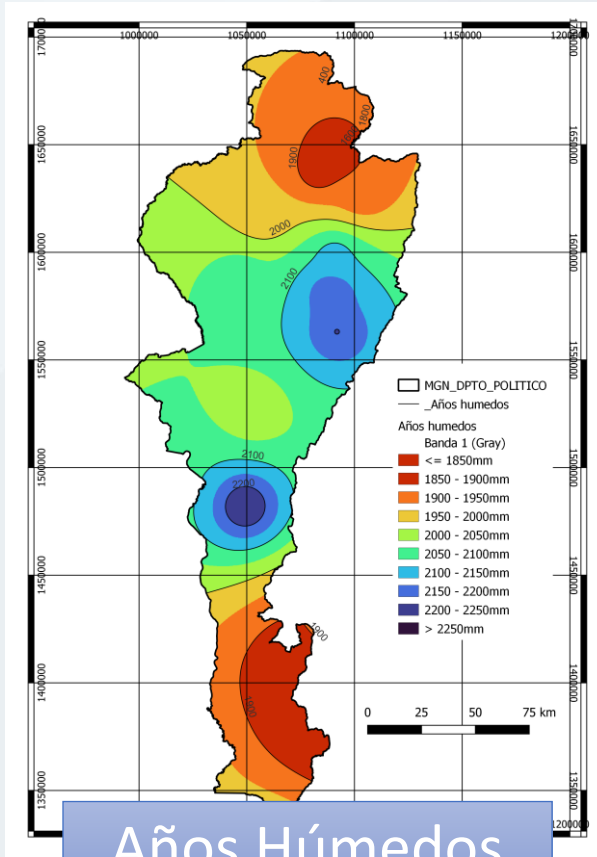
XVIII
REUNIÓN TÉCNICA
NACIONAL
DE PALMA DE ACEITE
2023

La Evapotranspiración de Referencia (ETo) fue obtenida con la ecuación de Penman Monteith (FAO, 2006). Se calculó diariamente teniendo en cuenta las coordenadas puntuales de las estaciones meteorológicas.

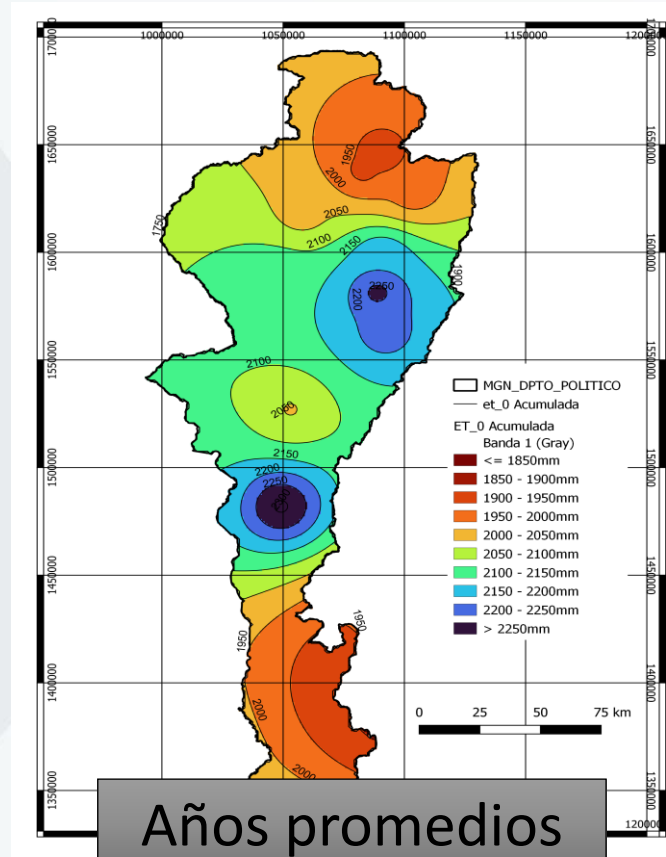
$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)}$$



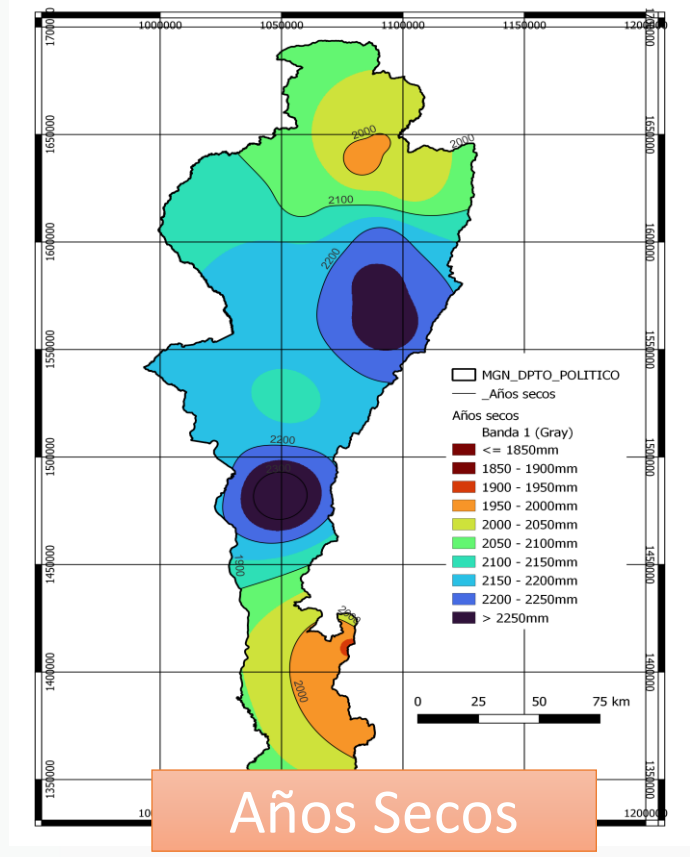
Mapas de ETo en el departamento del Cesar



