

Primer Encuentro de
organismos de Cuenca de
América Latina y el Caribe
Noviembre, 2009
Foz de Iguazú, Brasil

**DUBERDICUS,
administración del
recurso hídrico
desde
Corantioquia**

Luis Alfonso Escobar Trujillo
Director General



CORANTIOQUIA
www.corantioquia.gov.co

**Algunos conceptos y
antecedentes preliminares:**

**La compleja tarea de
administrar agua**



CORANTIOQUIA

En el ámbito internacional

- 70's: Conferencia de Naciones Unidas realizada en Estocolmo en 1972, en donde se estableció el programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- Posteriormente en 1987, se publicó el **reporte de la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo**, que contribuyó a incrementar la conciencia del público sobre los nexos existentes entre el desarrollo y el ambiente, en donde el agua cumplía un rol fundamental.
- 3 al 14 de junio de 1992 Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo también conocida como "Cumbre de la tierra", realizada en Río de Janeiro en la que se consensuó la definición de desarrollo sostenible que años atrás se había presentado en el Informe Brundlandt.



CORANTIOQUIA

Gestión \cong Administración

Ley 99 de 1993

Artículo 1: Principios Generales Ambientales.

1. El proceso de desarrollo económico y social del país se orientará según los principios universales y de desarrollo sostenible contenidos en la Declaración de Río

Artículo 3: Se entiende por **Desarrollo Sostenible** el que conduzca al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de la vida y al bienestar social, **sin agotar la base de recursos naturales renovables en que se sustenta**, ni deteriorar el medio ambiente o el **derecho de las generaciones futuras a utilizarlo** para la satisfacción de sus propias necesidades.



CORANTIOQUIA

Artículo 23: Naturaleza Jurídica. Las CAR son entes corporativos de carácter público, (...) encargados por la ley de administrar el medio ambiente y los recursos naturales renovables y propender por su desarrollo sostenible.

Artículo 30: Objeto: ... ejecución de las políticas, planes, programas y proyectos sobre medio ambiente y recursos naturales renovables, dar cumplida y oportuna **aplicación a las disposiciones legales** vigentes sobre su disposición, **administración, manejo y aprovechamiento**

Artículo 31: Funciones: Otorgar concesiones, permisos, autorizaciones y licencias ambientales para el uso, aprovechamiento o movilización de los recursos naturales renovables o para el desarrollo de actividades que afecten o puedan afectar el medio ambiente.



CORANTIOQUIA

Decreto 2811 del 18 de diciembre de 1974

El ambiente es patrimonio común de la humanidad y necesario para la supervivencia y el desarrollo económico y social de los pueblos.

El objeto del código es:

- Lograr la preservación y restauración del ambiente y la conservación, mejoramiento y utilización racional de los recursos naturales renovables, según **criterios de equidad** que aseguren **el desarrollo armónico del hombre y de dichos recursos**, **la disponibilidad permanente** de estos **y la máxima participación social**, para beneficio de la salud y el bienestar **de los presentes y futuros habitantes** del territorio nacional.



CORANTIOQUIA



Artículo 55: La duración del permiso será fijada de acuerdo con la naturaleza del recurso, **de su disponibilidad**, de la necesidad de restricciones o limitaciones para su conservación (...).

Artículo 89: La **concesión de un aprovechamiento de aguas** estará **sujeta a las disponibilidades del recurso** y a las necesidades que imponga el objeto para el cual se destina.

Artículo 77: Las disposiciones de esta parte regulan el aprovechamiento de las aguas no marítimas en todos sus estados y formas...(Ciclo hidrológico)



CORANTIOQUIA

Artículo 5: Son aguas de uso público:

- Los ríos y todas las aguas que corran por cauces naturales de modo permanente o no;
- Las aguas que corran por cauces artificiales que hayan sido derivadas de un cauce natural;
- Los lagos, lagunas, ciénagas y pantanos;
- Las aguas que estén en la atmósfera;
- Las corrientes y depósitos de aguas subterráneas;
- Las aguas lluvias;
- Las aguas privadas, que no sean usadas por tres (3) años consecutivos, a partir de la vigencia del Decreto-Ley 2811 de 1974.
- Las demás aguas, en todos sus estados y formas, a que se refiere el artículo 77 del Decreto-Ley 2811 de 1974, siempre y cuando no nazcan y mueran dentro del mismo predio.



CORANTIOQUIA

Qué es disponibilidad

El Decreto 1541/78, establece que la autoridad ambiental competente, administrará la oferta hídrica atendiendo a las necesidades económico - sociales de la región, y de acuerdo, entre otros, con los siguientes factores:

- a) **El régimen de lluvia, temperatura y evaporación;**
- b) **La demanda de agua presente** y proyectada en los sectores que conforman la región;
- c) Los planes de desarrollo económico y social;
- d) **La preservación del ambiente,** y
- e) **La necesidad de mantener reservas suficientes** del recurso hídrico.



CORANTIOQUIA

La disponibilidad...

Representa uno de los mayores condicionantes para el desarrollo, puesto que el agua constituye un **elemento esencial** para la **satisfacción de necesidades individuales** básicas de la población y **un factor clave del desarrollo colectivo**, como parte de los procesos productivos y del saneamiento ambiental.



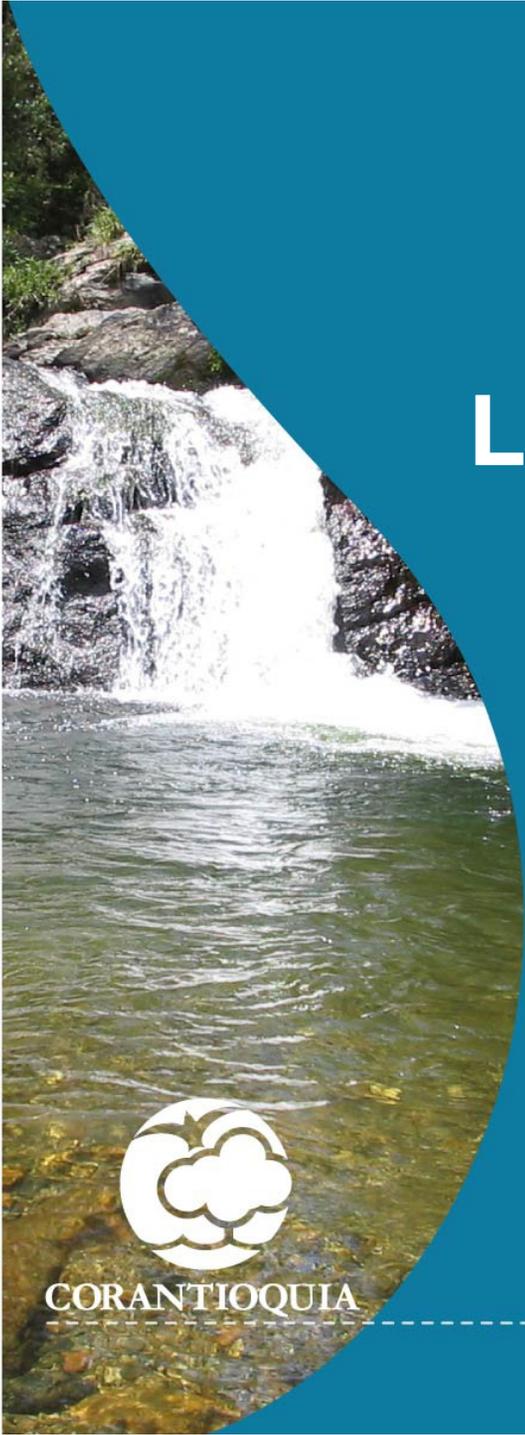
CORANTIOQUIA

Interrogantes como:

- ¿Cuál es el criterio para definir **disponibilidad hídrica** en una corriente o en una cuenca?
- ¿Cómo se calcula el caudal máximo de reparto de una corriente?
- ¿Cómo se estima el caudal ecológico de una corriente?
- ¿Cómo se estiman o calculan los caudales mínimos para cuencas de la jurisdicción?
- ¿Cuáles son las cuencas y corrientes hídricas que requieren prioridad en su atención por presentar conflictos asociados a la disponibilidad hídrica?
- ¿ Cuando decretar el agotamiento del agua en una corriente?
- ¿Cuáles son los elementos mínimos para decidir sobre la viabilidad de implementar un instrumento económico como la Tasa por Uso del Agua?
- ¿Qué índices deben desarrollarse para administrar la demanda hídrica?



CORANTIOQUIA

A photograph of a waterfall cascading over dark, jagged rocks into a pool of clear, greenish water. The scene is framed by a semi-circular cutout on a blue background.

La pregunta es entonces:

**¿Cómo se determina
la disponibilidad de agua
para otorgar concesiones
y en general para
gestionar el uso eficiente
y sostenible del recurso?**



CORANTIOQUIA

Ante la complejidad de la tarea asignada:

Se requiere contar con herramientas adecuadas para la administración del recurso hídrico, bajo criterios ajustados a la ley, a los reglamentos, a los instrumentos de planificación locales y regionales, a las realidades cambiantes de la naturaleza y de la sociedad.

Una propuesta: Duberdicus



CORANTIOQUIA

DUBERDICUS

**Un sistema de Administración del
Recurso Hídrico**



CORANTIOQUIA

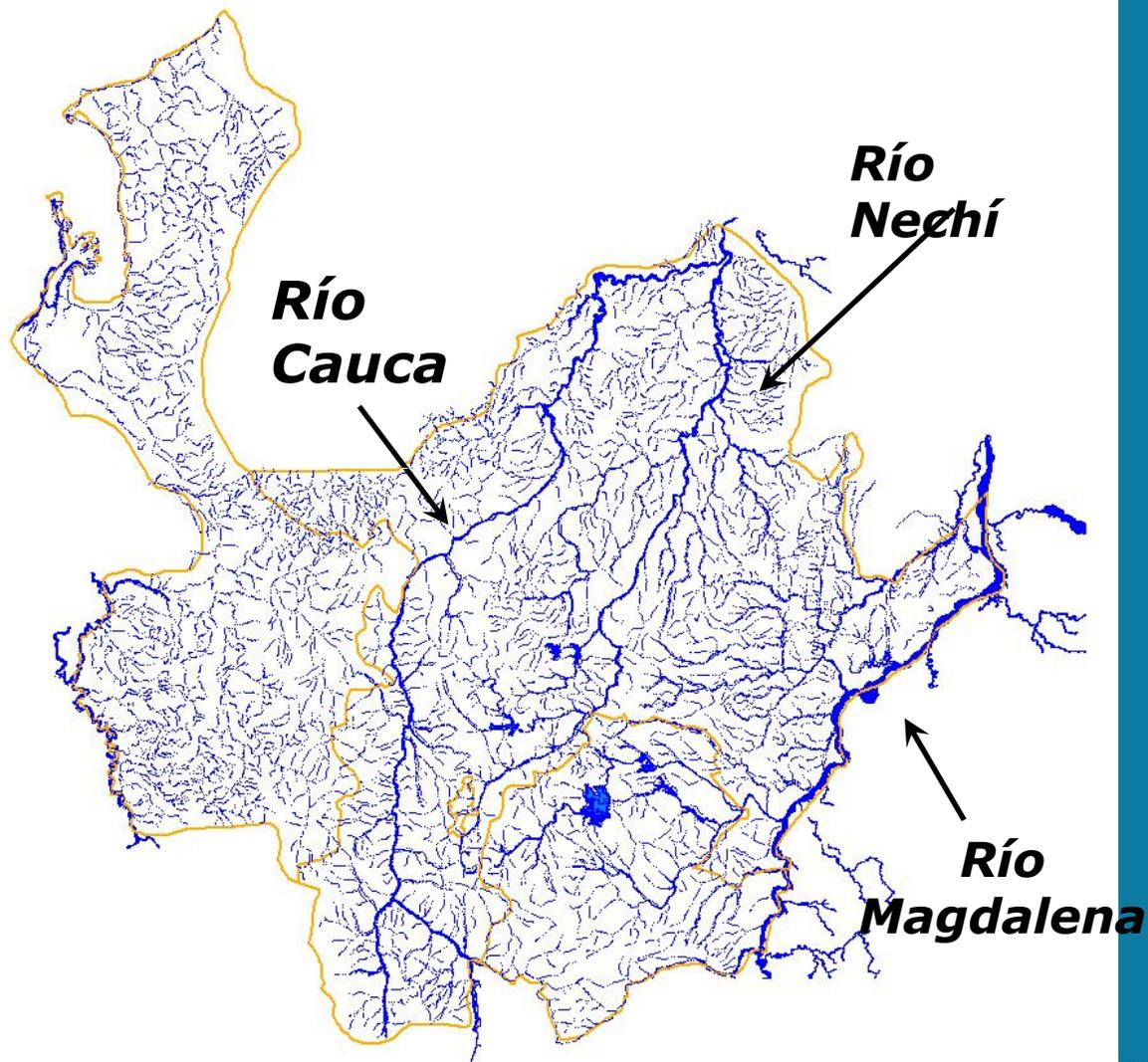
Para el caso de Corantioquia:

En un contexto Hidrológico Regional de altísima **complejidad**, se inicio con el **reconocimiento** del territorio, la búsqueda y sistematización de la **información** existente y la **conceptualización** sobre el significado de la **disponibilidad** de agua.



