



# Ciencias del Agua

Curso Integral para Ingeniería en Ciencias Ambientales  
2026-01

Alba Lucina Martínez Haros

Grisel Alejandra Gutierrez Anguamea

# Presentación

La clase de Ciencias del Agua analiza el movimiento del agua a través de los diferentes sistemas terrestres, el almacenamiento y las transformaciones en la superficie de la Tierra, incluyendo características del paisaje, modificaciones humanas y el clima.

El curso se enfoca en las aguas superficiales, aguas subterráneas y calidad de agua.

Ciencias del Agua es una materia obligatoria, deberá cursarse durante el cuarto semestre de la carrera de Ingeniería en Ciencias Ambientales y formará al estudiante con conocimiento básico acerca de la hidrología superficial y subterránea.

Dicho conocimiento permitirá que los estudiantes determinen la importancia del agua en la sociedad, su rol en la historia del hombre, en la actualidad y también a futuro, tomando en consideración el incremento de la población global y la incertidumbre climática.

A su vez, el alumno recibirá las herramientas necesarias para promover la toma de decisiones de manejo de agua basada en el conocimiento científico y que tengan como objetivo la sustentabilidad del recurso hídrico.

La materia se desarrollará mediante presentaciones orales impartidas por el profesor, trabajos dirigidos individuales y en equipo, prácticas de laboratorio y prácticas de campo.

El curso se encuentra seriado con la materia obligatoria de Sistemas Terrestres, que deberá cursarse durante el primer semestre de la carrera de Ingeniería en Ciencias Ambientales.

## Evaluación

Actividad	Porcentaje
Tareas y participación	20%
Examen	30%
Laboratorios	50%

# Contenido

1. Conceptos básicos de hidrología
2. El ciclo hidrológico y el balance de agua
3. Precipitación
4. Infiltración
5. Suelo y humedad de suelo
6. Hidrología de agua subterránea
7. La energía solar y la hidrología
8. Evapotranspiración
9. Precipitación, escurrimiento y análisis hidrológico
10. Escurrimiento y análisis hidráulico
11. Análisis de Frecuencia
12. Agua subterránea
13. Calidad de Agua

## Laboratorios

- 1: Delineación de cuencas
- 2: Estudios climatológicos 1 (Precipitación y temperatura)
- 3: Estudios climatológicos 2 (Evapotranspiración)
- 4: Estudios climatológicos 3 (Interpolación de resultados)
- 5: Estudios climatológicos 4 (Análisis de frecuencia)
- 6: Determinación de escurrimiento (método racional)
- 7: Determinación de escurrimiento en HEC-HMS
- 8: Agua subterránea (Demanda de agua)
- 9: Agua subterránea (Análisis piezométrico)
- 10: Modelación hidrogeológica 1
- 11: Modelación hidrogeológica 2
- 12: Modelación hidrogeológica 3
- 13: Calidad del agua

# 1. Conceptos básicos de hidrología

Introducción fundamental a la ciencia que estudia el agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la tierra. Se abordan las propiedades físicas y químicas, así como su interacción con el medio ambiente y los seres vivos.



# 2. El ciclo hidrológico y el balance de agua

Análisis del sistema cerrado de circulación global. Se estudia la ecuación de continuidad aplicada a cuencas hidrográficas:

Entradas - Salidas = Cambio en Almacenamiento.



# 3. Precipitación

Estudio de las formas de precipitación (lluvia, nieve, granizo), mecanismos de formación atmosférica y redes de medición. Incluye el análisis de consistencia de datos y variabilidad espacial.



# 4. Infiltración

Proceso mediante el cual el agua penetra desde la superficie hacia el suelo. Se analizan factores como la textura del suelo, cobertura vegetal y compactación, utilizando modelos como el de Horton.



Ing. OMAR CUBAS ENCINAS Dr.

2020-II



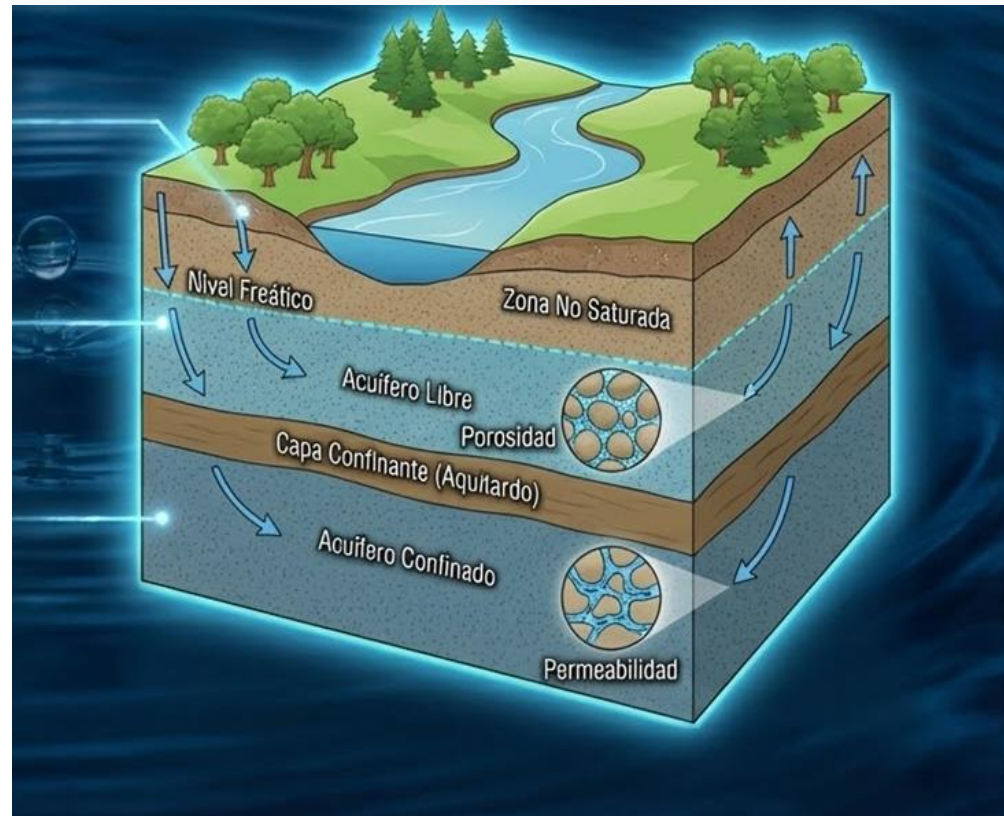
# 5. Suelo y humedad de suelo



Propiedades hidrológicas del suelo en la zona no saturada (vadosa). Conceptos clave como capacidad de campo, punto de marchitez permanente y agua disponible para las plantas.