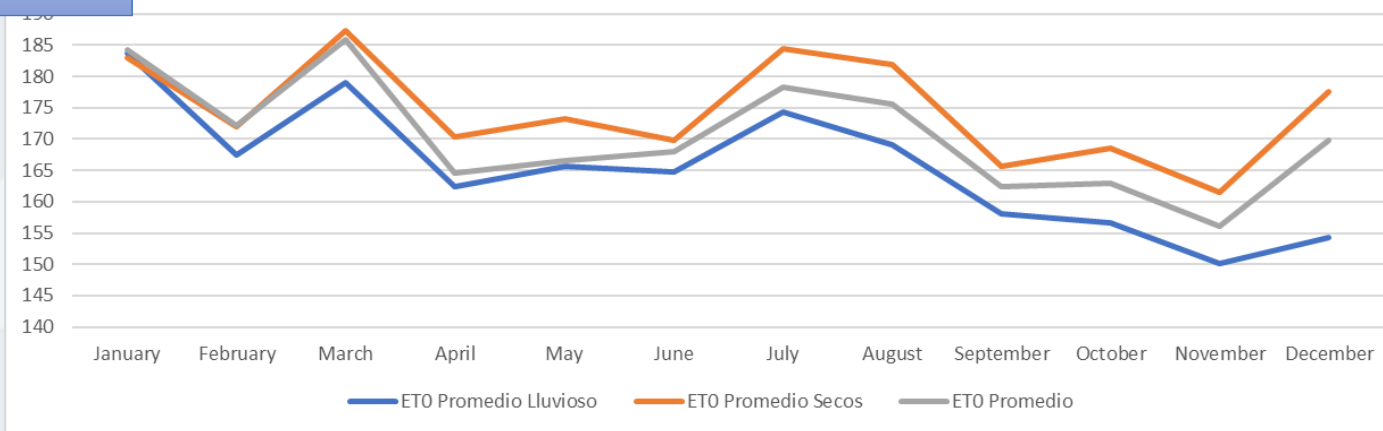
Años Húmedos



Años promedios



Años Secos



ETo años húmedos 1903mm

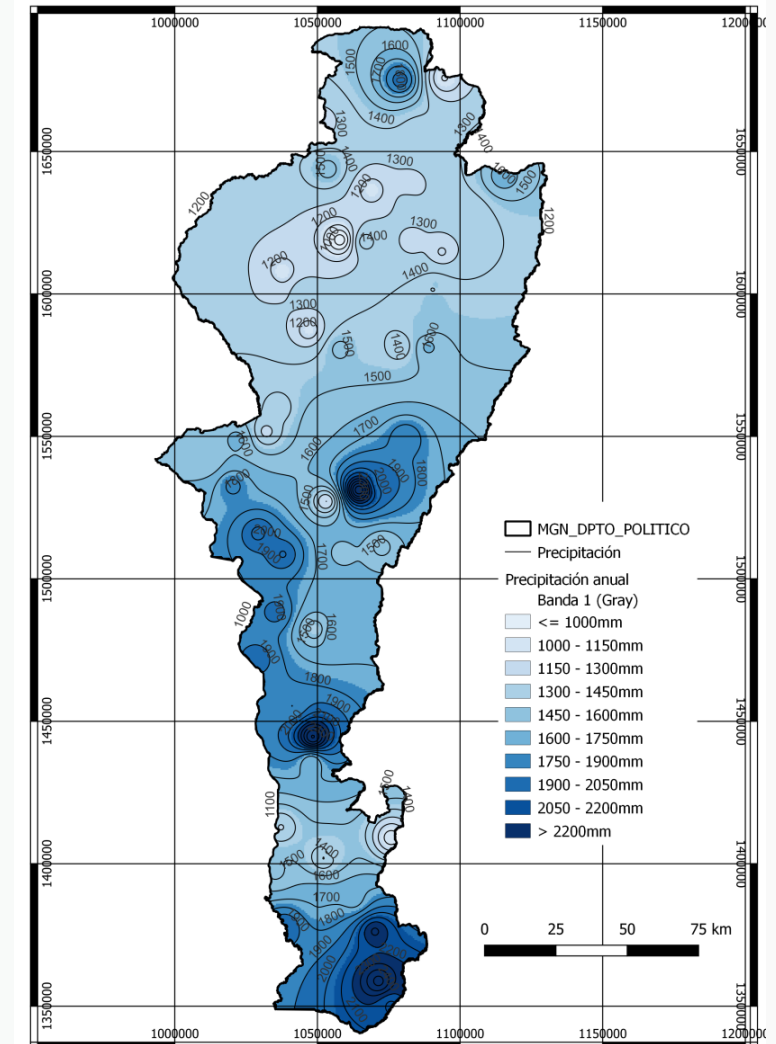
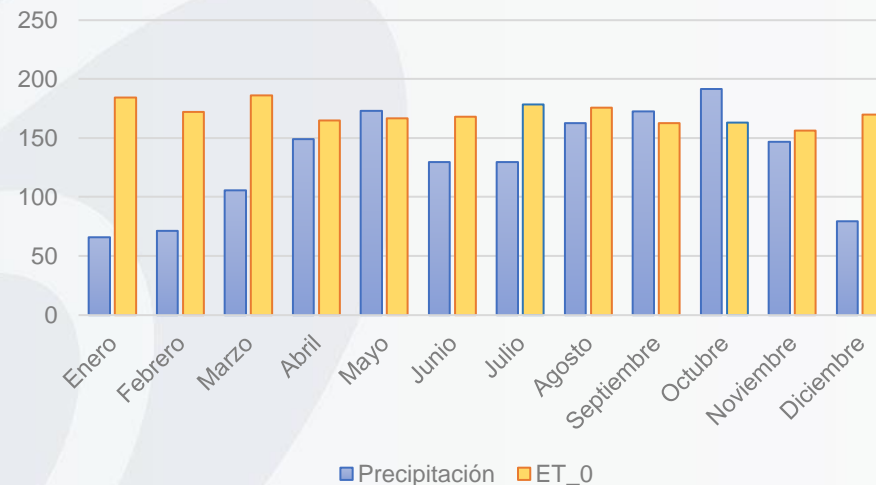
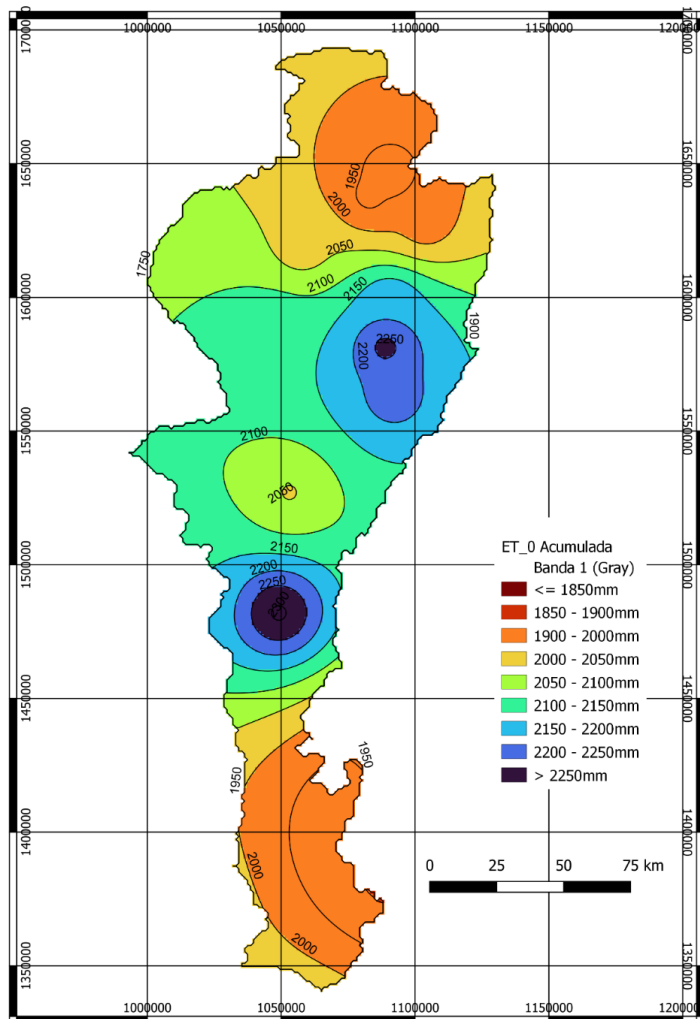
ETo Promedio 2076m

ETo años secos 2687mm

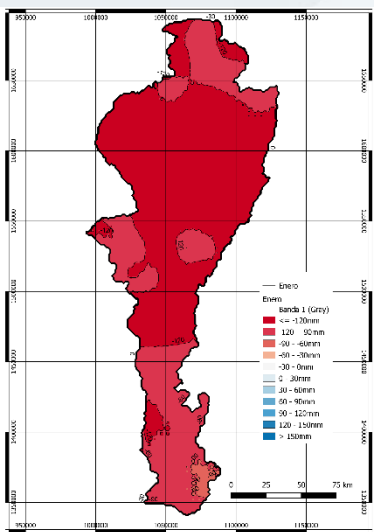
Metodología de la obtención de la información para el BH Climático

$$\Delta W = P - ET_0$$

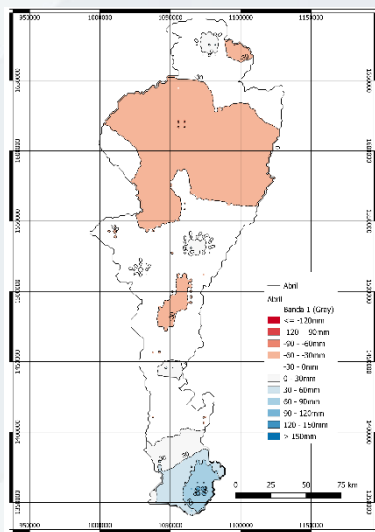
Se realizó la descomposición matricial de los píxeles distribuidos uniformemente en los mapas, obteniendo así 1294 datos por mapa. A partir de los cuales se generaron los mapas de balance hídrico