CORANTIOQUIA

El agua en Antioquia: Un sistema circulatorio complejo



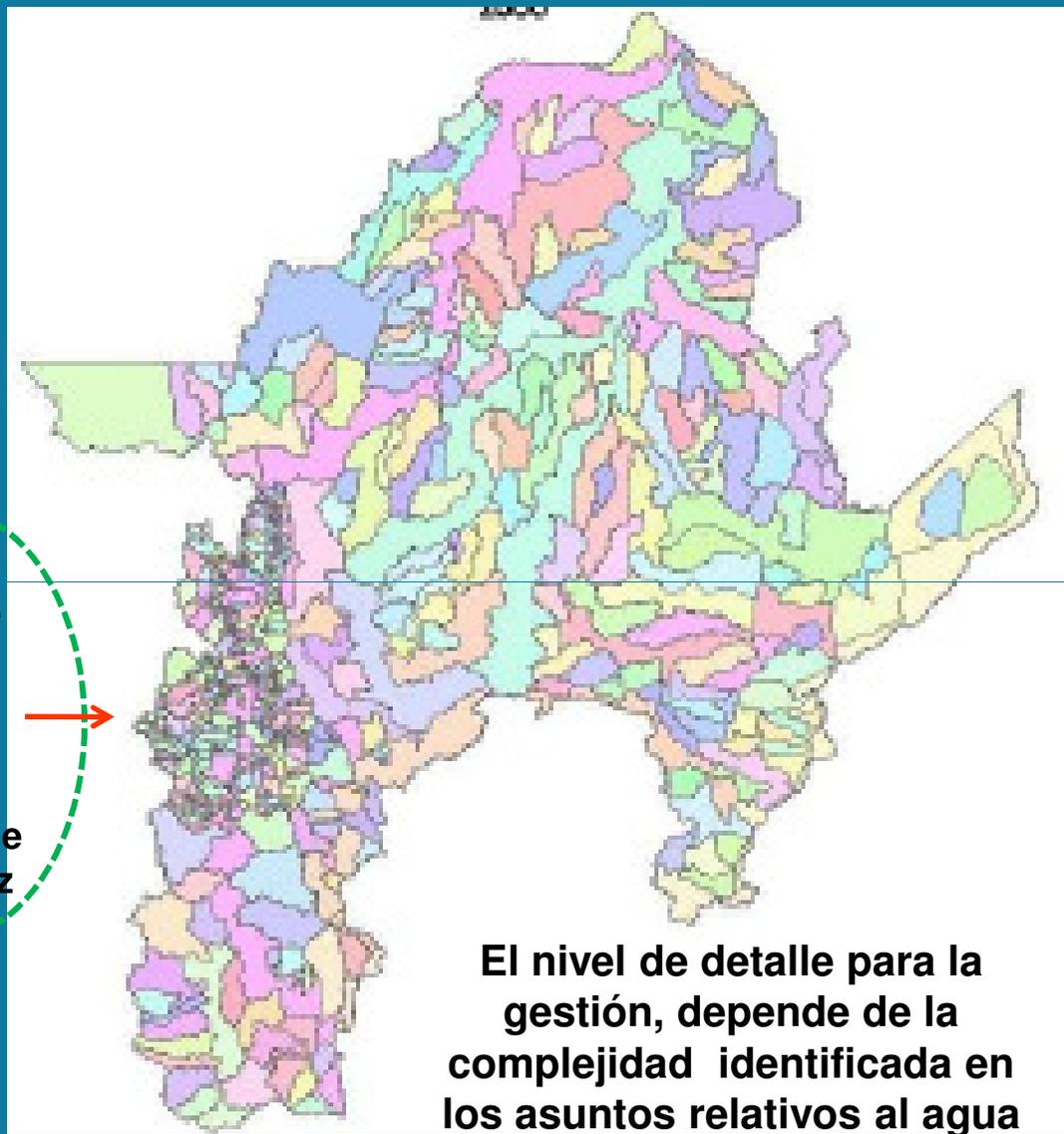
Más de 17.000 km de drenajes

Densidades de drenaje que varían de 0.35 a 17.6 Km/km²

Más de 360 km² en espejo de agua para sistemas lóticos

Más de 17.000 concesiones de agua otorgadas.

Identificación de cuencas estratégicas:



Mayor detalle en la Zona con mayor Índice de escasez

El nivel de detalle para la gestión, depende de la complejidad identificada en los asuntos relativos al agua



CORANTIOQUIA

La información: dónde está

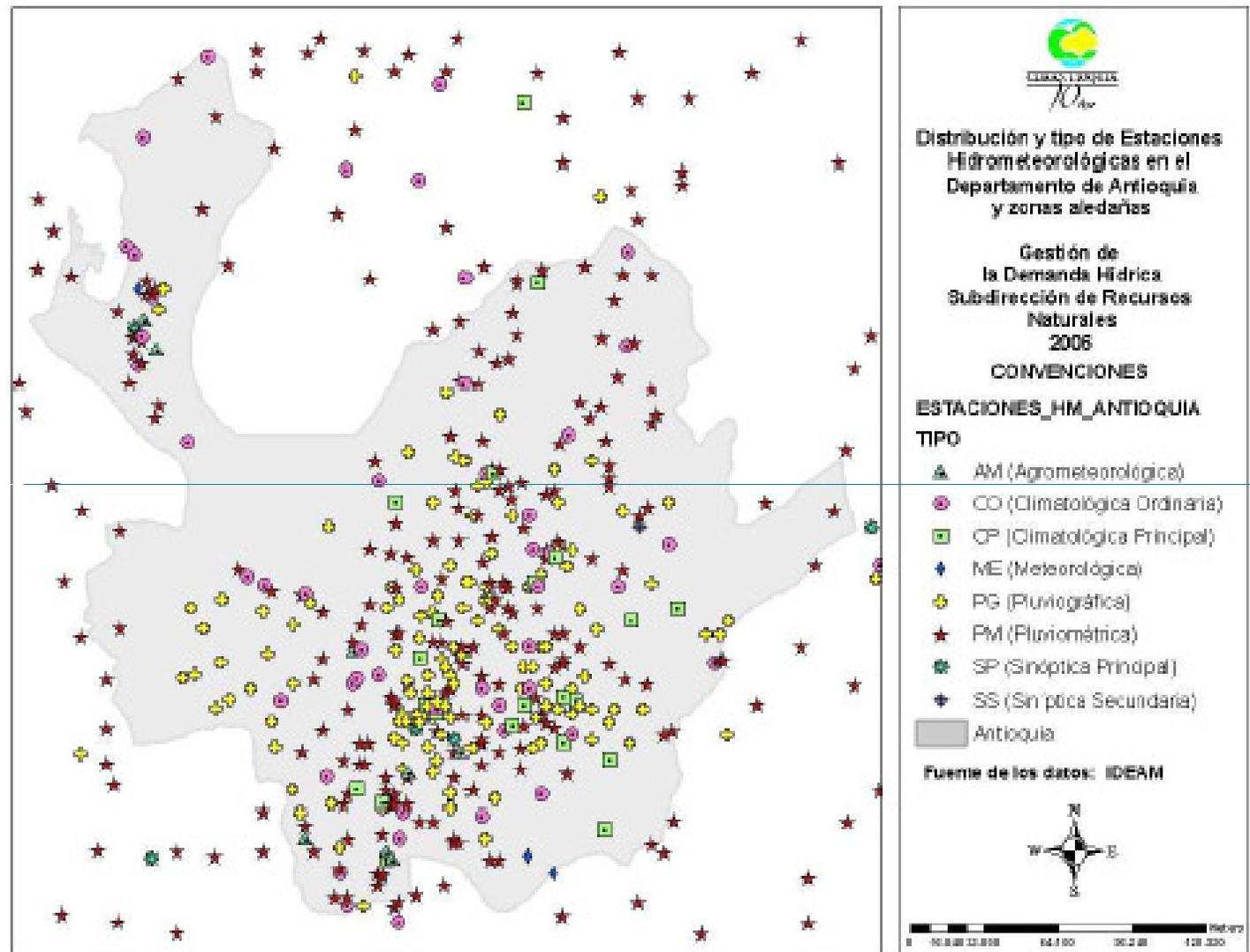


Figura 1. Distribución y tipo de estaciones hidrometeorológicas en el departamento de Antioquia y zonas aledañas



CORANTIOQUIA

Qué tanta riqueza hídrica realmente tenemos

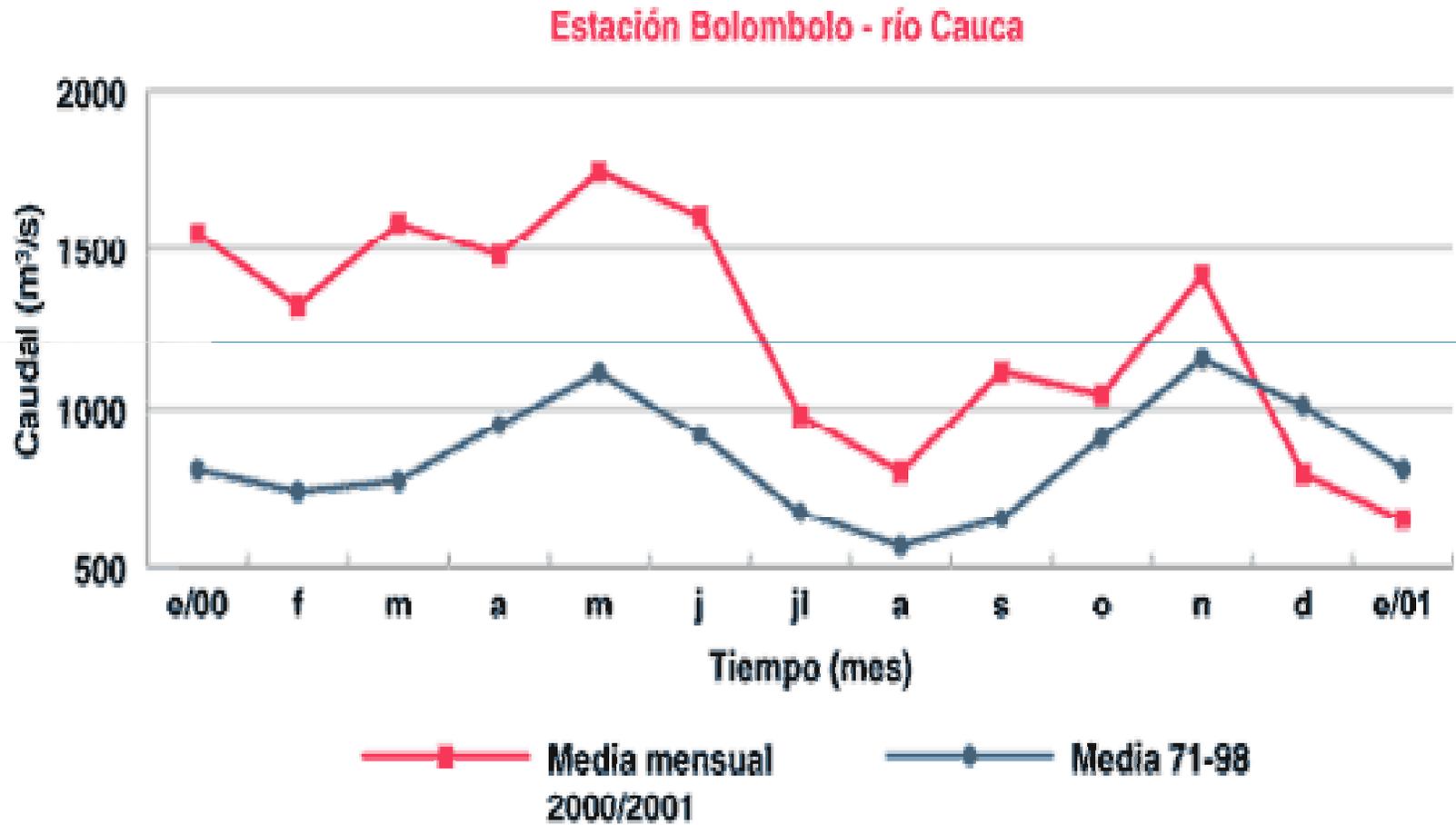
“No es posible saber la magnitud de lo que se requiere sino se conoce la magnitud de lo que se dispone y su variabilidad en el espacio y en el tiempo” .