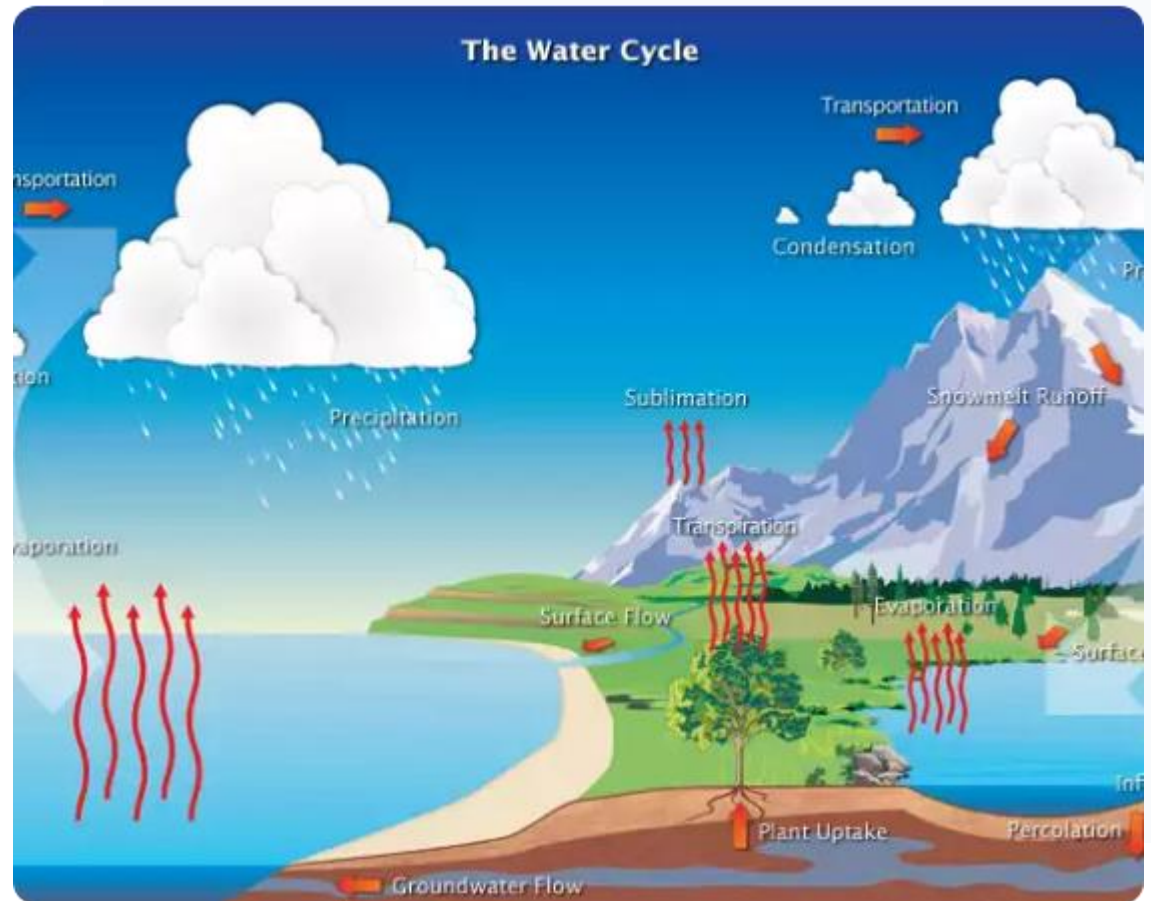
# 6. Hidrología de agua subterránea

Introducción a los acuíferos y su comportamiento. Definición de tipos de acuíferos (libres, confinados, semiconfinados) y parámetros hidráulicos fundamentales como porosidad y permeabilidad.



# 7. La energía solar y la hidrología

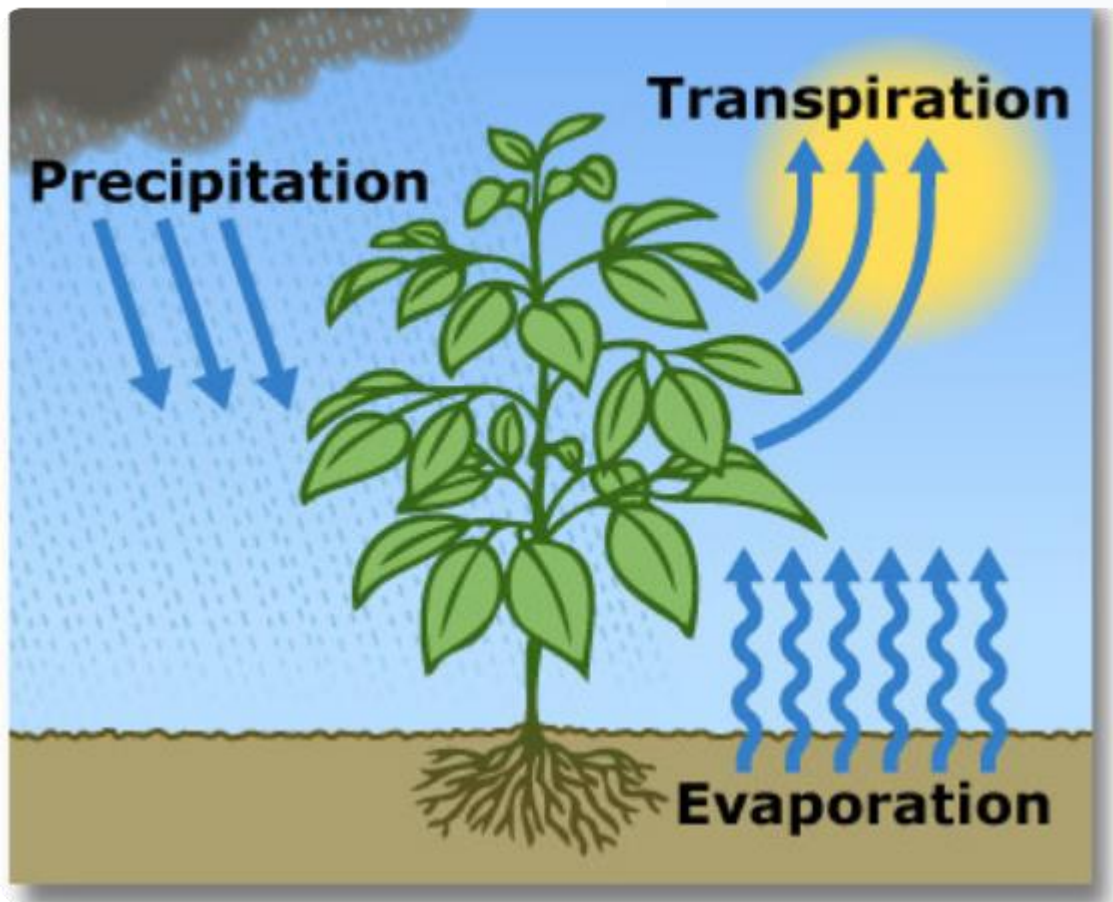
El sol como motor del ciclo hidrológico. Análisis de la radiación neta y balance de energía en la superficie terrestre, determinantes para las tasas de evaporación y derretimiento de nieve.