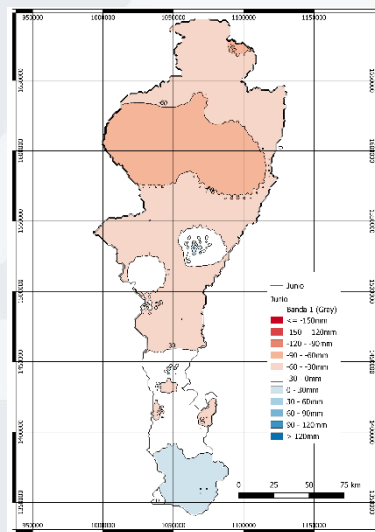
Mapas de balance hídrico climático



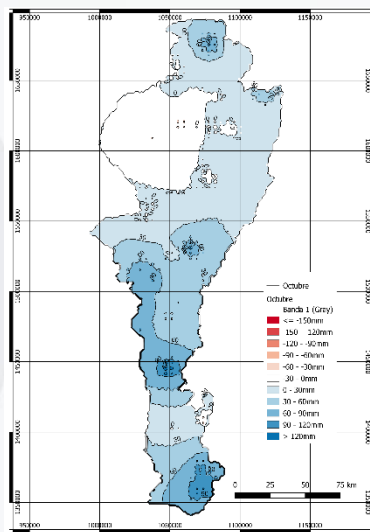
Enero



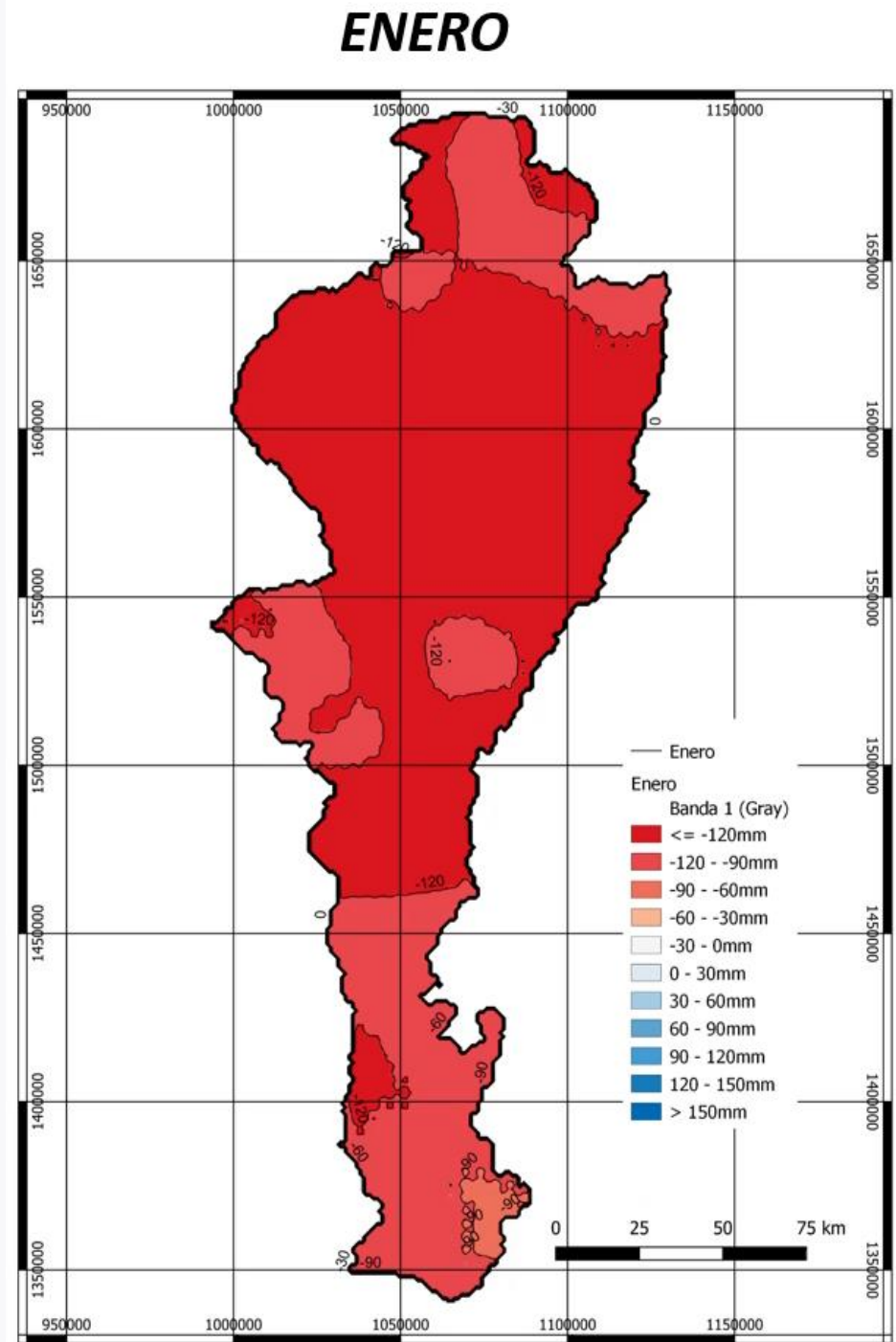
Abril



Junio

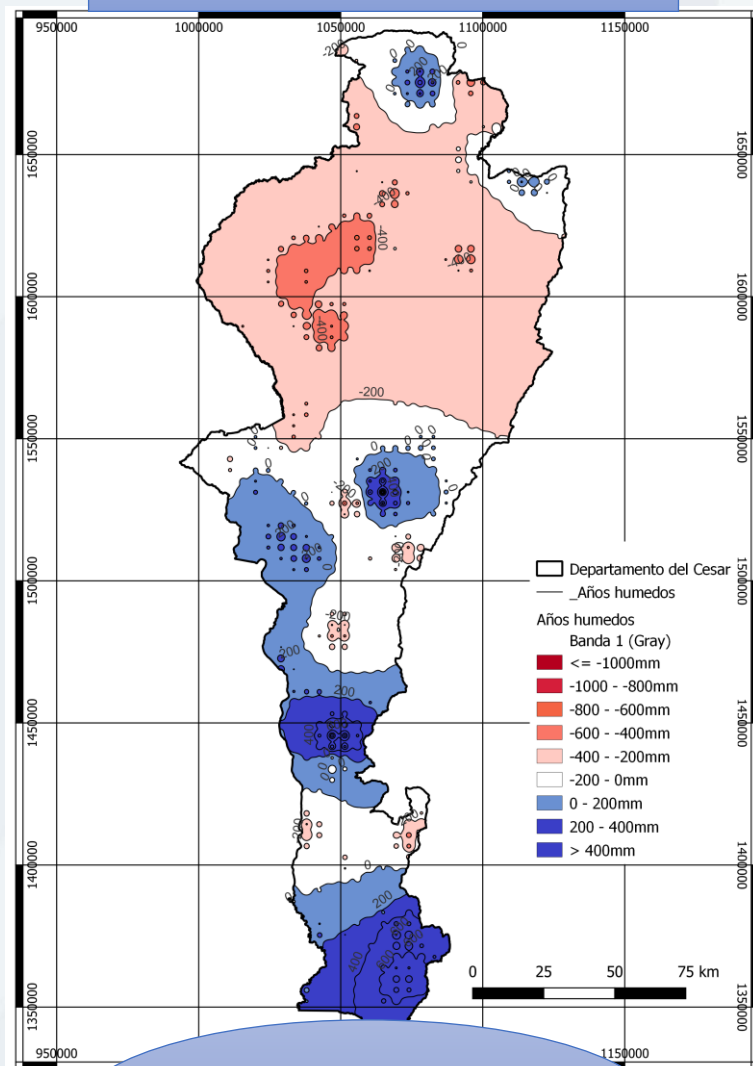


Octubre



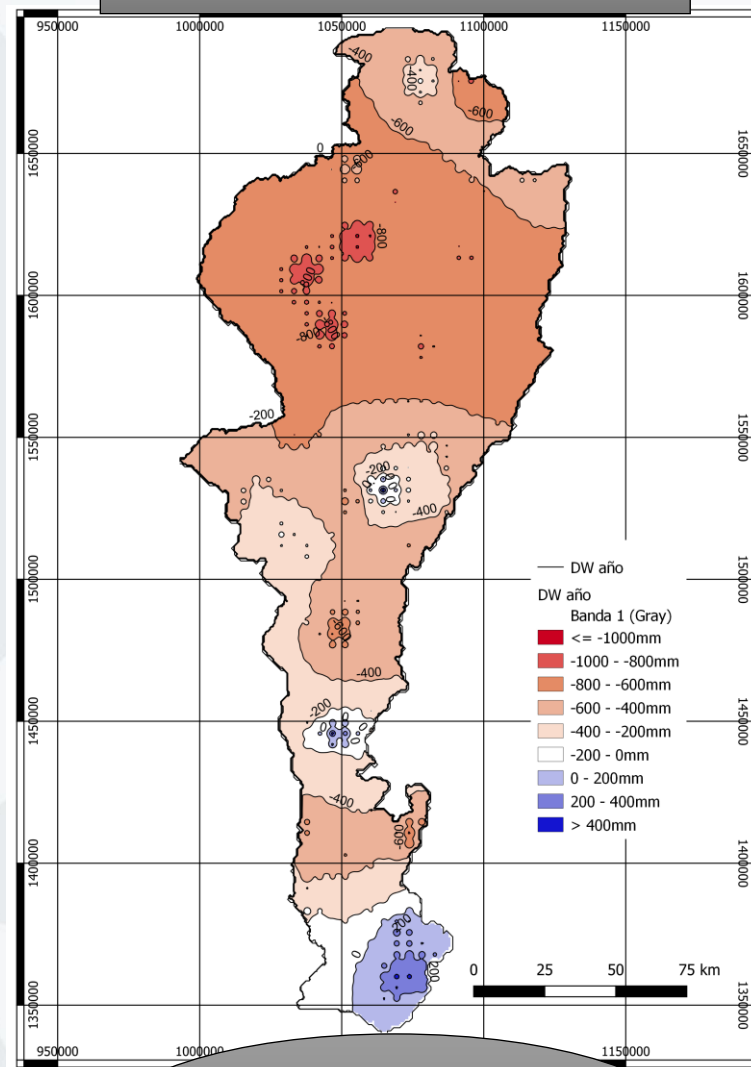
Mapas de Balance hídrico en el departamento del Cesar