Óscar Mejía R.

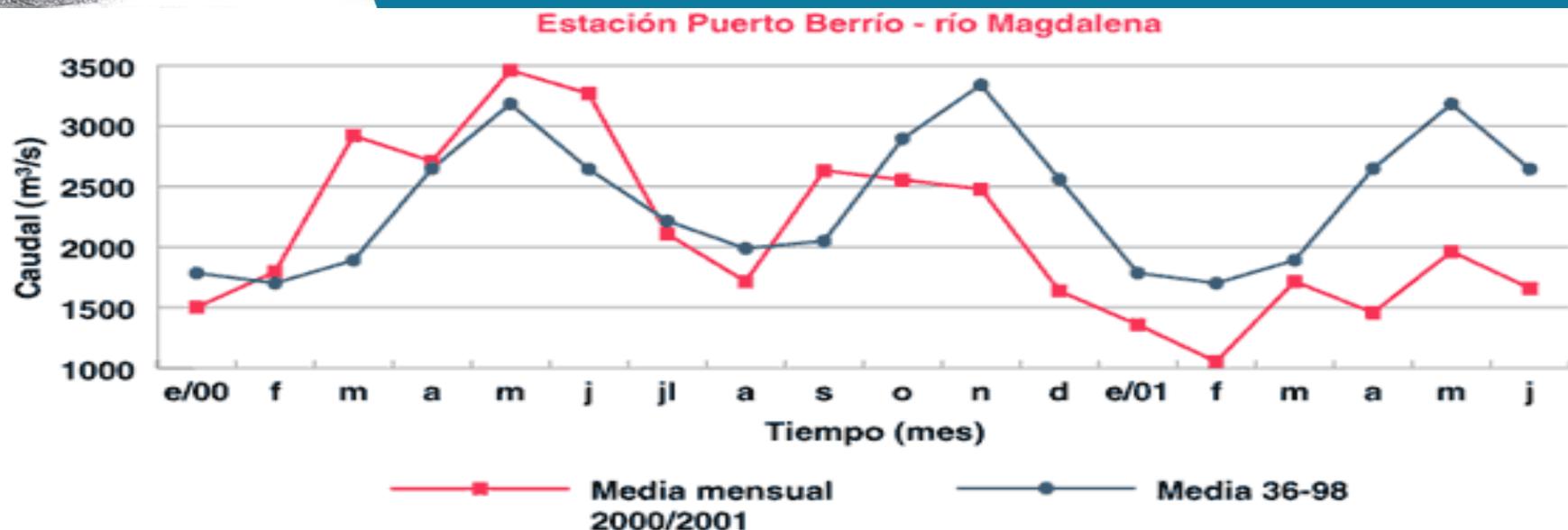
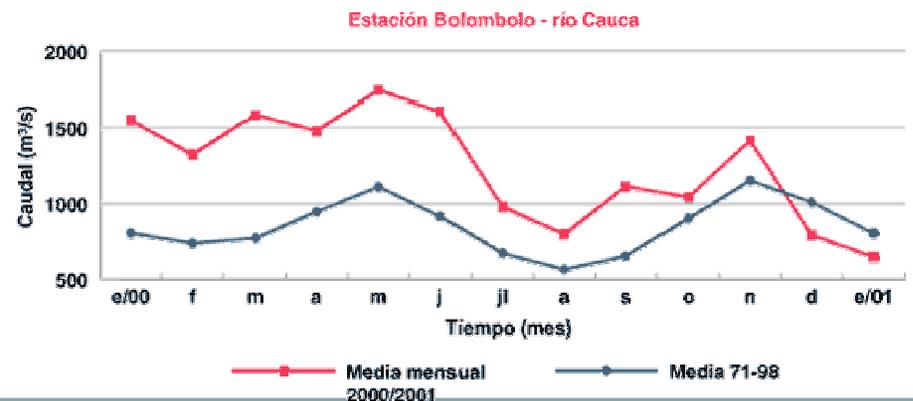
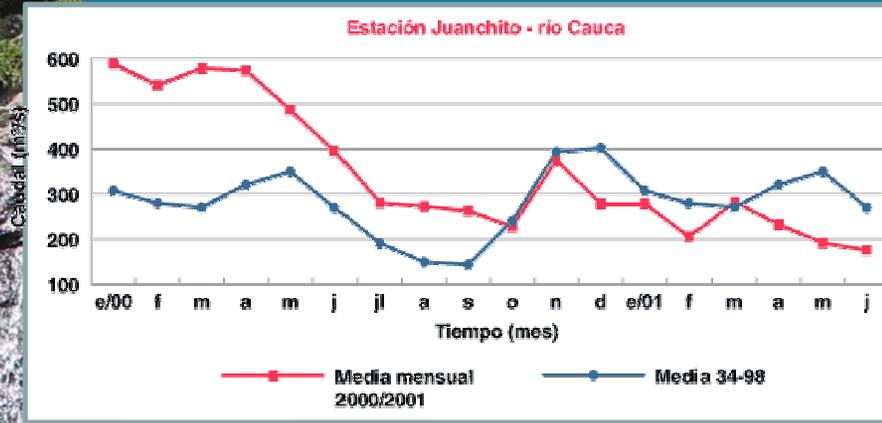


CORANTIOQUIA

Variabilidad temporal de la disponibilidad hídrica superficial



Variabilidad espacial de la disponibilidad hídrica superficial



Cómo determinar la disponibilidad de agua...

La hidrología ha desarrollado técnicas que permiten obtener buenas aproximaciones desde el punto de vista **físico y estadístico** de los diferentes caudales promedio que es necesario considerar en las corrientes para su gestión integral en diferentes escenarios, de tal suerte que sea posible su operación en un marco de sostenibilidad.

“La medición de los componentes del ciclo hidrológico, en cantidad y calidad, y de otras características del medio ambiente que repercuten en el agua, son una base fundamental para lograr una gestión eficaz de los recursos hídricos”.

(La base de conocimientos, -Declaración de Dublín, CIAMA, 1992)



CORANTIOQUIA

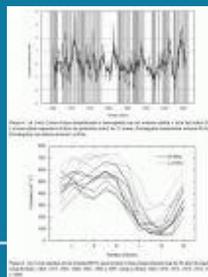
Técnicas para medir y/o estimar la disponibilidad en términos de caudal

Medir

- Caudales instantáneos: aforos



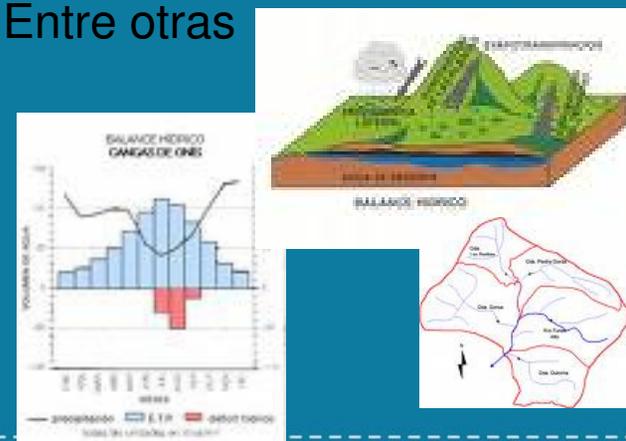
- Caudales en el tiempo: Estaciones limnimétricas o limnigráficas



Estimar

Se basa en la medición de variables Hidrometeorológicas y morfométricas.

- Precipitación
- Evapotranspiración
- Área de la cuenca
- Longitud del cauce principal
- Entre otras