# 8. Evapotranspiración

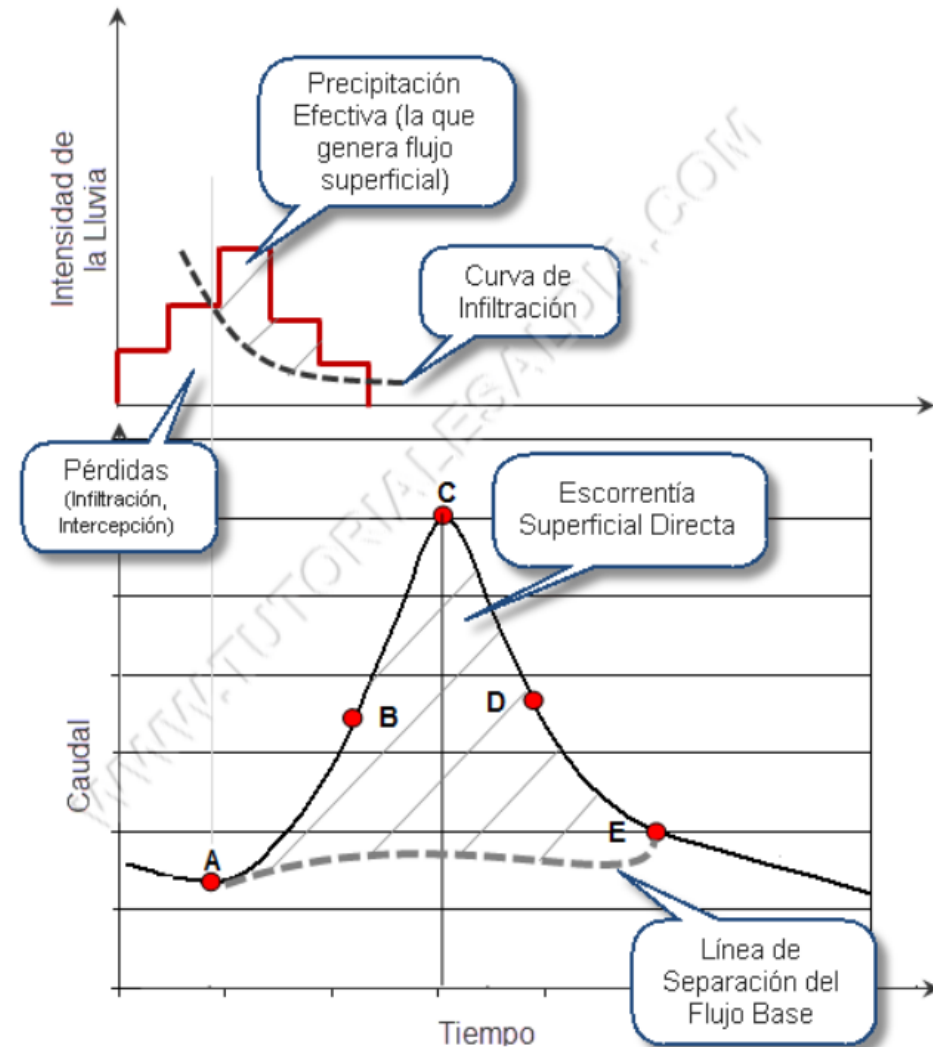
Proceso combinado de evaporación desde el suelo y transpiración desde las plantas.

Estimación mediante métodos indirectos (Penman-Monteith) y su importancia en el balance hídrico agrícola.

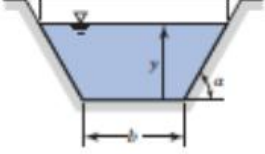
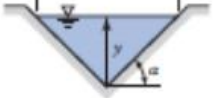
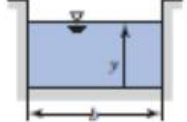
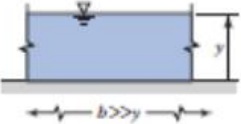
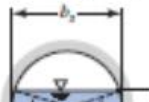


# 9. Precipitación, escorrentía y análisis hidrológico

Transformación de lluvia en caudal.  
Separación de hidrogramas (flujo base vs. flujo directo) y determinación de la precipitación efectiva que genera escorrentía superficial directa.



# 10. Escorrentía y análisis hidráulico

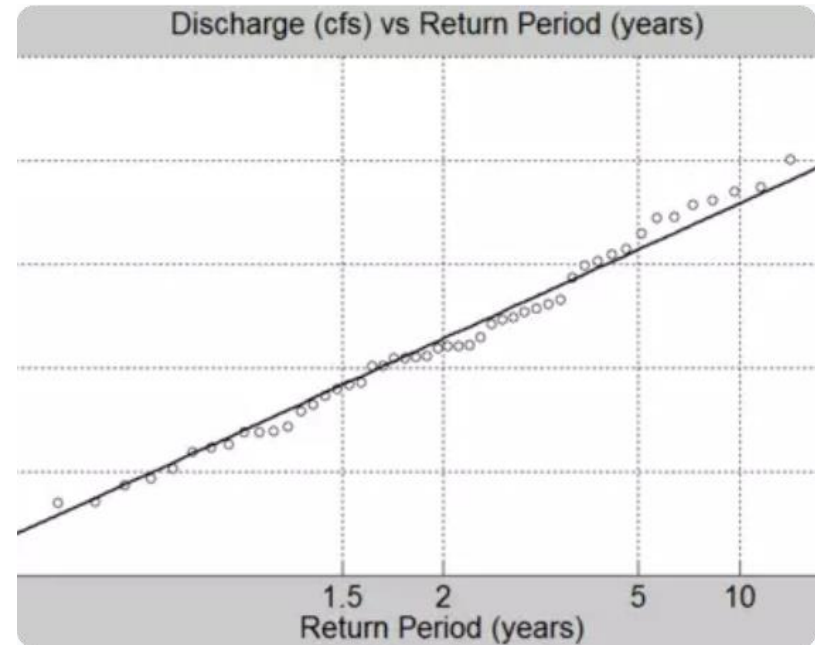
Trapezoidal		$y(b + y \cot \alpha)$	$b + \frac{2y}{\sin \alpha}$	$\frac{y(b + y \cot \alpha)}{b + \frac{2y}{\sin \alpha}}$
Triangular		$y^2 \cot \alpha$	$\frac{2y}{\sin \alpha}$	$\frac{y \cot \alpha}{2}$
Rectangular		$by$	$b + 2y$	$\frac{by}{b + 2y}$
Wide Flat		$by$	$b$	$y$
Circular		$D^2$	$\alpha D$	$D \left( \frac{\sin \alpha}{\alpha} \right)$

Comportamiento físico del agua en movimiento a través de cauces naturales y artificiales.

