



MANUAL LABORATORIO HIDROLOGIA Y METEOROLOGIA

UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA
LABORATORIO HIDROLOGIA Y METEOROLOGIA
LABORATORIO INTENSIVO



Guatemala, segundo semestre 2024

PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES

DÍA	HORARIO	ACTIVIDAD
Lunes	08:00-10:30	Practica 1: Construye una estación meteorológica
	10:30-12:00	Practica 2: Análisis de Homogeneidad de series de precipitación
Martes	08:00-12:00	Practica 3: Procesamiento de información hidrológica y meteorológica.
Miércoles	8:00–12:00	Practica 4: Aforos.
Jueves	08:00-12:00	Practica 5: Morfometría de una cuenca hidrográfica.
Viernes	8:00-12:00	Examen Final

Materiales necesarios y proporcionados por los estudiantes para las prácticas de hidrología y meteorología:

No. Practica	Equipo y materiales
Practica 1.	Alcohol al 70%
	Un frasco cilíndrico transparente o una botella (las botellas delgadas funcionan mejor)
	1 sorbete para beber
	Plastilina (masilla)
	Colorante para Alimentos o anilina
	Hielo
	Una etiqueta de cartón o una carpeta de papel manila
	Un alfiler
	Tijeras y/o navaja de papel
	Goma
	Un lápiz que tenga el borrador nuevo
	Un sorbete para beber de plástico
	Plastilina
	Un plato de papel o de un material que sirva de base
	Brújula y/o aplicación de teléfono inteligente.
	4 vasos pequeños de papel, uno de diferente color o señalizado
	4 sorbetes plásticas para beber
	Cinta adhesiva
	Tijeras y/o navaja de papel
	Alfileres
	Un lápiz con borrador nuevo
	Engrapadora
	Regla
	Un envase de PET de 3 litros.
	Piedras pequeñas
	Tijeras y/o navaja de papel
Marcador permanente de punta fina	
Cinta adhesiva transparente	
un frasco de vidrio con boca ancha.	

No. Practica	Equipo y materiales
	un globo una liga o hule Tijeras y/o navaja de papel un sorbete para beber tiras de cartulina pegamento fuerte regla y lapicero o lápiz caja de cartón del tamaño de una caja de zapatos
Practica 2	Calculadora Hojas tamaño carta cuadriculadas
Practica 3	Laptop
Practica 4	4 estacas gruesas de 70 cm 1 rollo de pita. 2 lazos. Navaja o tijera Cronometro GPS o aplicación para celular Calculadora científica Pelota de plástico
Practica 5	Lápiz 4 Hojas de acetato tamaño carta 1 marcador negro 1 marcador rojo 1 marcador azul 1 rollo de hilo 3 hojas semilogaritmicas

INSTRUCCIONES PARA REALIZAR LAS PRÁCTICAS

Para la realización adecuada de las prácticas deberán atenderse las siguientes indicaciones:

1. Presentarse puntualmente a la hora del inicio del laboratorio y permanecer durante la duración de este.
2. Realizar las actividades y hojas de trabajo planteadas durante la práctica.
3. Participación y cuidado de cada uno de los integrantes del grupo en todo momento de la práctica.
4. Conocer la teoría, (leer el manual antes de presentarse a cada práctica).
5. **No se permite el uso de teléfono celular dentro del laboratorio**, Si tiene llamadas laborales deberá atender las mismas únicamente en el horario de receso.
6. Si sale del salón de clases sin la autorización del docente perderá el valor de la práctica.
7. No puede atender visitas durante la realización de la práctica.
8. El horario de receso es únicamente de 15 minutos.
9. **Respeto dentro del laboratorio hacia los catedráticos o compañeros (as).**

La falta a cualquiera de los incisos anteriores será motivo de una inasistencia.

Considere que se prohíbe terminantemente comer, beber y fumar. Éstos también serán motivos para ser retirado de la práctica.

Recuerde que para tener derecho al punteo y aprobar el curso deberá presentarse a las prácticas y realizar las evaluaciones en línea, las cuales estarán habilitadas del **28 de octubre 2024 a las 8:00 al 1 de noviembre 2024 a las 18:00.**

PRÁCTICA No. 1: CONSTRUYE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

1. Objetivos:

- 1.1 Describir el tiempo y relacionar como el tiempo afecta sus vidas diarias;
- 1.2 Observar y registrar información relacionada con el tiempo;
- 1.3 Construir instrumentos para medir la dirección y velocidad de viento, temperatura, precipitación, y presión atmosférica;
- 1.4 Explicar y demostrar cómo cada instrumento es utilizado para medir el tiempo.

2. Marco Teórico:

Tiempo meteorológico

Conocido también como tiempo atmosférico, viene a ser el estado de la atmósfera en un instante determinado. El tiempo va a determinar los cambios y variaciones de la atmósfera para un lugar y momento preciso. Se define por las condiciones de temperatura y precipitación en un momento específico. Se puede pensar en el tiempo atmosférico como “la ropa que se pone para las condiciones actuales.” El tiempo atmosférico está definido por las condiciones actuales y se puede usar la ropa de acuerdo a las condiciones actuales. Por ejemplo, si llueve voy a llevar un paraguas. El tiempo atmosférico tiene un sentido más a corto plazo (Chisolm, 2015).