Ecuación del Balance Hídrico

$$E = PPAM - ETR$$

La información como base de la Gestión

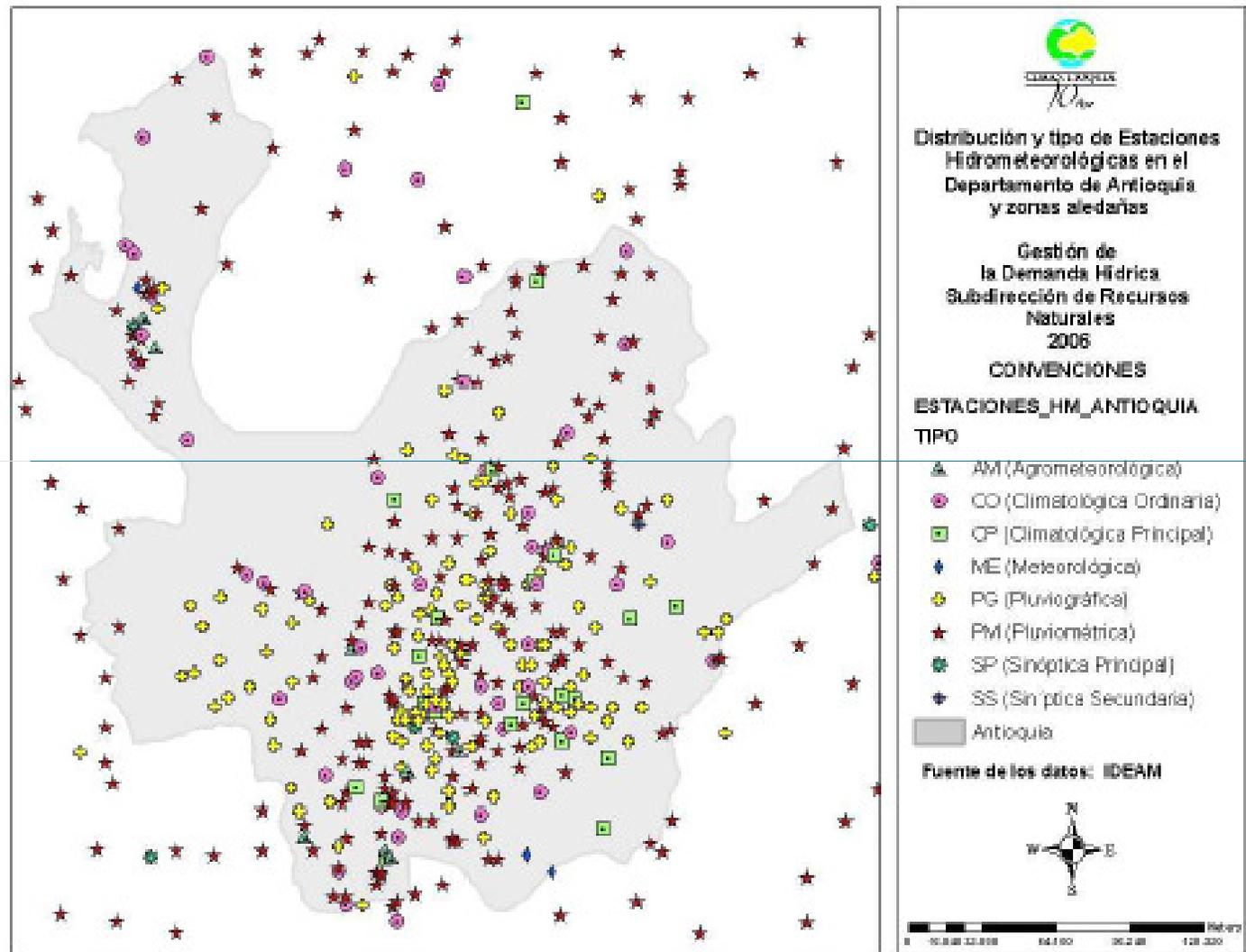
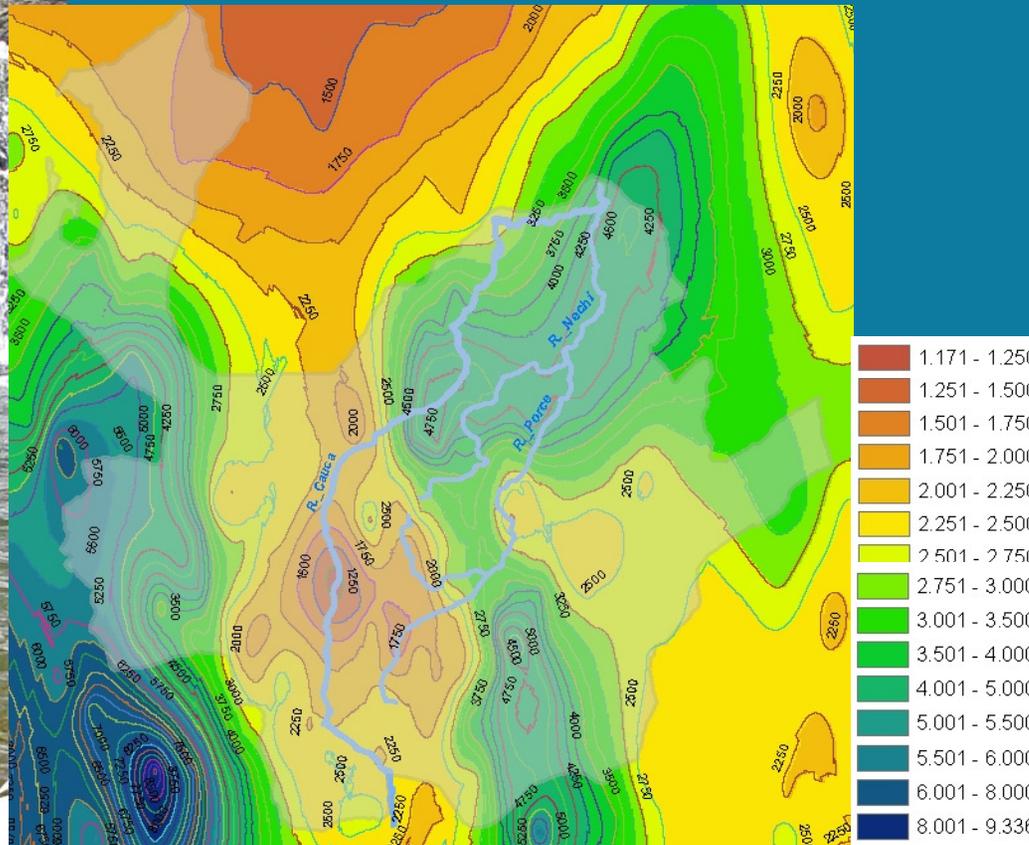


Figura 1. Distribución y tipo de estaciones hidrometeorológicas en el departamento de Antioquia y zonas aledañas



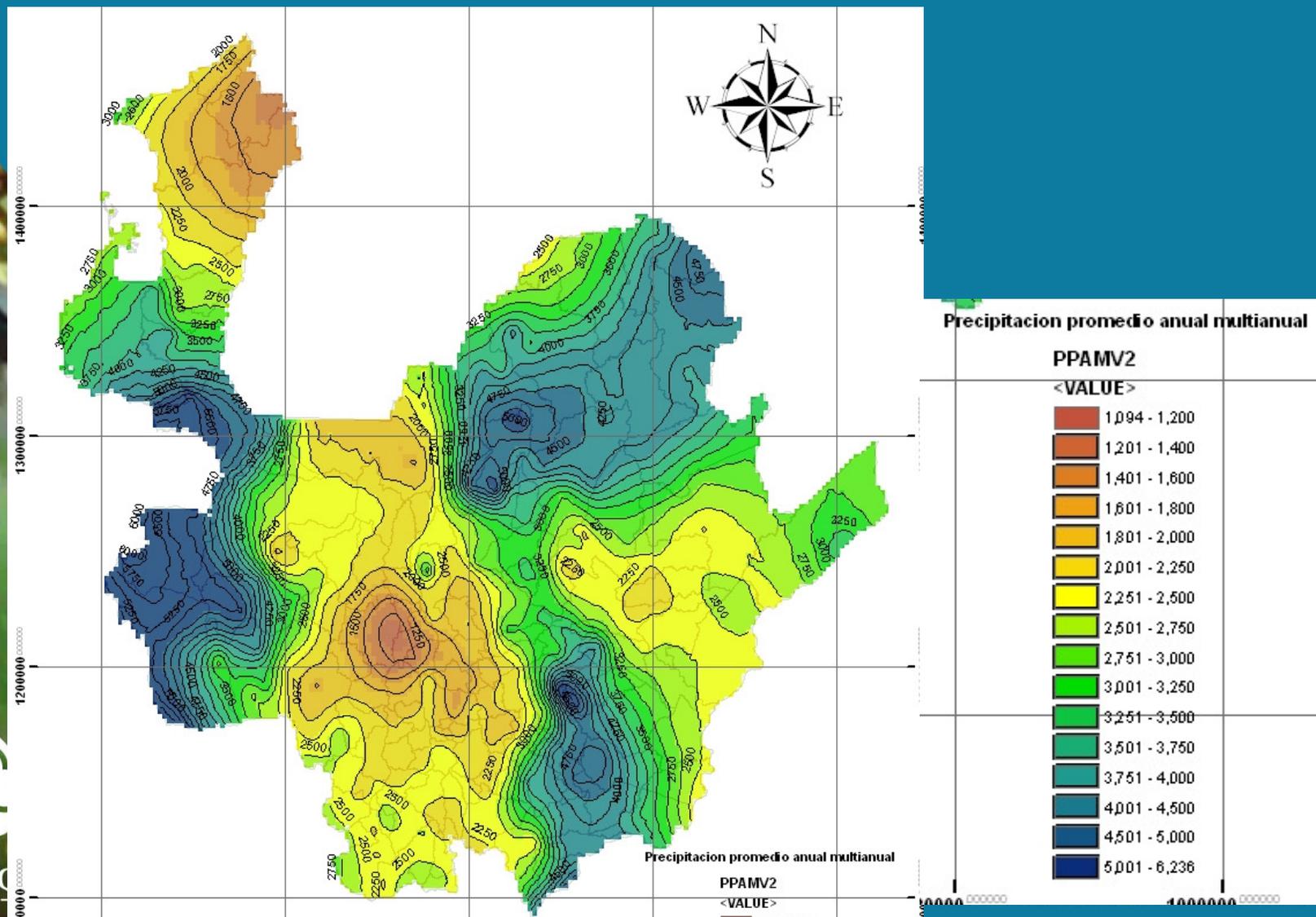
CORANTIOQUIA

Qué hacer con la información



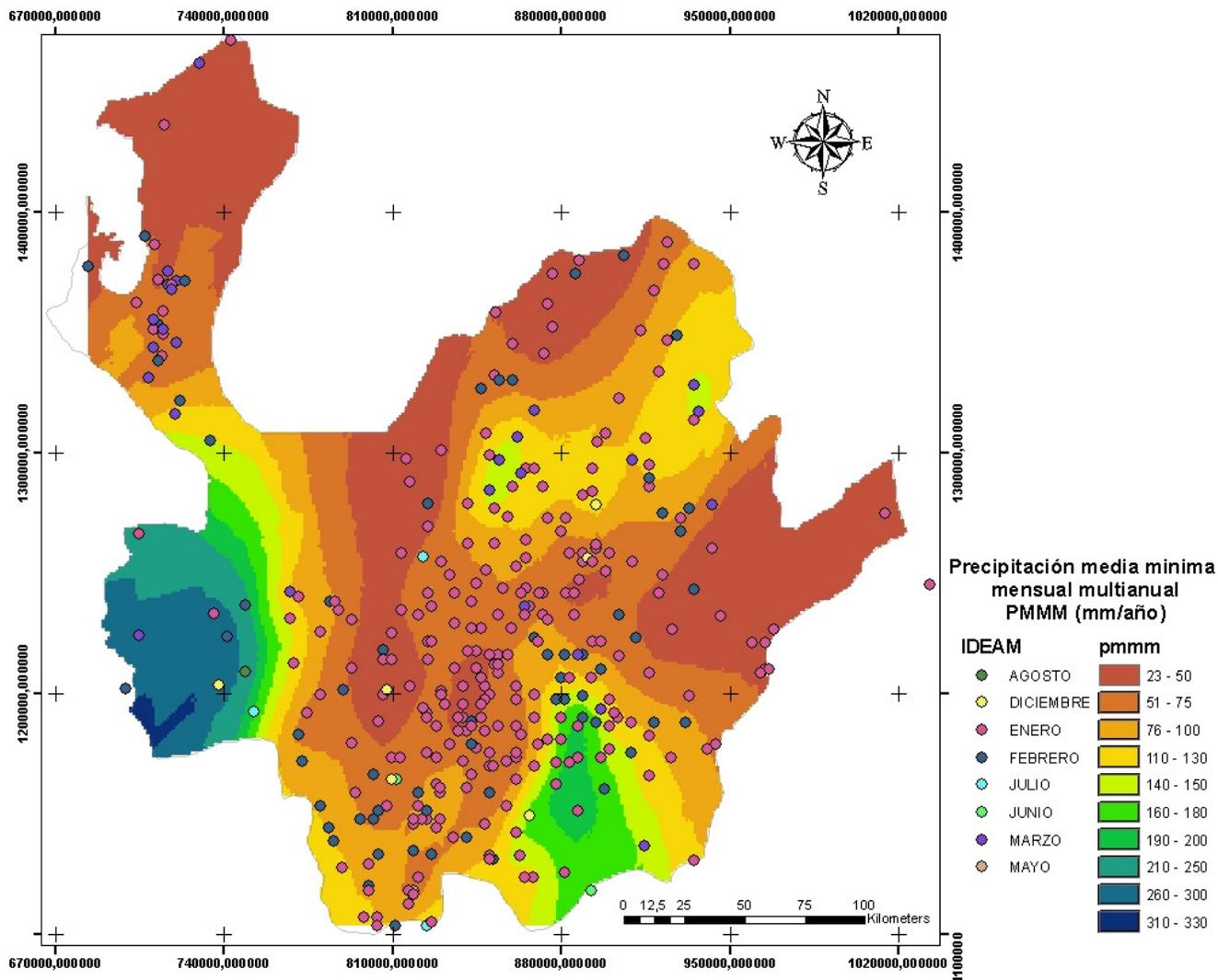
- Revisión, consolidación, procesamiento de la información HM.
- Georeferenciación (Geocalc) y [Espacialización](#) (ArcGIS).
- Análisis, validación y calibración geoestadística de los datos.
- Selección del método de interpolación.
- Generación de Modelos Digitales de Terreno ([DTM](#): Digital Terrain Model) para la variable PPAM.