Años Húmedos



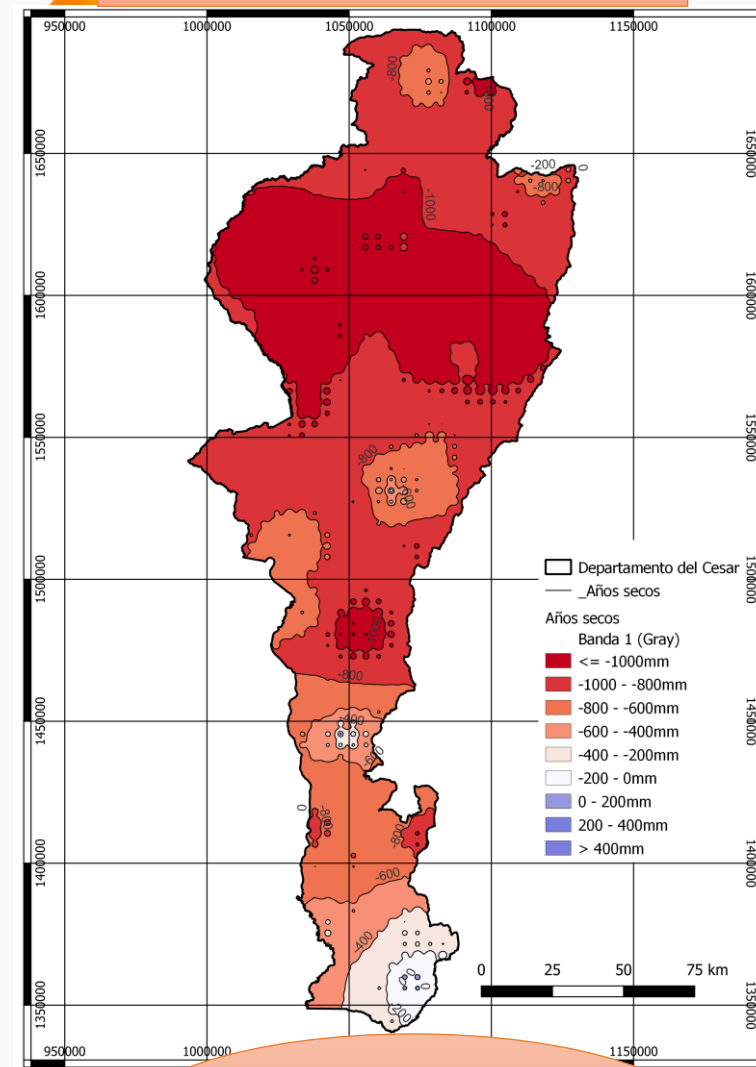
Lamina acumulada promedio -117mm

Años promedio



Lamina acumulada promedio -590mm

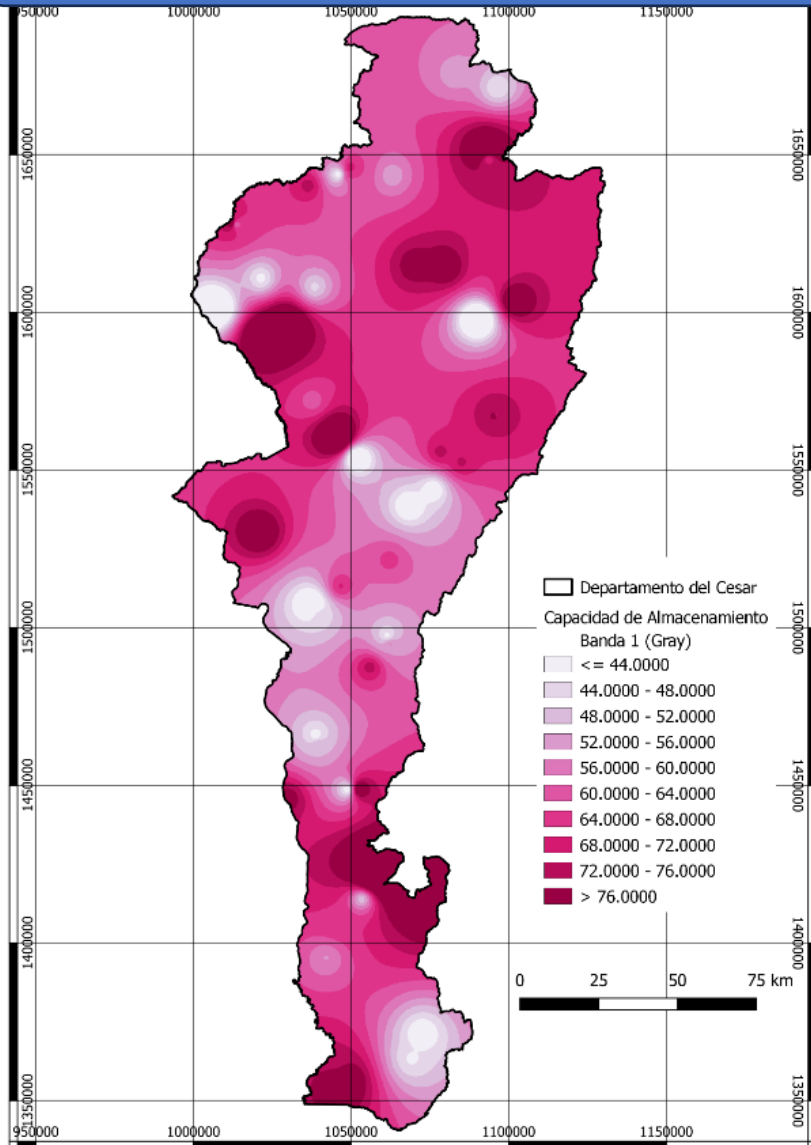
Años Secos



Lamina acumulada promedio -863mm

Capacidad de almacenamiento de agua del suelo y topografía del departamento del Cesar

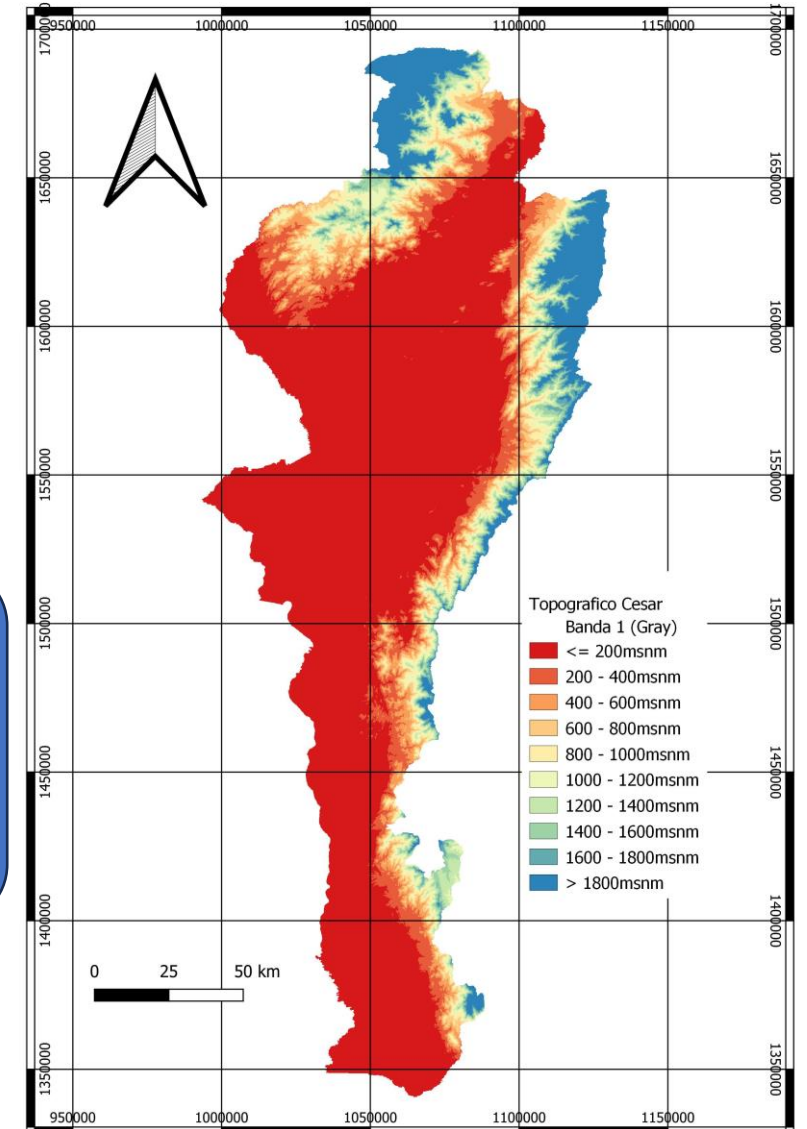
Mapa capacidad de almacenamiento del departamento del Cesar



El departamento de Cesar tiene tres unidades morfoestructurales (la Sierra nevada de Santa Marta, la Serranía Perijá y la cuenca de sedimentación de los ríos Magdalena y Cesar

La capacidad de retención de agua en el suelo fue determinada mediante la utilización del estudio general de suelos del Cesar