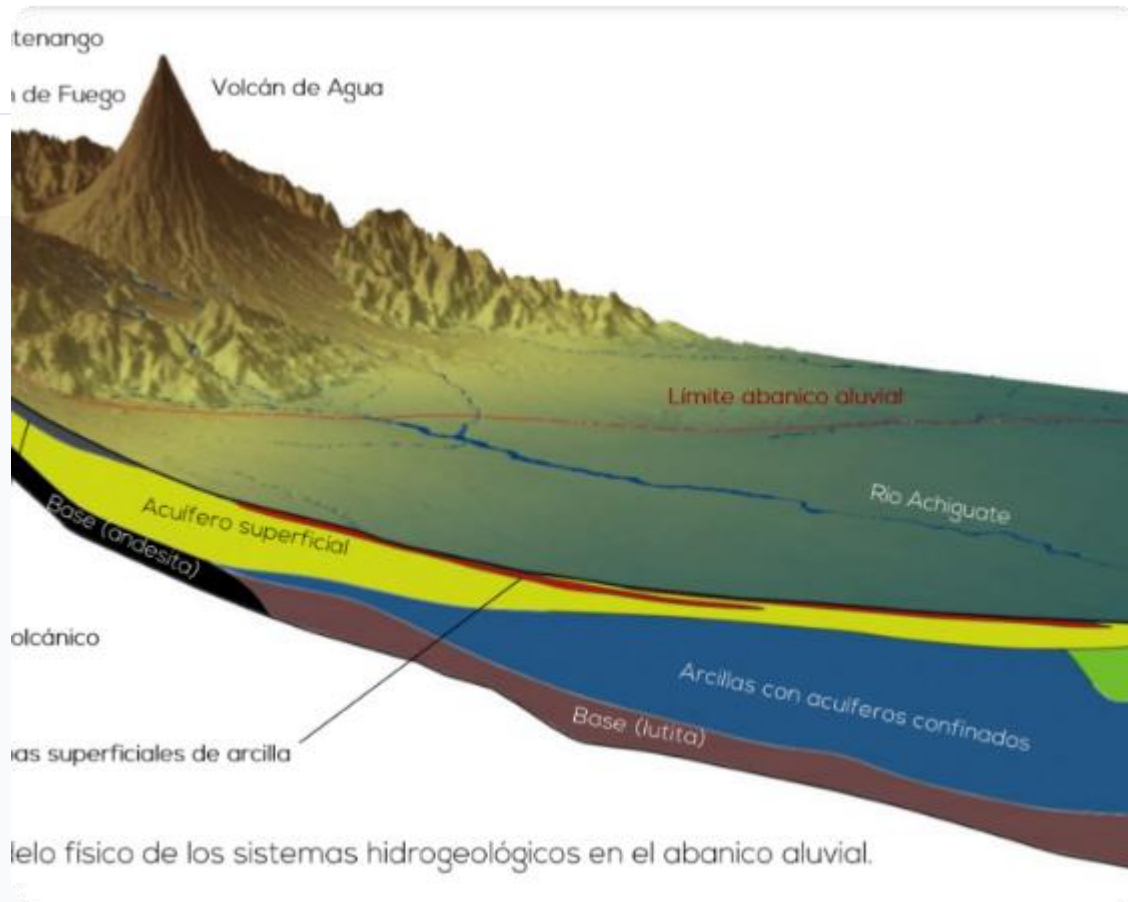
Aplicación de la ecuación de Manning para determinar velocidades y profundidades de flujo.

# 11. Análisis de Frecuencia

Aplicación de estadística probabilística a eventos hidrológicos extremos. Ajuste de datos a distribuciones (Gumbel, Log-Pearson III) para estimar caudales de diseño según periodos de retorno.



# 12. Agua subterránea



Hidráulica de pozos y flujo regional. Estudio de la Ley de Darcy en 3D, pruebas de bombeo para determinar transmisividad y coeficiente de almacenamiento en acuíferos.

# 13. Calidad de Agua

Caracterización de parámetros físicos, químicos y bacteriológicos. Normativas de calidad para consumo humano, riego y preservación de vida acuática. Procesos de transporte de contaminantes.





# Laboratorio 2: Estudios climatológicos 1

## Precipitación y temperatura

Análisis estadístico de registros históricos. Cálculo de medidas de tendencia central, dispersión y completado de datos faltantes en series de tiempo meteorológicas.



# Laboratorio 3: Estudios climatológicos 2

## Evapotranspiración

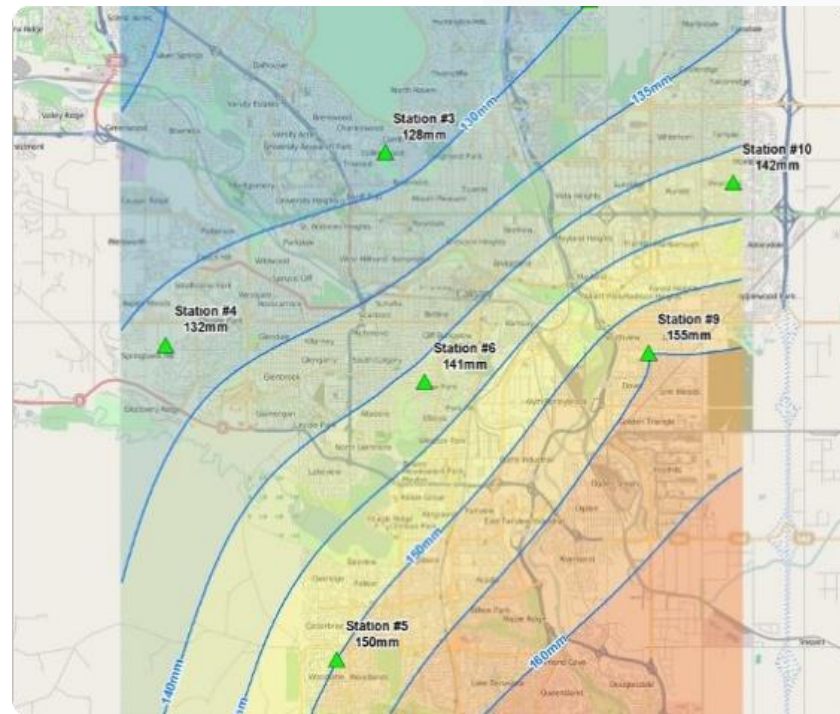
Estimación de la evapotranspiración potencial (ET<sub>p</sub>) utilizando datos empíricos y métodos teóricos como Thornthwaite o Blaney-Criddle.