Distribución de la precipitación promedio anual multianual en Antioquia



Variabilidad espacial y temporal:

Los meses de mínima disponibilidad

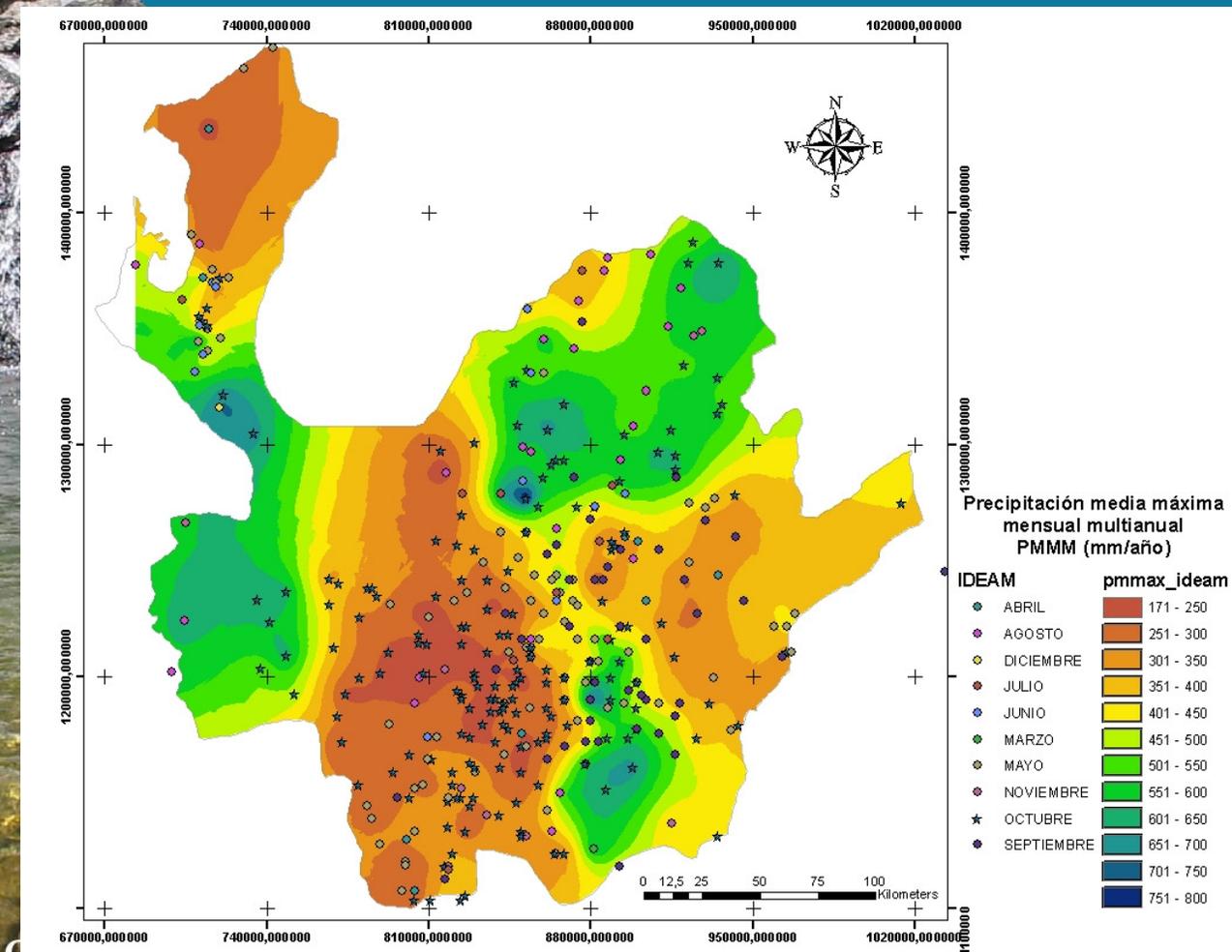


El riesgo de desabastecimiento es una variable espacio-temporal

No siempre hay abundancia

Variabilidad espacial y temporal:

Los meses de máxima disponibilidad



El riesgo de inundación es una variable espacio-temporal.
No todo se inunda
No siempre hay inundaciones

Variabilidad espacial y temporal:

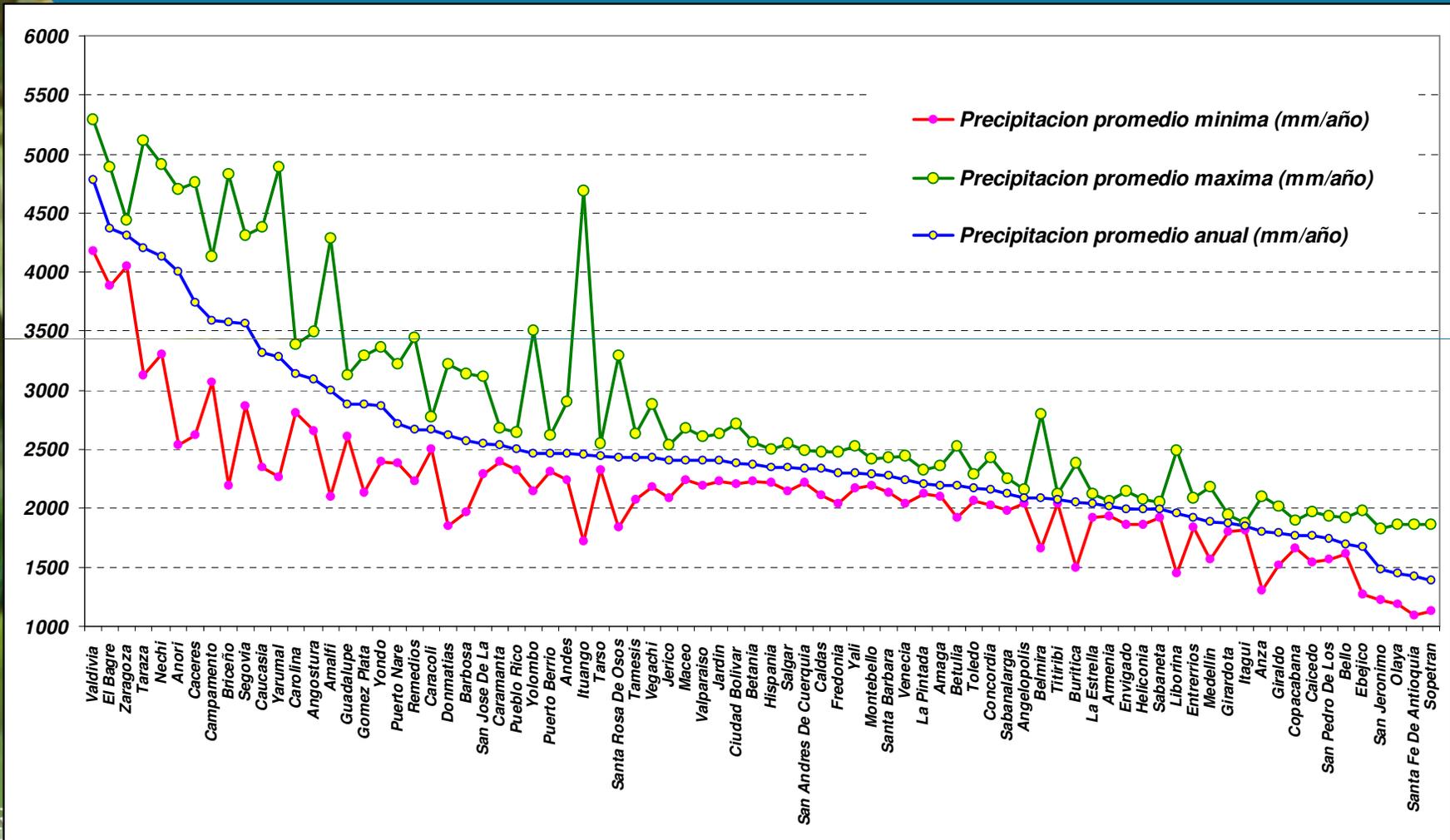
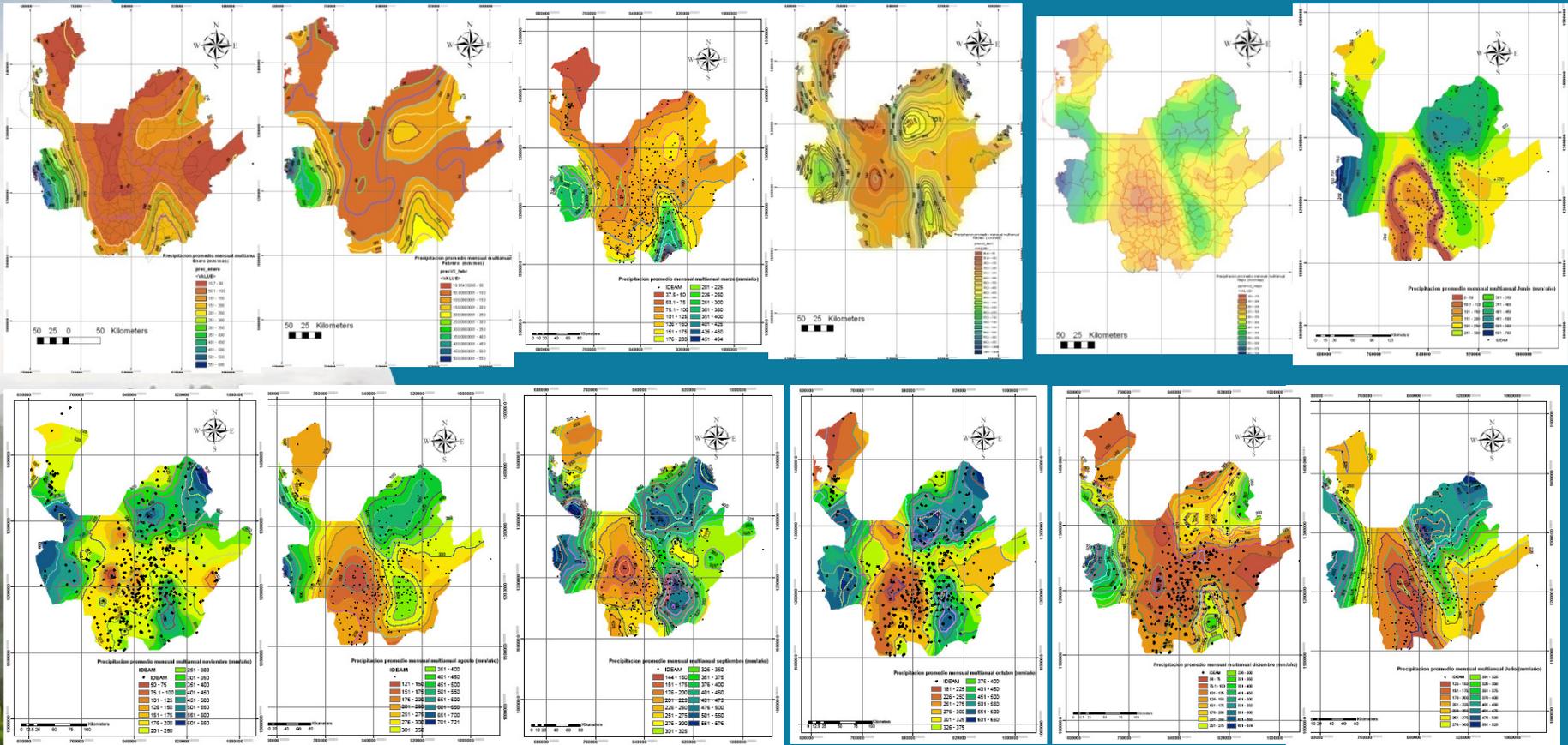