Mapa topográfico del departamento del Cesar



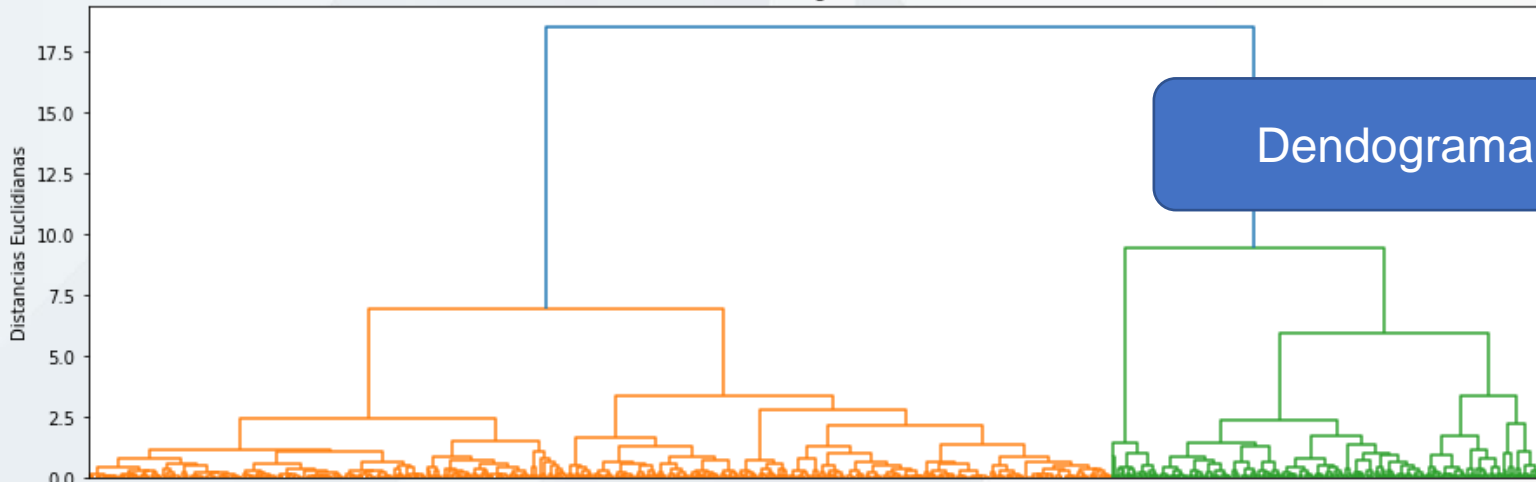


XVIII
REUNIÓN TÉCNICA
NACIONAL
DE PALMA DE ACEITE
2023

Resultados de la zonificación agroclimática

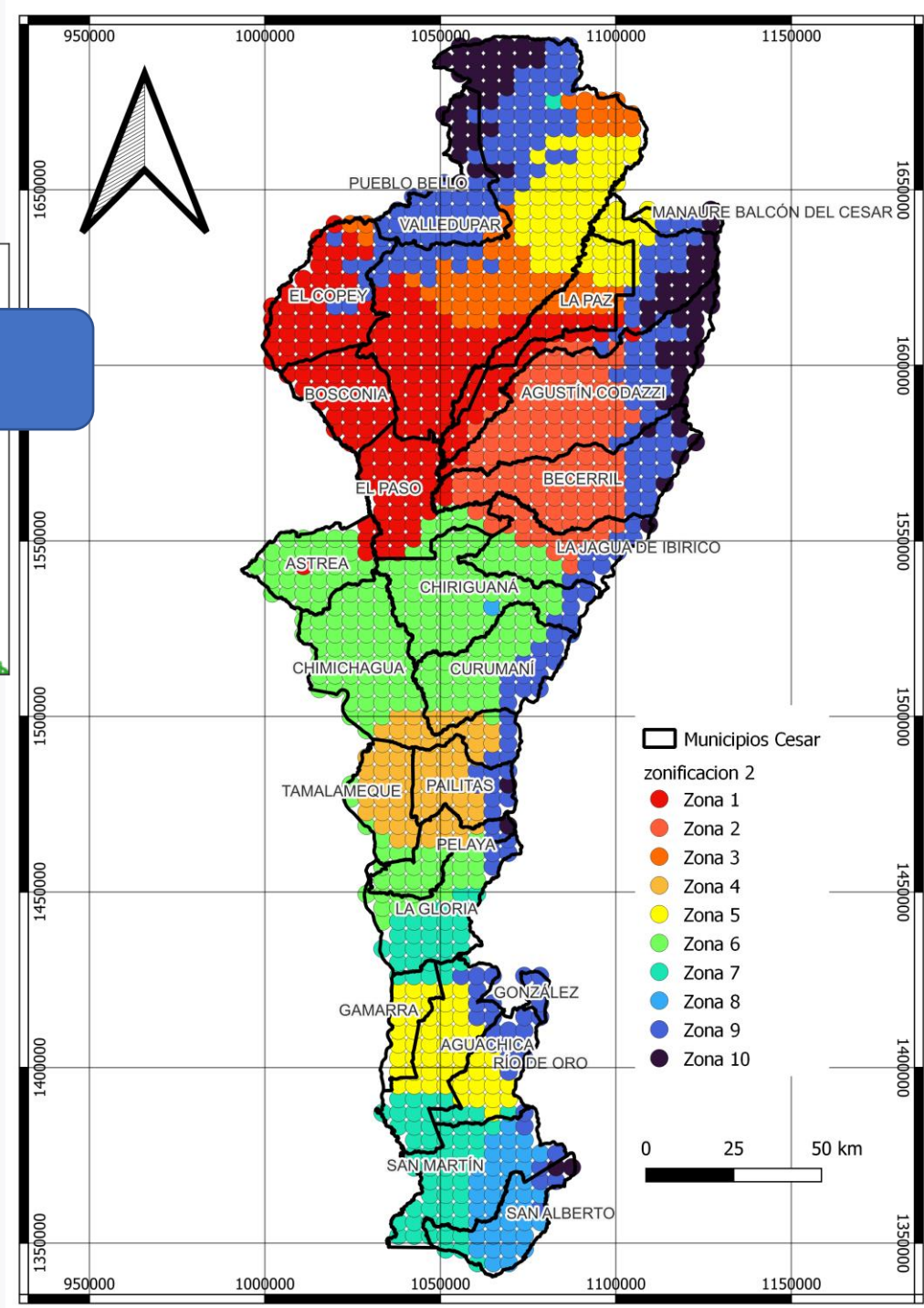
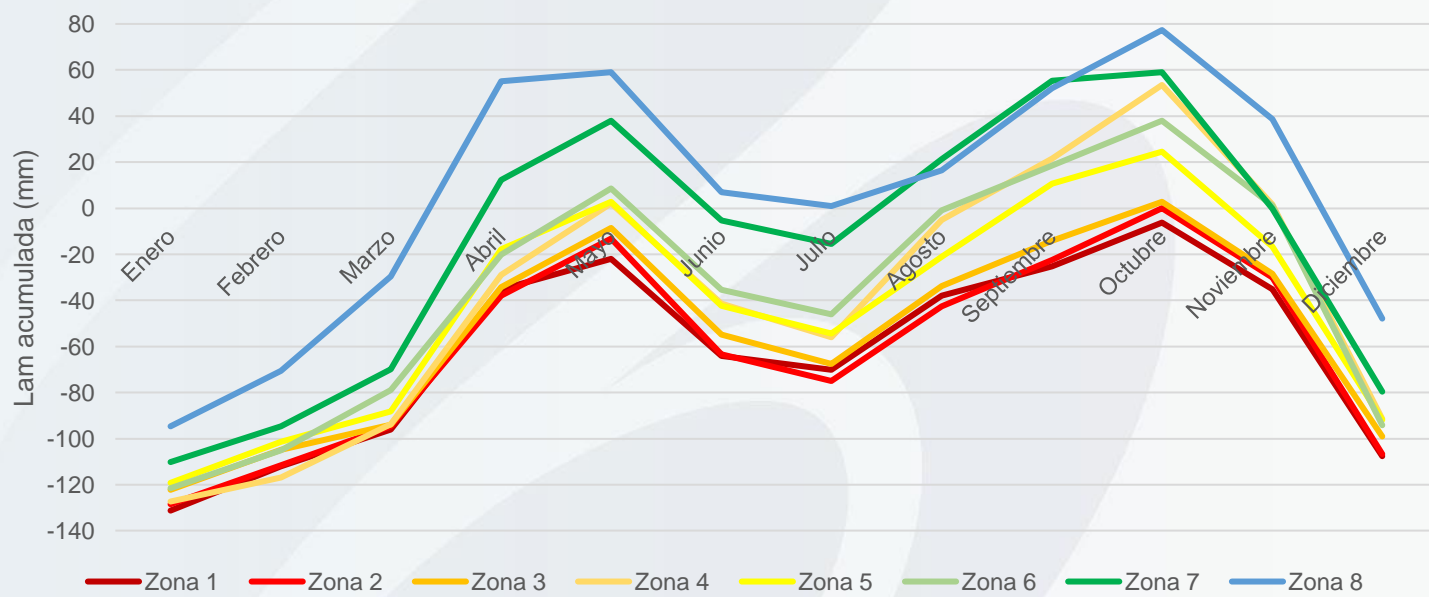
Zonificación Agroclimática

Dendograma



Dendograma

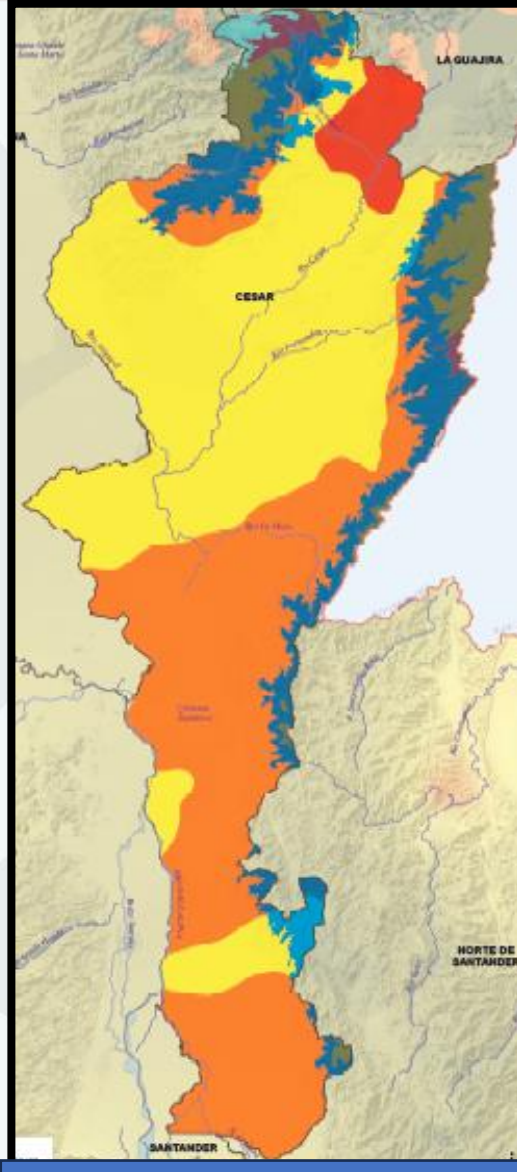
Comportamiento del balance hídrico mensual de las diferentes zonas