# Laboratorio 4: Estudios climatológicos 3

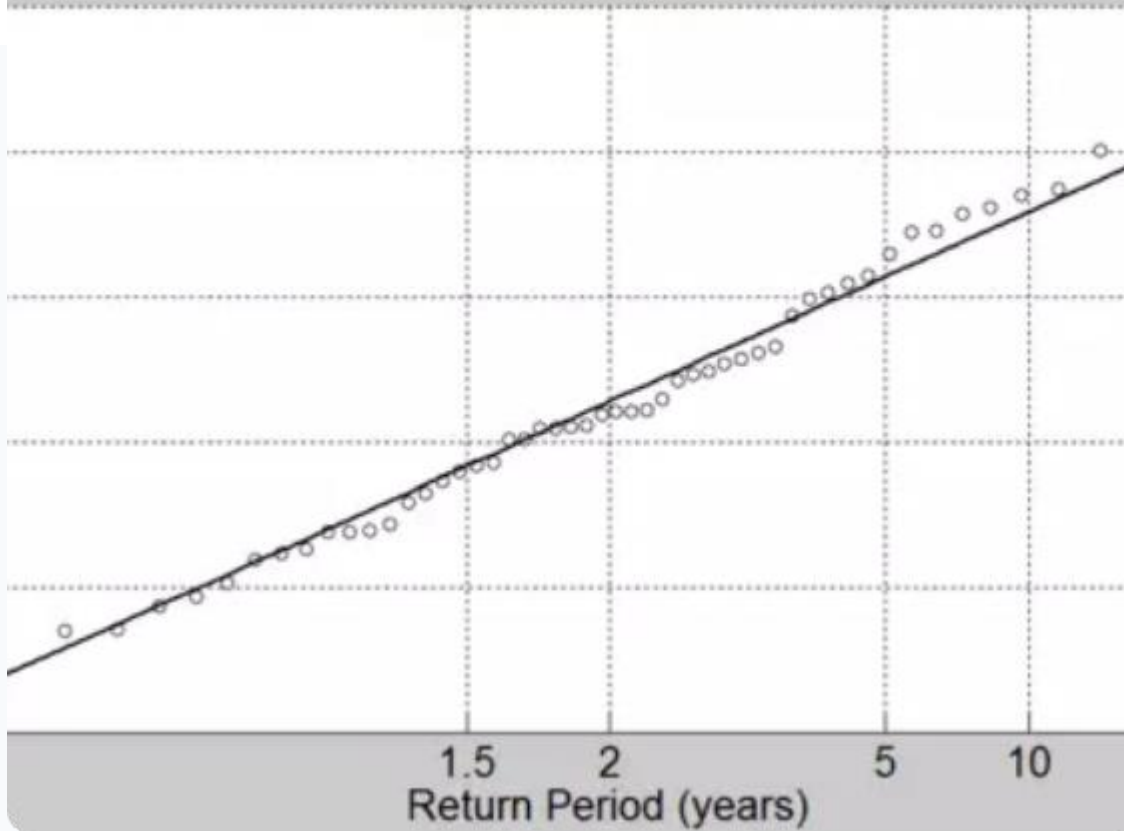
## Interpolación de resultados

Generación de mapas de isoyetas e isotermas. Aplicación de métodos de interpolación espacial (Polígonos de Thiessen, Inverso de la Distancia) para calcular la precipitación media de la cuenca.



# Laboratorio 5: Estudios climatológicos 4

Discharge (cfs) vs Return Period (years)



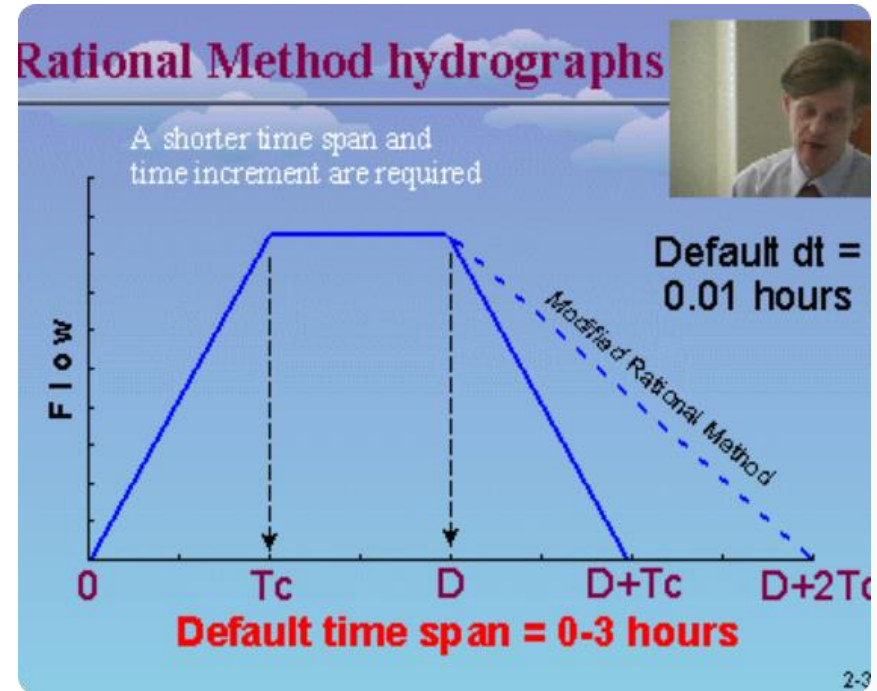
## Análisis de frecuencia

Construcción de curvas de Frecuencia-Intensidad-Duración (IDF). Determinación de tormentas de diseño para diferentes periodos de retorno aplicables a obras hidráulicas.

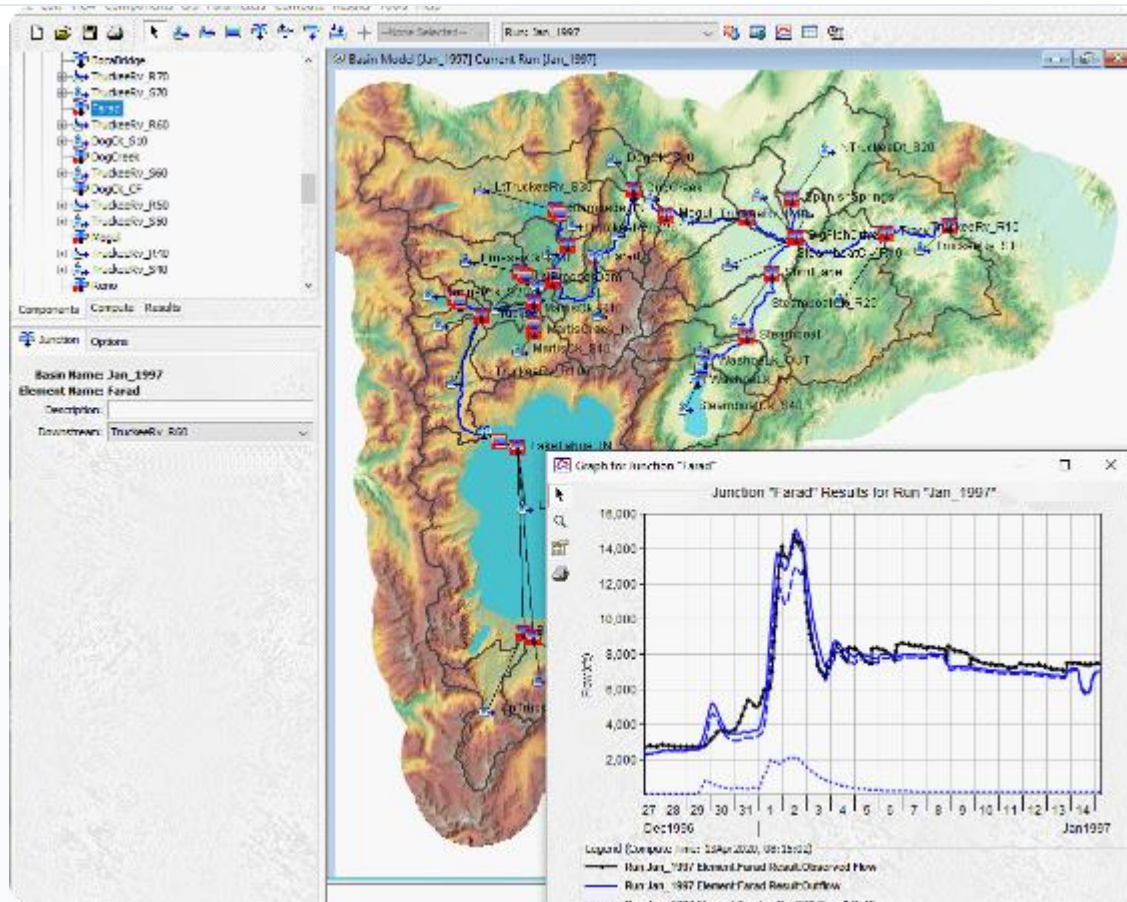
# Laboratorio 6: Determinación de escorrentía