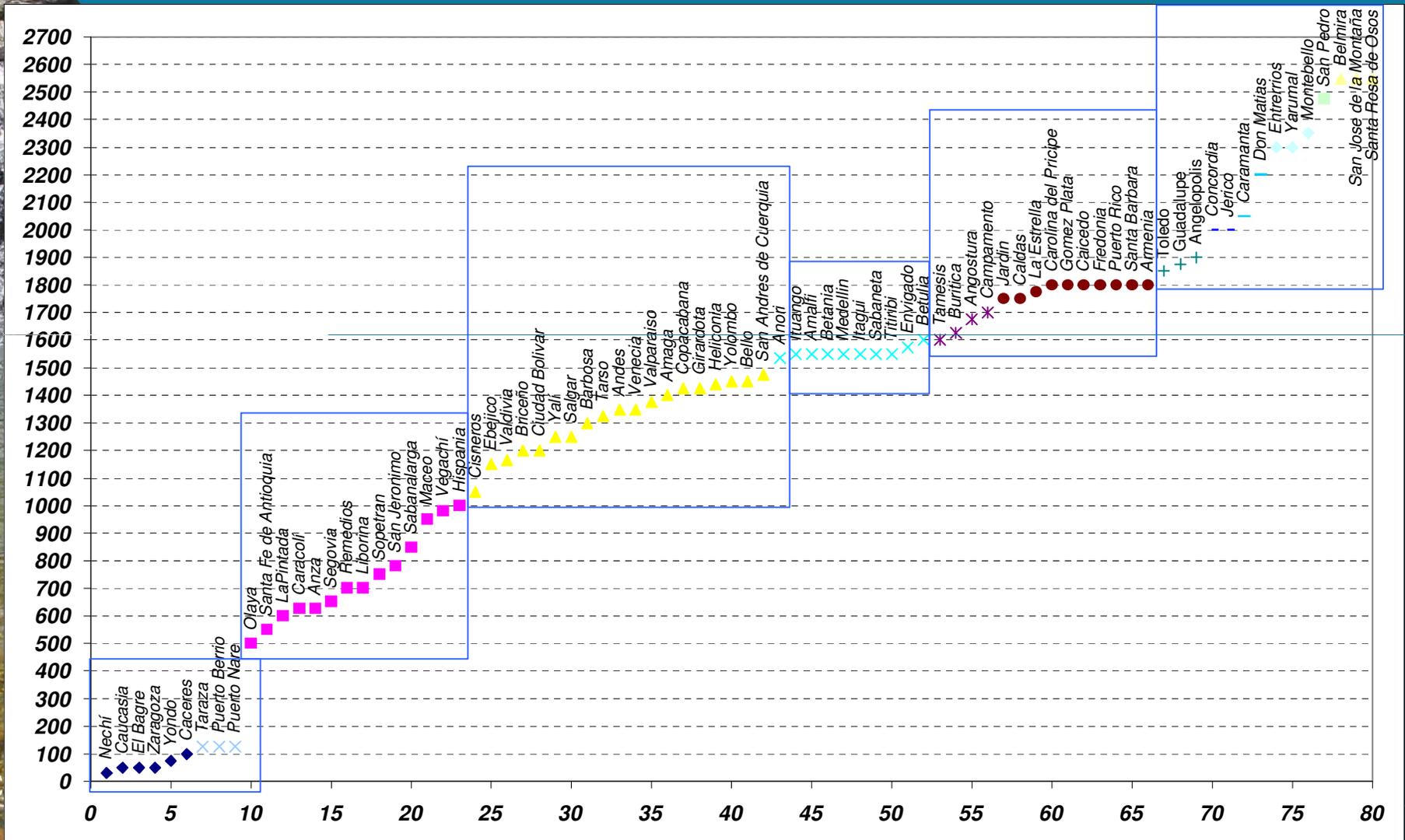
Figura 3.8. Precipitación promedio anual en los municipios de la jurisdicción de Corantioquia y la Variabilidad espacial intra e intermunicipal de los promedios.

Se requiere conocer el régimen de precipitación

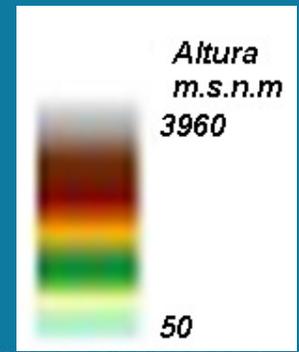
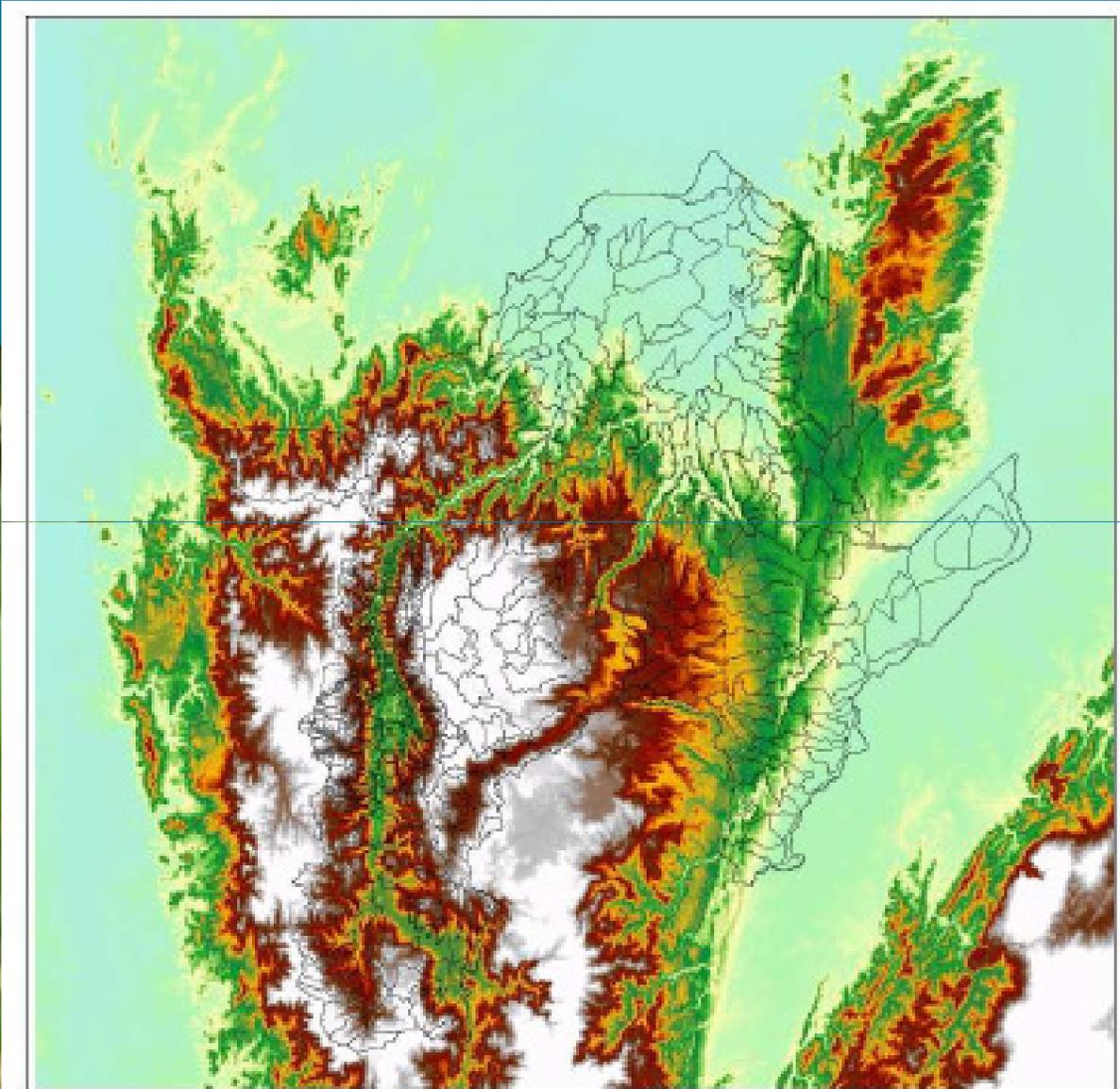


La distribución mensual de la precipitación.
Una variable clave

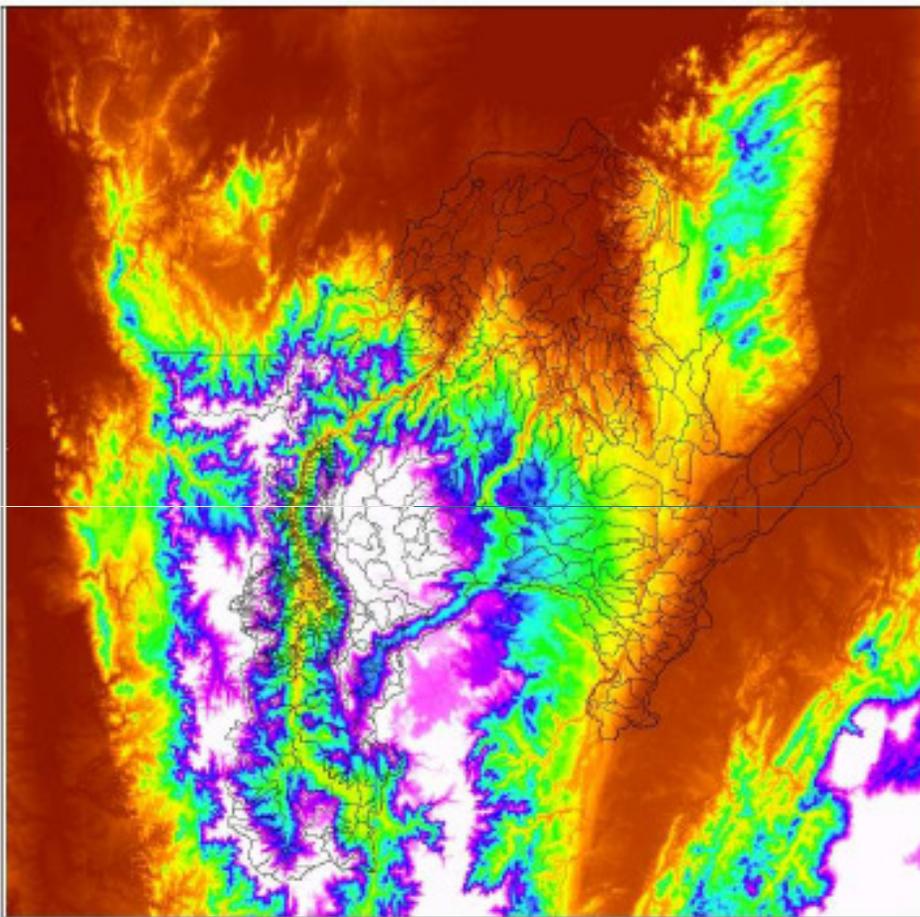
La Complejidad Topográfica de nuestro territorio



La Complejidad Topográfica y la variación de la Temperatura



La Complejidad Topográfica y la variación de la Temperatura



$$T (^{\circ}\text{C}) = 28.3079 - 0.0056517 * h$$

Donde:

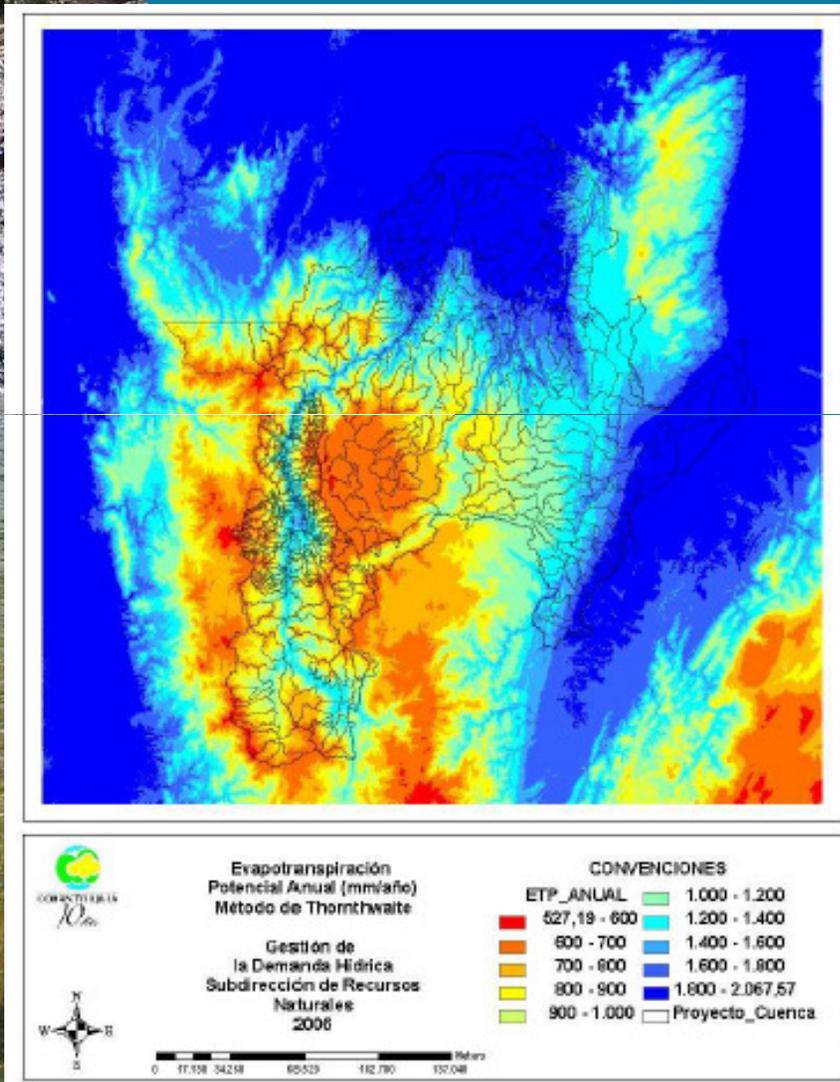
T: Temperatura promedio diaria anual en $^{\circ}\text{C}$

h: Altura sobre el nivel del mar

Se requiere conocer las variaciones de la temperatura en función de la altura



Evapotranspiración potencial



Procedimiento:

ETP mensual “sin corregir” ($ETP_{sin\ corr}$) para meses de 30 días y 12 horas de sol (teóricas)

- 1 Índice de calor mensual (i) a partir de la temperatura media mensual (t) en grados centígrados:

$$i = \left(\frac{t}{5} \right)^{1.514}$$

- 2 Índice de calor anual (I):

$$ETP_{sin\ corr.} = 16 \left(\frac{10t}{I} \right)^a$$

Donde:

$$a = 675 \cdot 10^{-9} \cdot \beta^3 - 771 \cdot 10^{-7} \cdot \beta^2 + 1792 \cdot 10^{-5} \cdot \beta + 0.49239$$

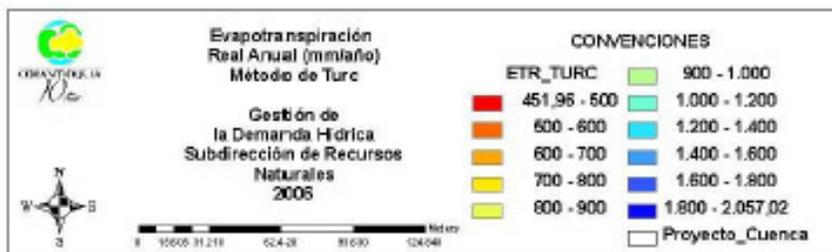
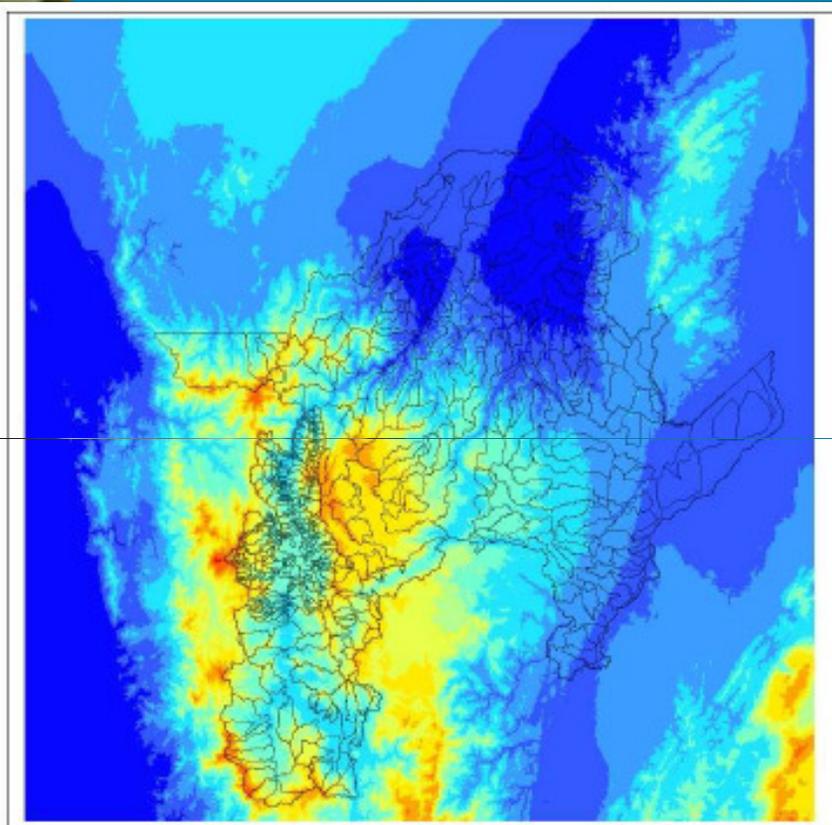
ETP corregida ($ETP_{corr.}$), para meses que no sean de 30 días y para días que tengan más o menos de doce horas de sol

$$ETP = ETP_{sin\ corr.} \cdot \frac{N}{12} \cdot \frac{d}{30}$$

N = Número máximo de horas de sol, dependiendo del mes y de la latitud.

d = Número de días del mes.

Evapotranspiración real (Turc)



$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{p^2}{L^2}}}$$

Donde:

ETR = Evapotranspiración Real en mm/año

P = Precipitación en mm/año

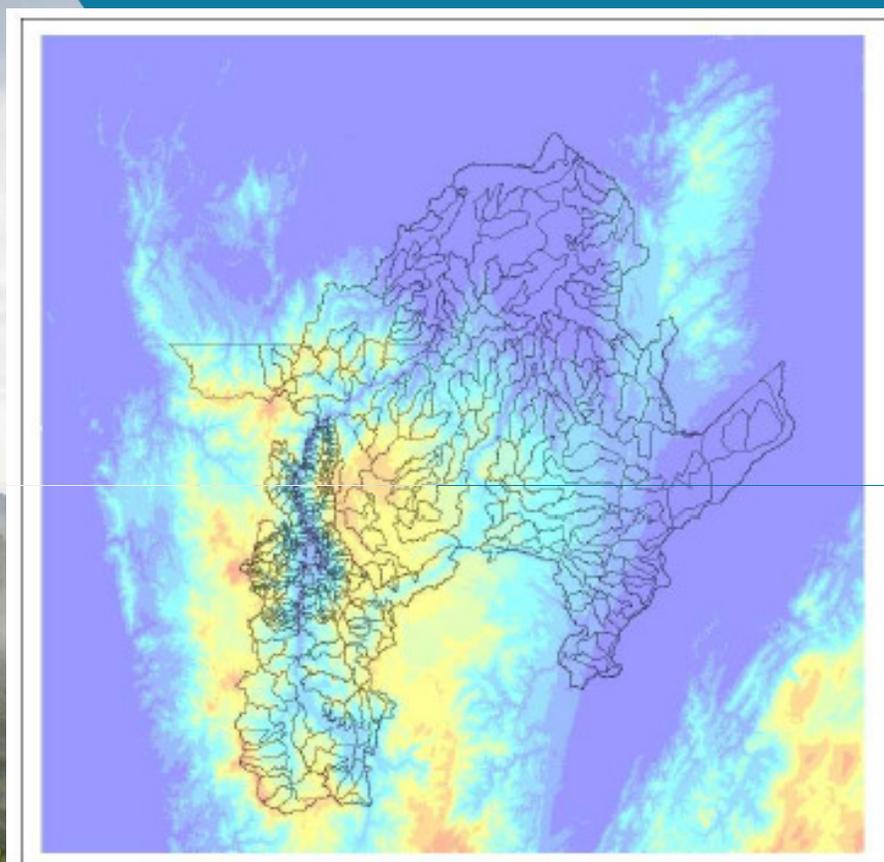
$$L = 300 + 25 t + 0.05 t^3$$

t = Temperatura media anual en °C

Las salidas: **Evapotranspiración**

Figura 10. Evapotranspiración Real Anual por el método de Turc. (mm/año)

Evapotranspiración real mm/día (Cenicafé)

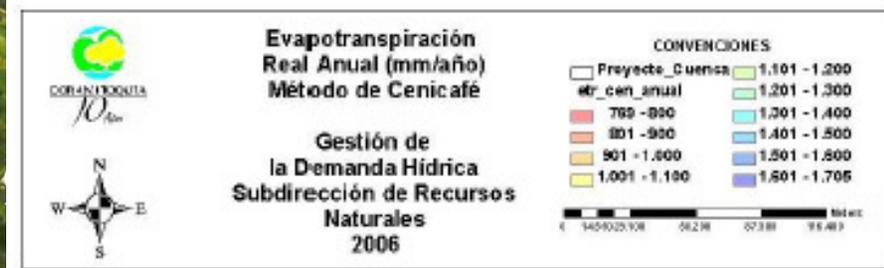


$$ETR = 4.658 e^{-0.0002h}$$

Donde:

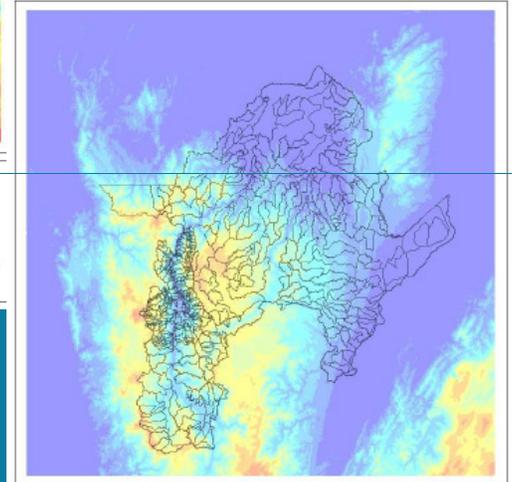
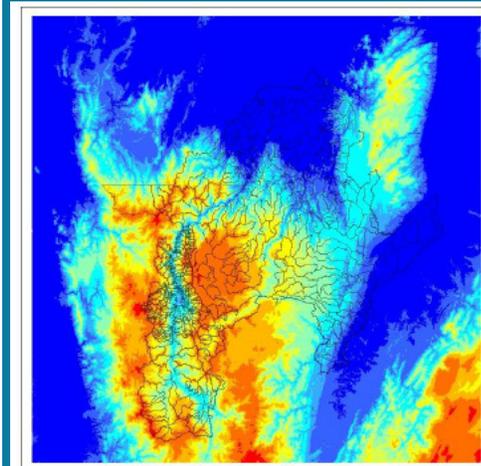
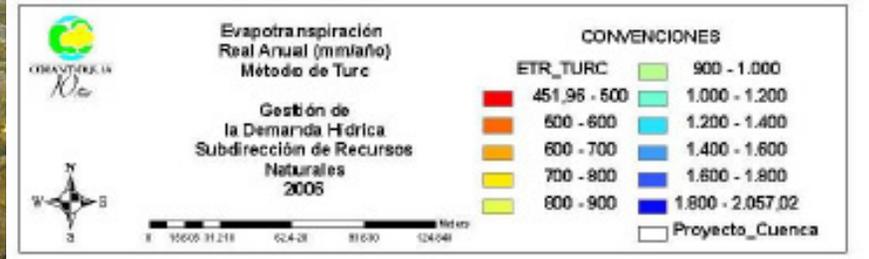
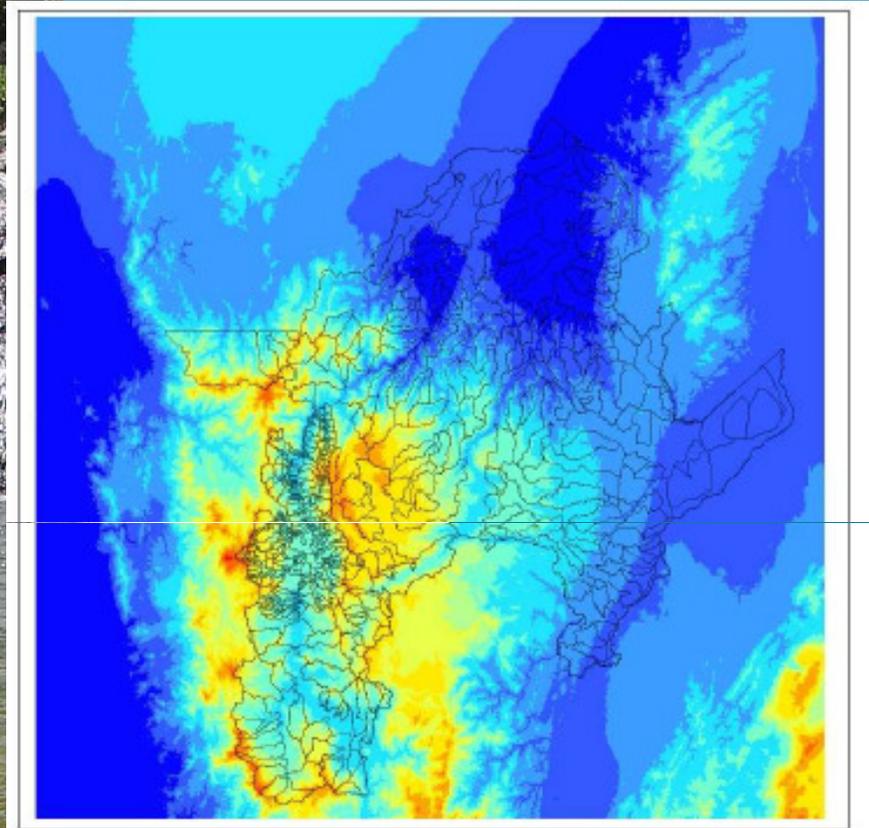
ETR : Evapotranspiración real en mm/día