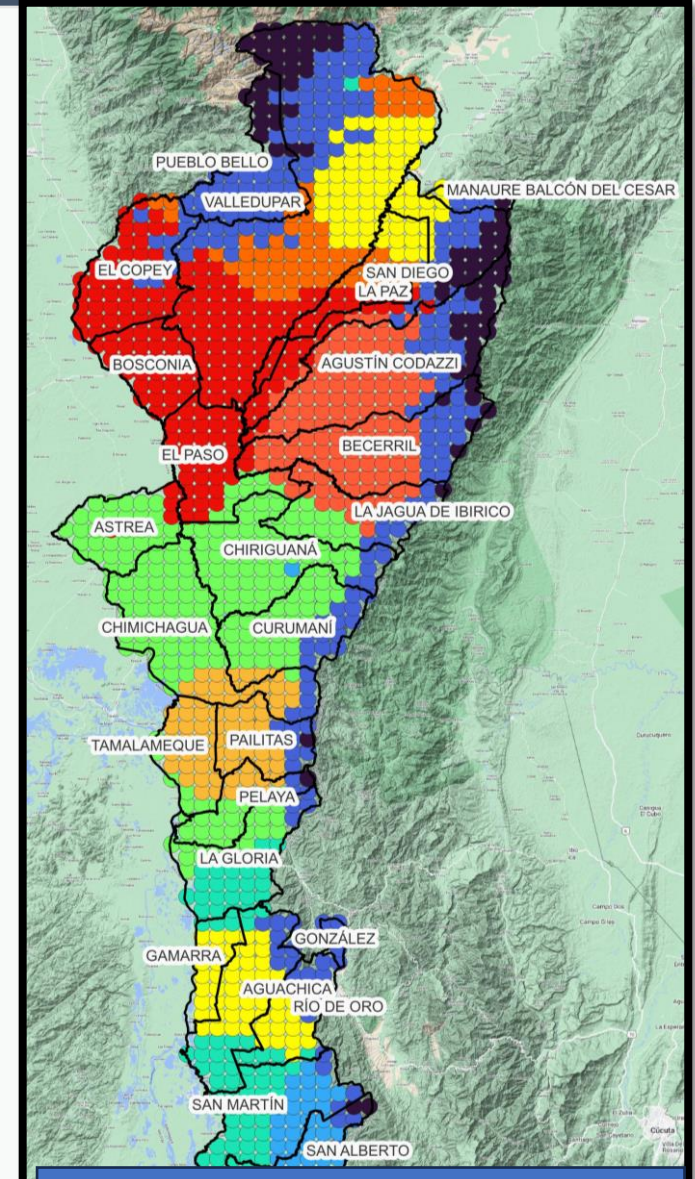
Ventajas de la Zonificación Agro-climatológica



Zonificación por pisos térmicos



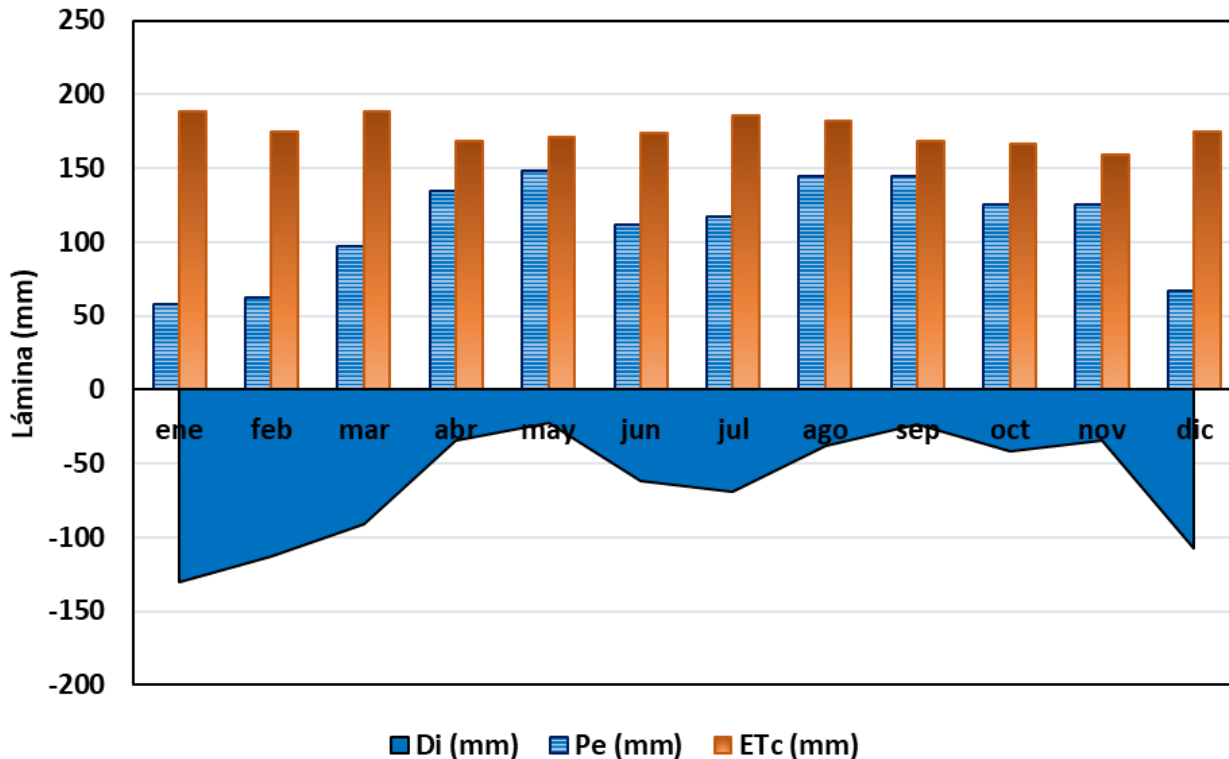
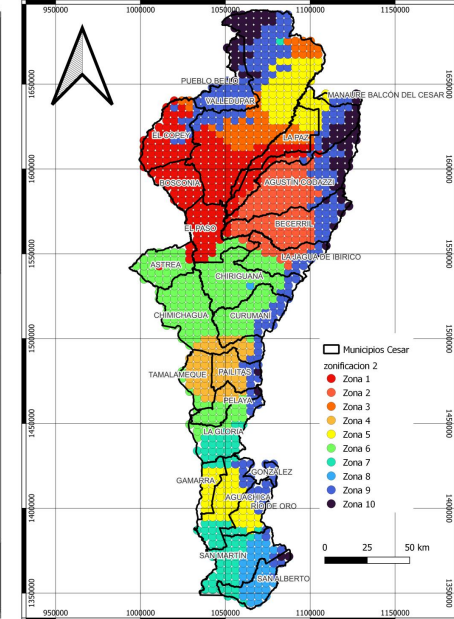
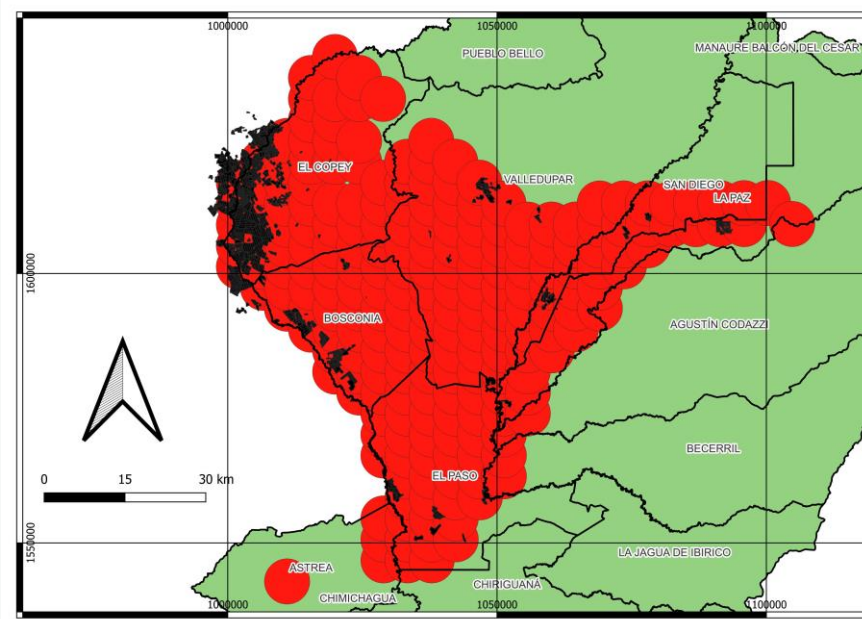
Zonificación IGAC. Por topografía y índice climático



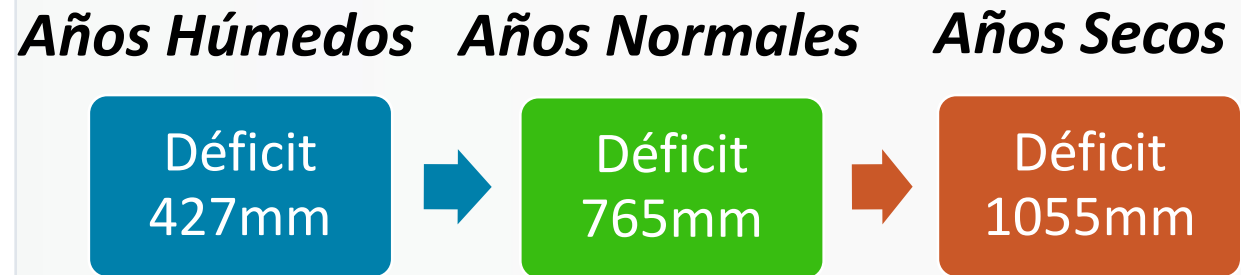
Zonificación Agro-climatológica. Por topografía, BH Climático y capacidad de almacenamiento del suelo