## Método Racional

Cálculo del caudal pico ( $Q = CiA$ ) para cuencas pequeñas. Determinación del coeficiente de escorrentía ponderado 'C' y el tiempo de concentración de la cuenca.



# Laboratorio 7: Determinación de escorrentía en HEC-HMS



Introducción a la modelación hidrológica computacional. Configuración del modelo de cuenca, modelo meteorológico y especificaciones de control para simular la respuesta lluvia-escorrentía.

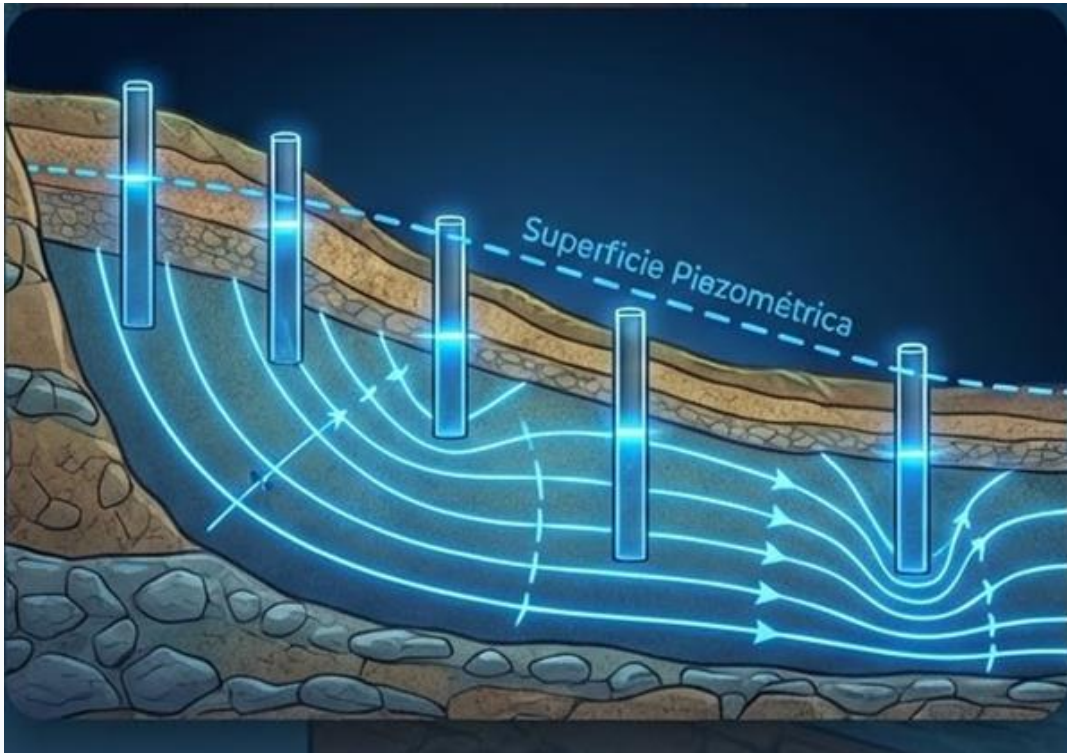
# Laboratorio 8: Agua subterránea (Demanda)

## Demanda de agua

Cálculo de dotaciones y requerimientos hídricos para consumo humano, industrial y agrícola. Balance oferta-demanda en un sistema acuífero bajo estrés.



# Laboratorio 9: Agua subterránea (Piezometría)



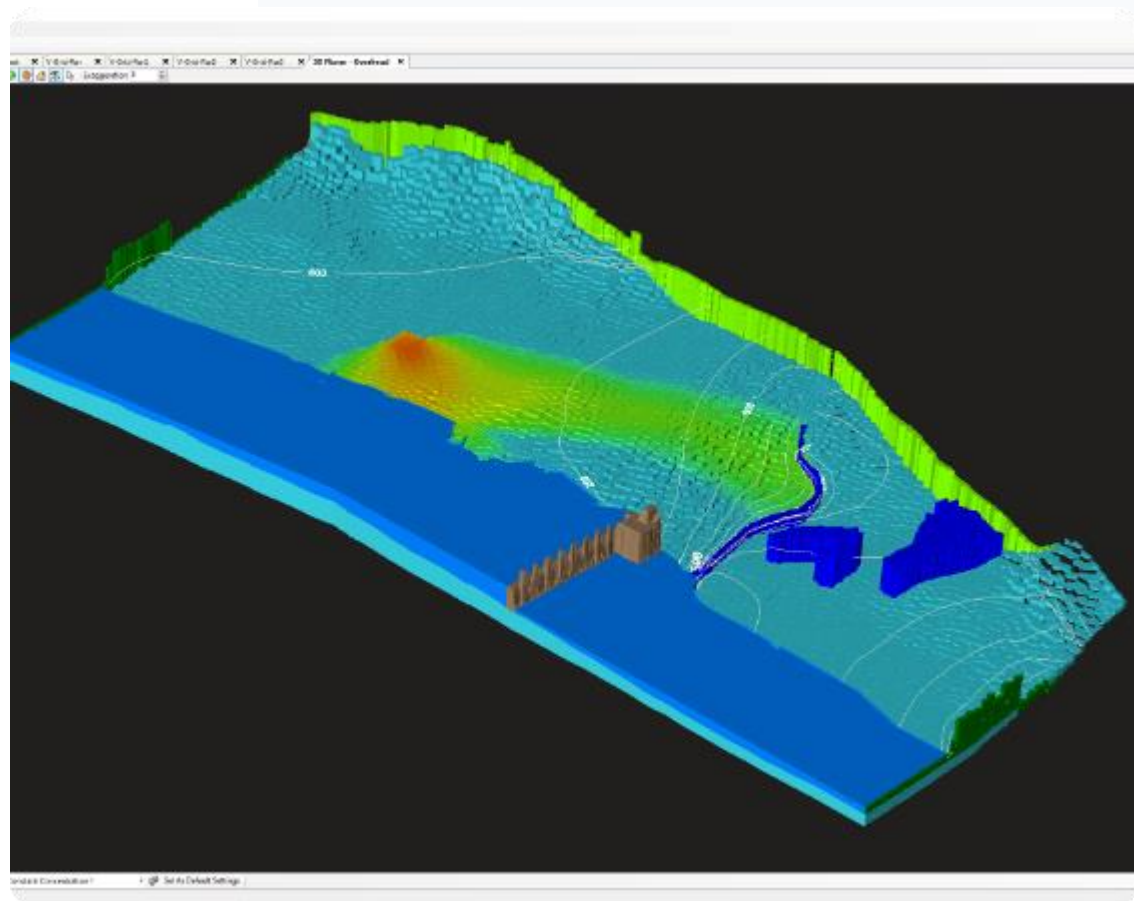
## **Análisis piezométrico**

Interpretación de niveles estáticos de pozos.