h : Altura sobre el nivel del mar en metros



Fuente: Subsistema para la Administración de la Demanda. SRN. CORANTIOQUIA.

Conociendo la altura y la temperatura: se puede conocer la evapotranspiración



Evapotranspiración según diferentes métodos de análisis

Recopilación, almacenamiento y procesamiento de la información existente
(Cartográfica, Hidrometeorológica, otra)

Cartografía Digital Básica

Modelos Digitales Básicos

Definición Cuencas

¹DTM de
²PMMM

DTM de
³PPAM

DTM de
Elevación

⁴F_{min}

DTM de
Temperatura

Modelo Digital de
PPAM

Modelo Digital de
⁵ETR según
Cenicafe

Modelo Digital de
ETR' según Turc

Modelo Digital de
⁶ETP según
Thornthwaite

**Balance Hídrico
(PPAM-ETR)**

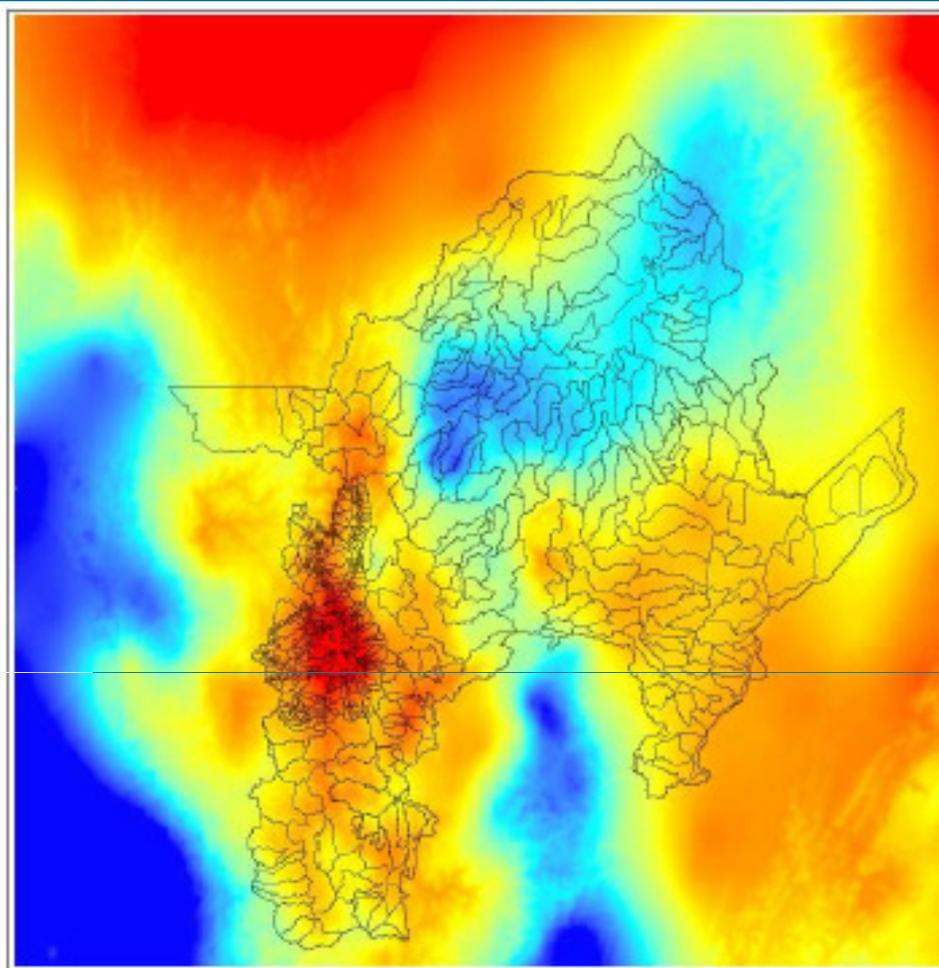
**Modelo Digital de Escorrentía
Promedio anual**



CORANTIOQUIA



CORANTIOQUIA

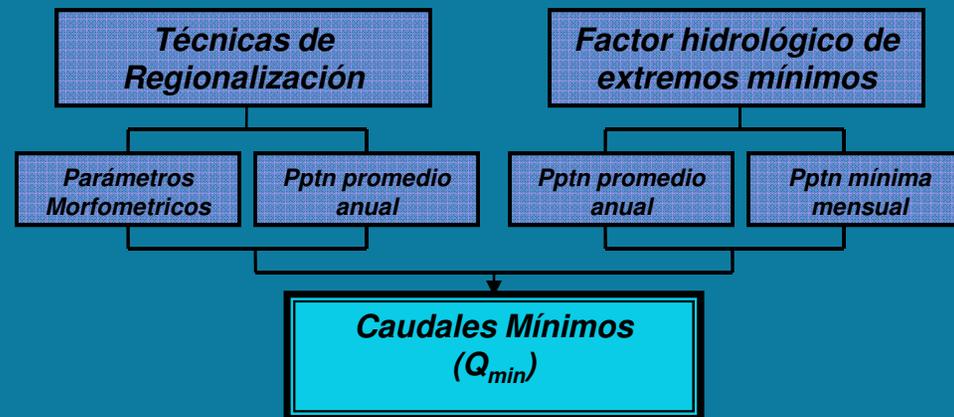


Y con todo esto:

*Podemos
calcular la
Escomentia a
nivel de Cuenca*

Duberdicus en el contexto de cálculo de los diferentes tipos de caudales

- Caudal Promedio anual: Ecuación del Balance Hídrico anual
- Caudales extremos: Mínimos y Máximos.



- Caudales ecológicos: Resolución 0865 de 2004 - IDEAM

Duberdicus en el contexto de cálculo de los diferentes tipos de caudales

Caudal máximo de reparto: Es el máximo caudal que se recomienda sea otorgado de la corriente principal de la cuenca.

Caudal remanente de reparto: Es el caudal remanente de agua que es viable otorgar en un tramo específico de la cuenca.

Caudal de reparto sustentable: El es caudal que puede ser otorgado, garantizando la sostenibilidad de la cuenca.



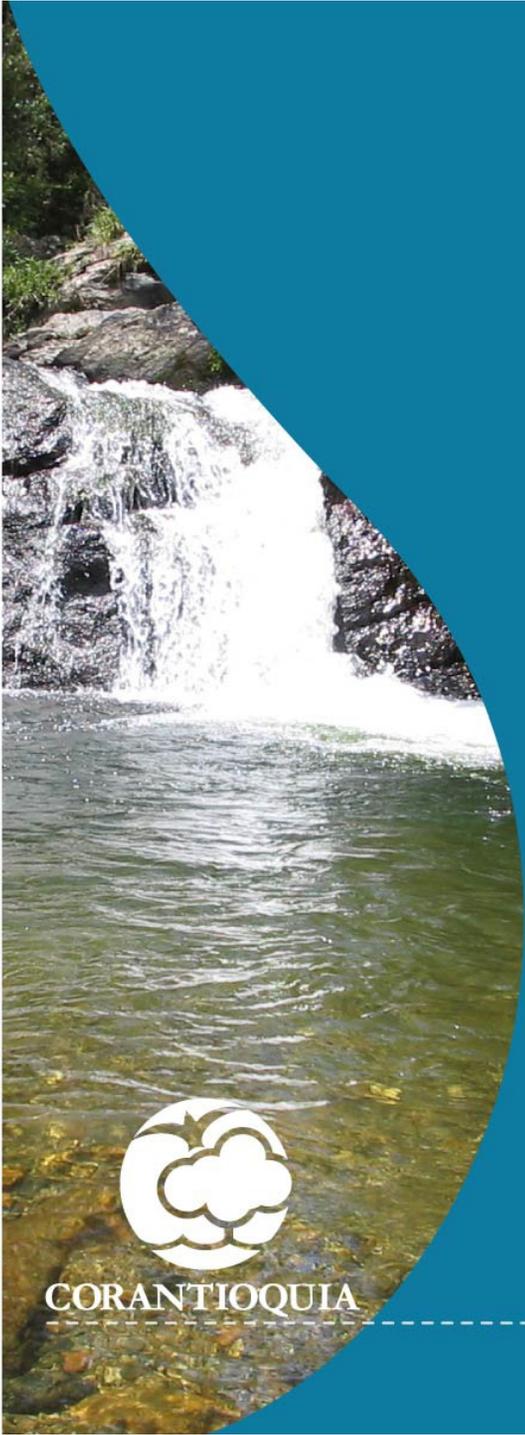
CORANTIOQUIA

Duberdicus como sistema de administración del recurso hídrico: productos y resultados

1. Metodologías de captura, almacenamiento y procesamiento de información **Hidrometeorológica**.
2. Metodologías de captura, almacenamiento, procesamiento de información y **Diseño de un Modelo de administración de la demanda hídrica en la jurisdicción**.
3. Modelos digitales de elevación, temperatura, precipitación, evapotranspiración y escorrentía.



CORANTIOQUIA

- 
4. Desarrollo de una cultura de la información y proponer estrategias de transferencia de información y maneras conjuntas de trabajo con las demás dependencias de la corporación
 5. Definición y desarrollo de modelos de estimación de caudales mínimos, caudales promedios, caudales ecológicos, caudales máximos de reparto y caudales de reparto sustentable para las corrientes principales de la jurisdicción.



CORANTIOQUIA

- 
6. Definición y desarrollo de índices que permitan conocer las relaciones existentes entre la oferta hídrica real y la demanda de agua para fuentes hídricas superficiales.
 7. Desarrollo de los elementos técnicos y económicos básicos para la toma de decisiones en relación con la implementación de la Tasa por Utilización del Agua.



CORANTIOQUIA

- 
8. Herramienta de apoyo en la construcción del Plan de Acción Trienal (PAT) y del Plan de Gestión Ambiental Regional (PGAR), en virtud de su potencial de identificación y priorización de problemáticas asociadas a la disponibilidad hídrica.
 8. Modelo de administración del recurso hídrico.



CORANTIOQUIA

Ahora,

veamos un ejemplo
de aplicación de
Duberdicus

Haga clic
aquí



CORANTIOQUIA

gracias



CORANTIOQUIA

www.corantioquia.gov.co

Cra 65 No 44^a 32
Teléfono: 57-4-4938888
Medellín Colombia