Zona Agroclimatológica #1

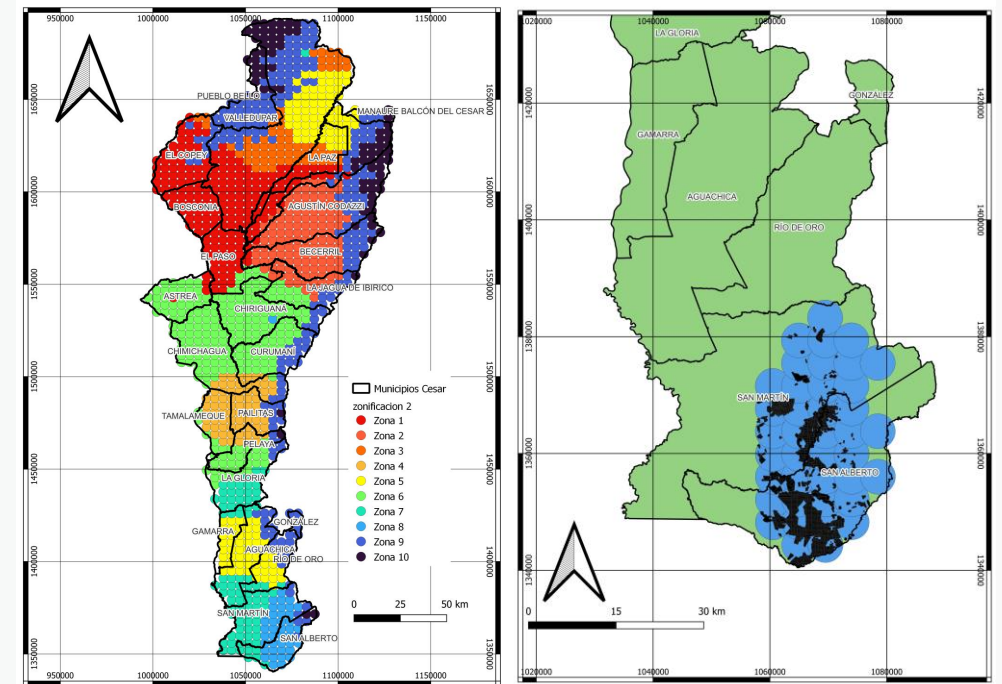
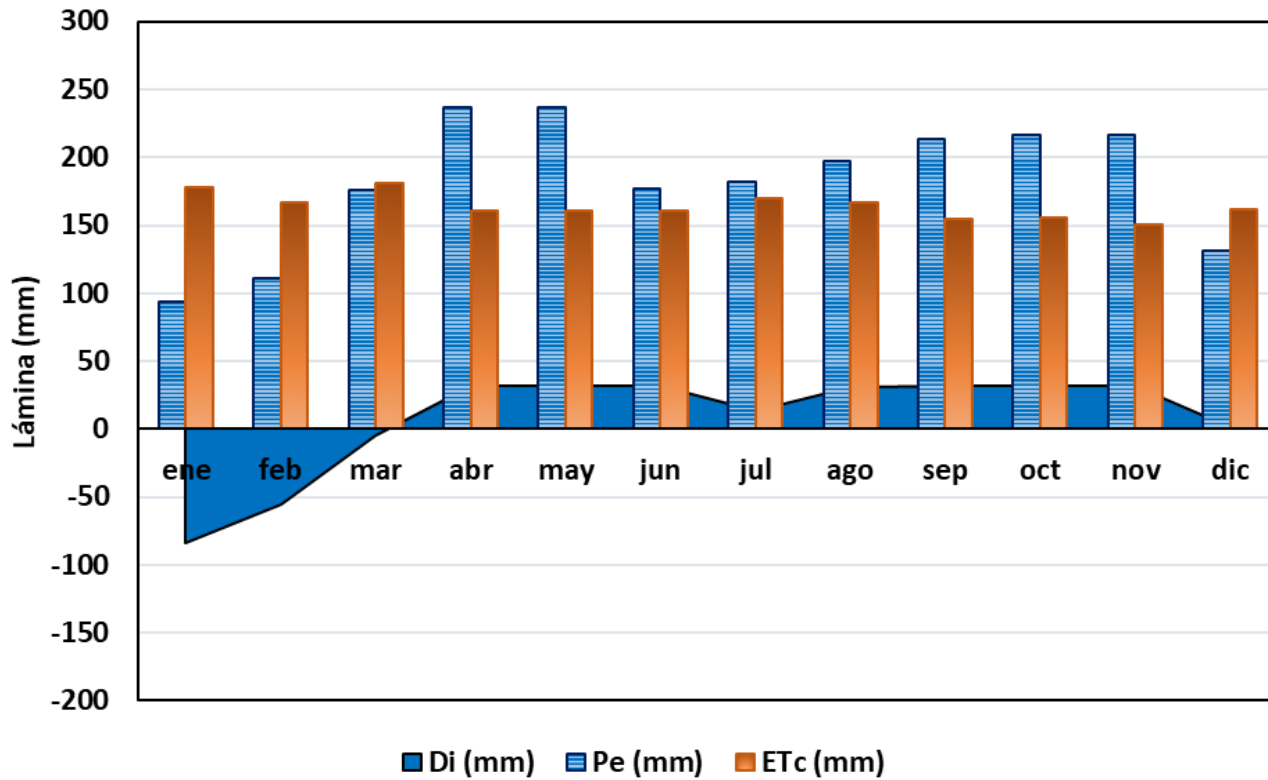
	Área (km ²)	Hectáreas con palma de aceite (ha)
Zona N°1	3862	23717



❖ Velocidad promedio 2.11 m /s
 ❖ Humedad relativa 70.6%
 ❖ Temperatura media 28.6°C



Zona Agroclimatológica #8



Zona N°1	Área (km ²)	Hectáreas con palma de aceite (ha)
	730	14214

Años Húmedos Años Normales Años Secos

Déficit
125mm



Déficit
144mm



Déficit
314mm

- ❖ Velocidad promedio 2.28 m /s
- ❖ Humedad relativa 79%
- ❖ Temperatura media 24.6°C



XVIII
REUNIÓN TÉCNICA
NACIONAL
DE PALMA DE ACEITE
2023

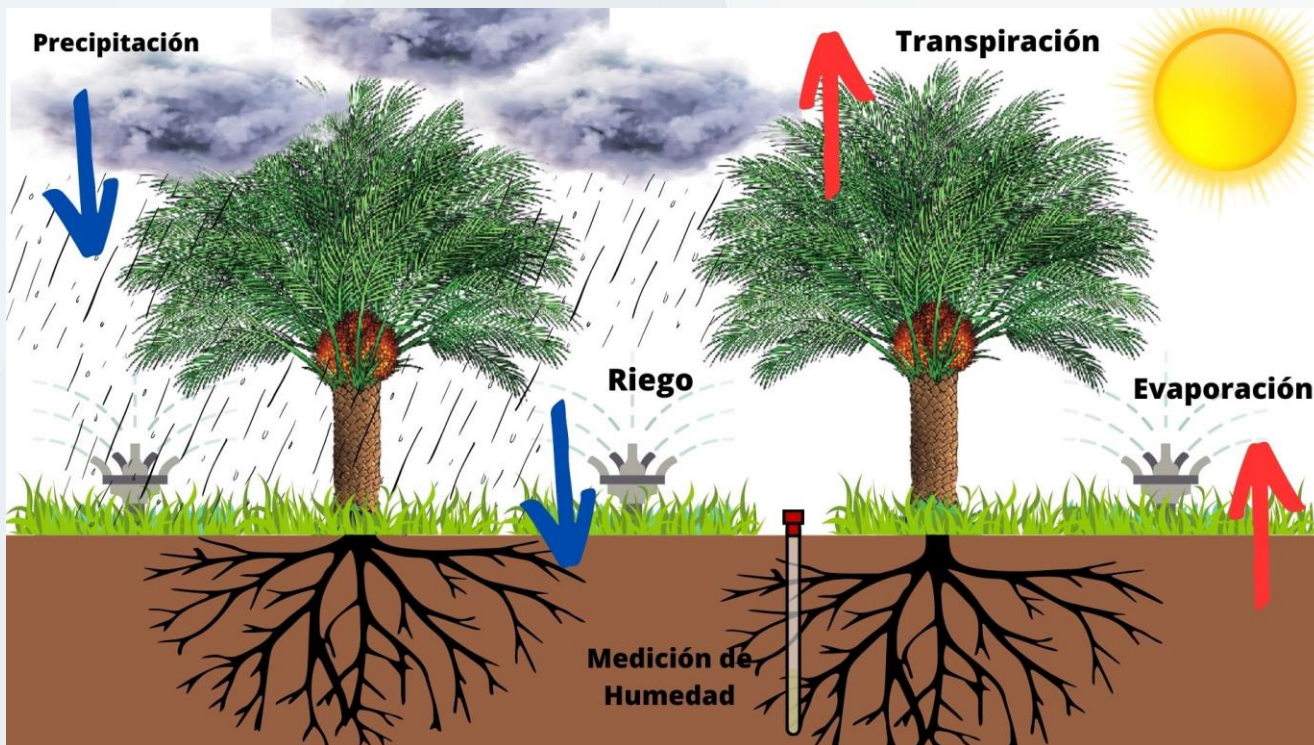
Resultados requerimiento hídrico de la palma de aceite (10- 15 años)