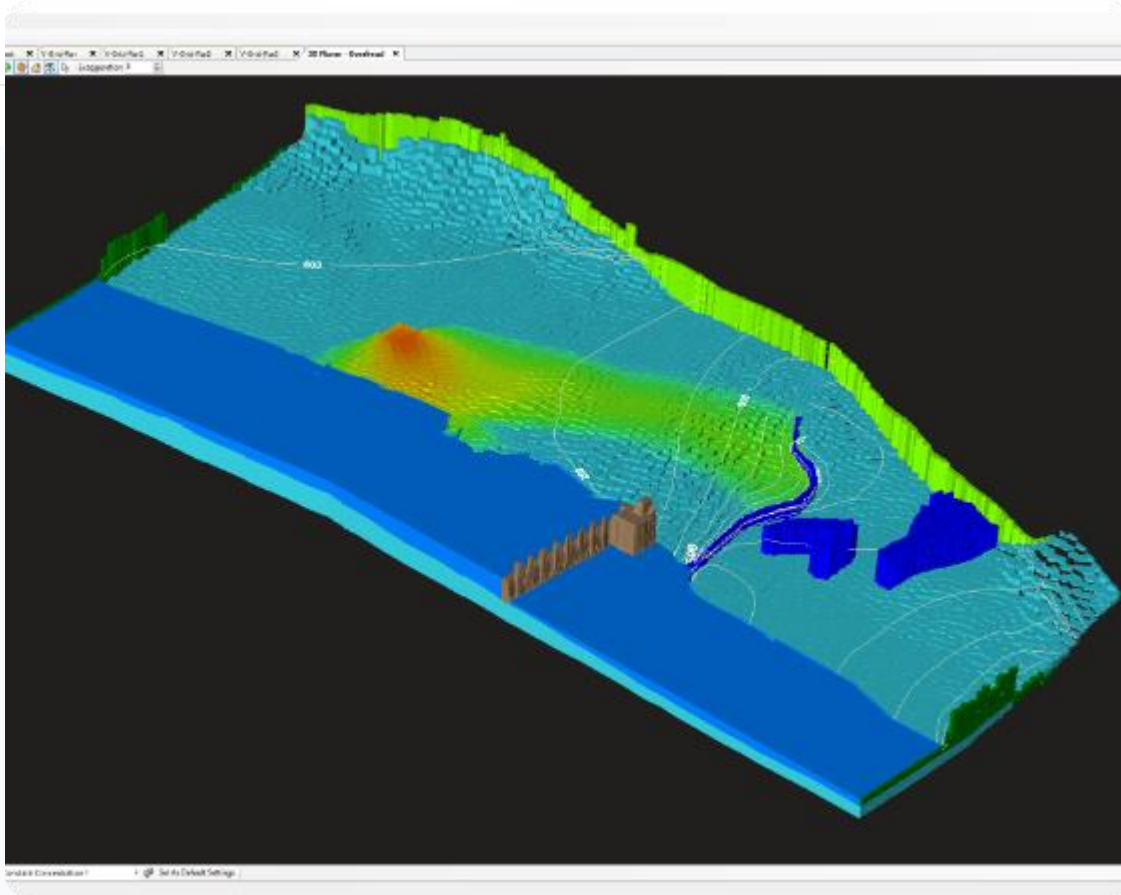
Construcción de mapas de equipotenciales para determinar la dirección del flujo subterráneo y gradientes hidráulicos.

# Laboratorio 10: Modelación hidrogeológica 1

Introducción al software de modelación numérica. Definición de la geometría del acuífero, discretización de la malla y asignación de condiciones de frontera.



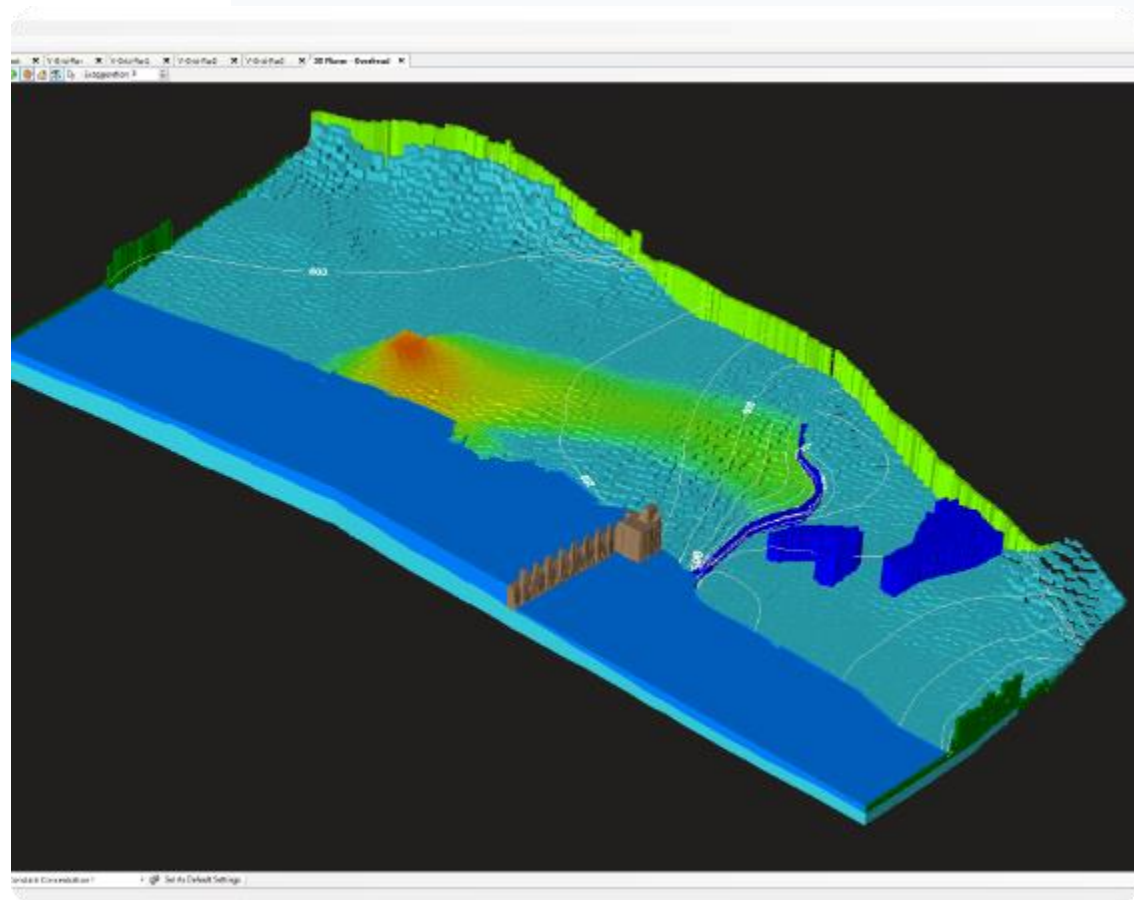
# Laboratorio 11: Modelación hidrogeológica 2



Proceso de calibración del modelo en estado estacionario. Ajuste de parámetros hidráulicos (conductividad) para igualar los niveles observados con los simulados.