Requerimiento hídrico



XVIII
REUNIÓN TÉCNICA
NACIONAL
DE PALMA DE ACEITE
2023



Tratamiento	Palmas 10,15 años Q (L/palma/día)
1	50
2	150
3	300
4	450
5	600

Evapotranspiración del cultivo

Balance hídrico

$$ET_C = \Delta \text{Humedad} - (Pe + Riego)$$



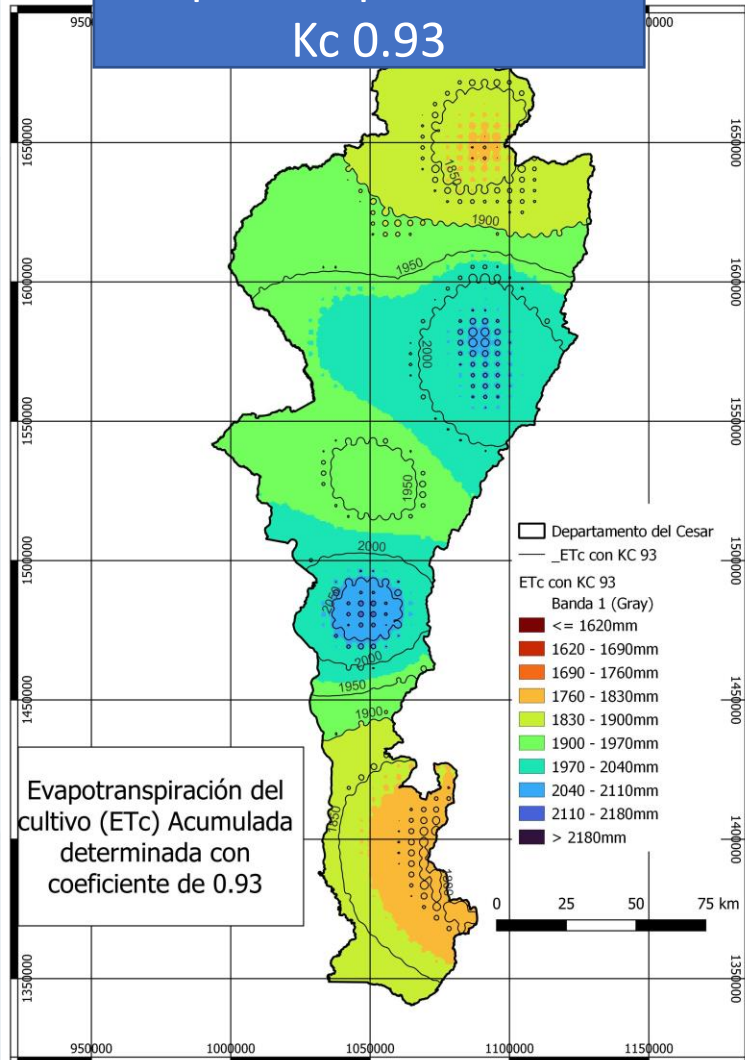
$$k_c = \frac{ET_C}{ET_0}$$

Mapas de Evapotranspiración del cultivo para el Cesar

XVIII
REUNIÓN TÉCNICA
NACIONAL
DE PALMA DE ACEITE
2027

	Kc					Promedio
	T1	T2	T3	T4	T5	
Palmas de 10 años	0.78	0.92	0.96	0.88	1.08	0.93
Palmas de 15 años	0.84	0.8	0.87	0.98	0.88	0.87

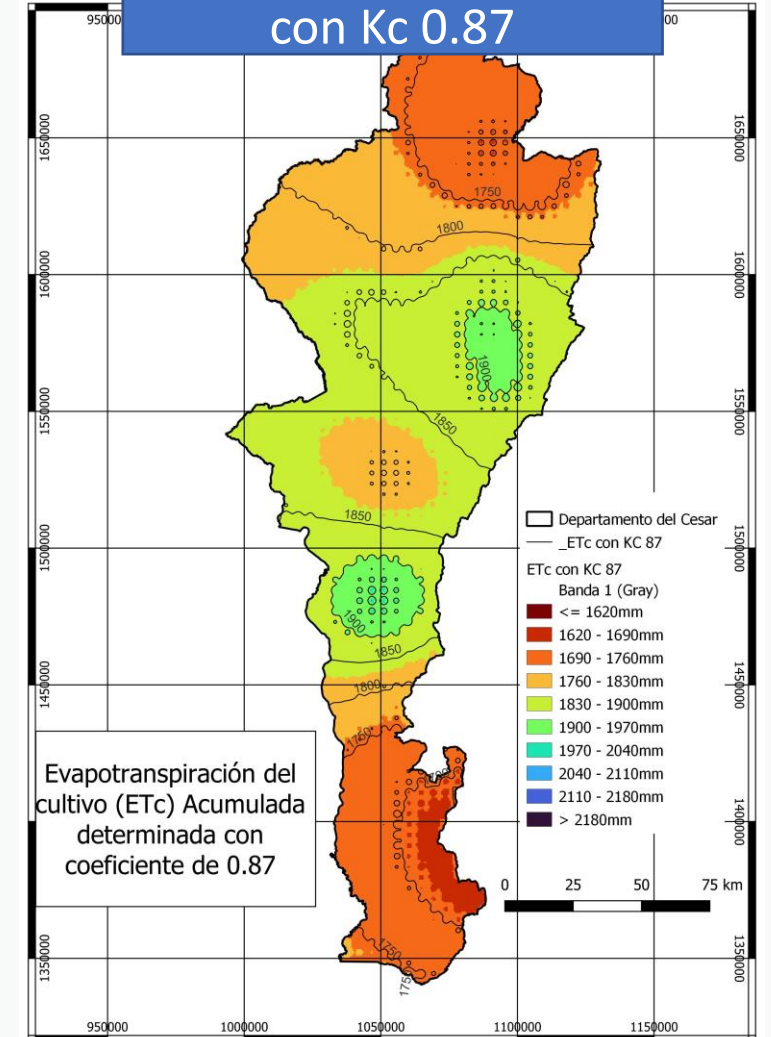
Evapotranspiración con
Kc 0.93



Etc Promedio 1931 mm

Etc promedio 1806 mm

Evapotranspiración
con Kc 0.87





XVIII
REUNIÓN TÉCNICA
NACIONAL
DE PALMA DE ACEITE
2023

Metodología de transferencia tecnológica





¡Hola! ¡Bienvenido a nuestro APP! Nos complace tenerte aquí. Queremos aclarar que esta APP está diseñada únicamente con fines académicos y muestra valores promedios de las condiciones climáticas del departamento del Cesar Colombia y el requerimiento hídrico de la palma de aceite bajo estas. Esperamos que disfrutes de tu experiencia y encuentres útil la información proporcionada. Si tienes alguna pregunta, no dudes en preguntar. ¡Bienvenido nuevamente y que tengas un día lleno de aprendizaje!

Aceptar



Metodología de trasmisión de la información (Aplicación para dispositivos Android)

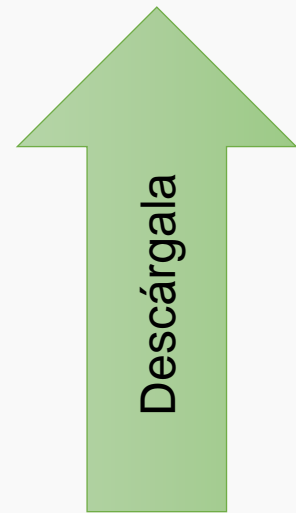
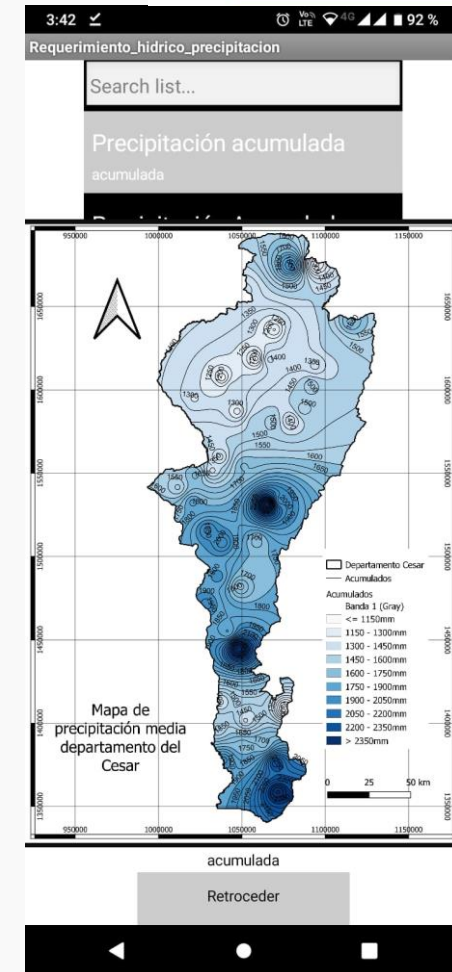


Coordenadas

Indicadores climáticos de las coordenadas analizadas

Edad del cultivo

Requerimiento hídrico para el cultivo de palma de aceite en las coordenadas de análisis



Conclusiones / Consideraciones

- Se determinó un valor de coeficiente del cultivo (K_c) igual a 0.87 para palmas de 15 años y 0.93 para palmas de 10 años. Al analizar los valores acumulados anuales, se observa que incluso pequeñas variaciones en el coeficiente de cultivo, generadas por la edad de las palmas, pueden resultar en déficits hídricos significativos que afecten negativamente la producción de los cultivos.
- Se obtuvieron 8 zonas agroclimáticas aptas para el cultivo de la palma de aceite dentro del departamento del Cesar cada una con patrones agroclimáticos diferentes. También se consideraron los datos de años húmedos y secos, con los cuales se determinó la demanda hídrica máxima y mínima anual requerida para el cultivo de la palma de aceite. El conocimiento de estos patrones es fundamental para establecer las cantidades adecuadas de agua a aplicar, sin embargo, también es crucial tener en cuenta las eficiencias de los sistemas de riego para satisfacer la demanda hídrica de los cultivos, aplicando así el agua requerida en las diferentes épocas del año.
- Se estableció una metodología usando el lenguaje de programación Python, para el manejo de la información climática obtenida de la red de estaciones meteorológicas del IDEAM y los datos climáticos satelitales del Copernicus ERA5, proporcionando una herramienta para la modelación agroclimática que puede replicarse en otras zonas palmeras.

Agradecimientos



XVIII
REUNIÓN TÉCNICA
NACIONAL
DE PALMA DE ACEITE
2023



- Carlos González (Director de la tesis de maestría)
- Nolver Arias (Codirector de la tesis de maestría y Coordinador programa de agronomía CENIPALMA)
- Tulia Delgado (Asistente de investigación CENIPALMA)
- Greydy Ladino (Auxiliar de investigación CENIPALMA)



XVIII
**REUNIÓN TÉCNICA
NACIONAL**
DE PALMA DE ACEITE

2023



Gracias