# Laboratorio 12: Modelación hidrogeológica 3

Simulación en régimen transitorio y escenarios predictivos. Análisis del impacto de bombeo intensivo o cambio climático en los niveles del acuífero a futuro.



# Laboratorio 13: Calidad del agua

Práctica de campo y laboratorio para muestreo y análisis de parámetros indicadores.

Interpretación de resultados en base a normas oficiales para determinar índices de calidad del agua.





# Preguntas y Respuestas

Discusión final sobre el curso de Ciencias del Agua.

# Bibliografía

---



<https://www.fundacionaquae.org/wp-content/uploads/2021/02/escorrentia-1024x684.jpg>

Source: [www.fundacionaquae.org](http://www.fundacionaquae.org)

---



<https://water.usgs.gov/gotita/graphics/watercycleportrait.jpg>

Source: [water.usgs.gov](http://water.usgs.gov)

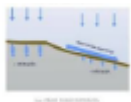
---



<https://thumbs.dreamstime.com/b/una-moderna-estaci%C3%B3n-meteorol%C3%B3gica-instalada-en-un-campo-de-control-las-condiciones-clim%C3%A1ticas-para-agricultura-inteligente-con-380963440.jpg>

Source: [es.dreamstime.com](http://es.dreamstime.com)

---



<https://image.slidesharecdn.com/infiltracion-241113020130-6228f0ce/75/Infiltracion-del-agua-en-el-suelos-con-pendiente-pptx-1-2048.jpg>

Source: [es.slideshare.net](http://es.slideshare.net)

---



[https://eu-](https://eu-images.contentstack.com/v3/assets/bltdd43779342bd9107/blt6b5b1f2876a08f4e/6409095ce5335a38e1139427/O313W2-3443-1800x1012.jpg?disable=upscale&width=1200&height=630&fit=crop)

[images.contentstack.com/v3/assets/bltdd43779342bd9107/blt6b5b1f2876a08f4e/6409095ce5335a38e1139427/O313W2-3443-1800x1012.jpg?disable=upscale&width=1200&height=630&fit=crop](https://eu-images.contentstack.com/v3/assets/bltdd43779342bd9107/blt6b5b1f2876a08f4e/6409095ce5335a38e1139427/O313W2-3443-1800x1012.jpg?disable=upscale&width=1200&height=630&fit=crop)

Source: [www.farmprogress.com](http://www.farmprogress.com)

---



[https://cdn.serc.carleton.edu/images/eslabs/weather/hydrological\\_cycle\\_simple\\_noaa.webp](https://cdn.serc.carleton.edu/images/eslabs/weather/hydrological_cycle_simple_noaa.webp)

Source: [serc.carleton.edu](http://serc.carleton.edu)

# Bibliografía

---



<https://d9-wret.s3.us-west-2.amazonaws.com/assets/palladium/production/s3fs-public/thumbnails/image/wss-cycle-evapotranspiration-diagram.jpg>

Source: [www.usgs.gov](http://www.usgs.gov)

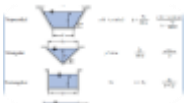
---



[https://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/wp-content/uploads/2011/10/01\\_Componentes-Hidrograma.png](https://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/wp-content/uploads/2011/10/01_Componentes-Hidrograma.png)

Source: [ingenieriacivil.tutorialesaldia.com](http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com)

---



<https://www.aboutcivil.org/sites/default/files/2017-10/open-channel-shapes.png>

Source: [www.aboutcivil.org](http://www.aboutcivil.org)

---



[https://cdn.serc.carleton.edu/images/hydromodules/steps/flood\\_frequency\\_curve\\_screenshot\\_744.webp](https://cdn.serc.carleton.edu/images/hydromodules/steps/flood_frequency_curve_screenshot_744.webp)

Source: [serc.carleton.edu](http://serc.carleton.edu)

---



<https://icc.org.gt/wp-content/uploads/2021/06/Modelo-fisico-1.png>

Source: [icc.org.gt](http://icc.org.gt)

---



<https://www.ppsthane.com/wp-content/uploads/2019/05/qtq80-4qC4bd-1024x683.jpeg>

Source: [www.ppsthane.com](http://www.ppsthane.com)

# Bibliografía

---



<https://drophidraulicaaplicada.com/wp-content/uploads/2025/10/sistsubc.jpg?w=653>

Source: [drophidraulicaaplicada.com](https://drophidraulicaaplicada.com)

---



[http://images.squarespace-cdn.com/content/v1/5a99c30eb10598e802df3b13/1660148507759-U5FPIFHOKOLSS8LIHOK8/greely-co-evap-station\\_general.jpg](http://images.squarespace-cdn.com/content/v1/5a99c30eb10598e802df3b13/1660148507759-U5FPIFHOKOLSS8LIHOK8/greely-co-evap-station_general.jpg)

Source: [www.awmeasurements.com](http://www.awmeasurements.com)

---



[https://support.flowworks.com/hc/article\\_attachments/115000009146/Isohyetal-Rainfall-Map.jpg](https://support.flowworks.com/hc/article_attachments/115000009146/Isohyetal-Rainfall-Map.jpg)

Source: [support.flowworks.com](https://support.flowworks.com)

---



<https://www.hydrocad.net/slides/slides3/2-hydrology/Images/sld033.gif>

Source: [www.hydrocad.net](https://www.hydrocad.net)

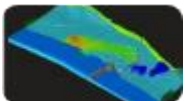
---



[https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/images/hec-hms\\_main1.png](https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/images/hec-hms_main1.png)

Source: [www.hec.usace.army.mil](https://www.hec.usace.army.mil)

---



<https://www.waterloohydrogeologic.com/wp-content/uploads/2023/03/MODFLOW-6-1.png>

Source: [www.waterloohydrogeologic.com](https://www.waterloohydrogeologic.com)

# Bibliografía

---



[http://www.hidrolab.com/wp-content/uploads/2022/08/shutterstock\\_2023027406.jpg](http://www.hidrolab.com/wp-content/uploads/2022/08/shutterstock_2023027406.jpg)

Source: [www.hidrolab.com](http://www.hidrolab.com)