Meteorología

Es la ciencia que estudia las propiedades y estructura de la atmósfera; así como los procesos y fenómenos que ocurren dentro de ella. La finalidad de ésta ciencia es tratar el tiempo presente, estudiar la mutabilidad de los fenómenos del tiempo e independizar al hombre de las inclemencias del tiempo (Figueroa, 2011).

Clima

El clima es el estado promedio de la atmósfera en lapsos de tiempo muy grandes y es modulado por un conjunto de fenómenos que caracterizan el estado medio atmosférico de un lugar (Orellana, s.f.).

Climatología

Es la ciencia que busca describir y explicar la naturaleza del clima, su variabilidad de un lugar a otro y la forma como se relaciona distintas actividades humanas (Figueroa, 2011). La climatología consiste en el estudio del clima, sus variaciones y extremos y su influencia en varias actividades, sobre todo (aunque no exclusivamente) en los ámbitos

(Acuña Valverde & Robles Sánchez, 2015)

La temperatura

La temperatura es la condición que determina la dirección del flujo resultante de calor entre dos cuerpos, se dice que el cuerpo que libera calor al otro está a una temperatura más elevada.

La temperatura se mide con un termómetro que generalmente está hecho con un tubo de vidrio que contiene alcohol teñido. Conforme el aire se calienta, el nivel del líquido sube, y conforme el aire se enfría, el nivel baja. La temperatura del aire siempre está cambiando. La temperatura del aire es una parte muy importante de la medición del tiempo.

Dirección de viento

La dirección del viento se indica en grados, a partir del norte verdadero en sentido horario. Se toma como dirección del viento, la dirección desde la cual proviene.

Puntos cardinales	Azimut
N (Norte)	0°
E (Este)	90°
S (Sur)	180°
W (Oeste)	270°

El conocer la dirección del viento es una parte importante de la predicción del tiempo porque el viento nos trae el clima. Una veleta es una herramienta para medir la dirección del viento y probablemente fue uno de los primeros instrumentos meteorológicos que se usó. Para determinar la dirección del viento, la veleta gira y apunta en la dirección desde la que viene el viento y generalmente tiene dos partes o extremos: uno que generalmente tiene la forma de una flecha y que voltea hacia el viento y otro extremo que es más ancho para que atrape la brisa. La flecha apuntará hacia la dirección desde la que sopla el viento, así que, si está apuntando hacia el este, significa que el viento viene del este. Además, la dirección del viento es desde donde sopla el viento. Por lo tanto, un viento del oeste sopla desde el oeste. Para usar una veleta, debes saber dónde está el norte, el sur, el este y el oeste.

Velocidad de viento

La velocidad de viento viene a ser una magnitud escalar que da una idea de se mueve el viento. La velocidad del viento también puede expresarse utilizando la antigua escala de Beaufort; en este caso no se necesita ningún instrumento, está dada por números que van desde 0 a 12, de acuerdo a los objetos que son movidos por el viento y que por comparación nos da una idea aproximada de su velocidad (Brenes & Saborío, 1995). El viento es el movimiento horizontal del aire. El instrumento que se usa para medir la velocidad del viento se llama anemómetro, que es un dispositivo que gira con el viento. El anemómetro rota a la misma velocidad del viento. Proporciona una medida directa de la velocidad del viento.

Precipitación

Se denomina precipitación al agua de la atmósfera que cae en forma líquida, sólida, o líquida y sólida desde las nubes hasta la superficie de la tierra. Las gotas de agua son de diámetro muy pequeño del orden de las 5 micras, el tamaño de las gotas de lluvia apenas tiene 0.1 mm de diámetro por lo que las gotas iniciales deben aumentar de volumen y uno de los procesos de crecimiento es por colisión. La precipitación se puede presentar en las formas siguientes: Lluvia, nieve, granizo.

Para que las gotas de agua que forman las nubes lleguen a precipitarse, se requiere que éstas aumenten de tamaño y que el aire situado debajo de las nubes no sea demasiado cálido, ni muy seco, ya que, de ser así, las gotas de agua que inician la caída pueden volver a evaporarse.

¿Qué representa 1 mm de lluvia caída? Ese milímetro equivale al agua caída colectada en un recipiente que tiene como superficie 1 m cuadrado, y como altura 1mm o lo que es lo mismo a 1 litro de agua. Los meteorólogos informamos la altura de la precipitación registrada, pero, en realidad, esa altura es la altura de un volumen de agua cuya base es un cuadrado de 1 m de lado (Ministerio de Educación. Instituto Nacional de Educación Tecnológica, 2011).

Presión atmosférica

La presión en un punto de la atmósfera es simplemente el peso de la columna de aire de base unidad sobre ese punto. La presión atmosférica en superficie será el peso de toda la columna que se alarga desde el suelo hasta el límite superior de la atmósfera. Para fines prácticos puede suponerse que la atmósfera termina a los 80 Km de altitud. Más arriba, el aire es tan escaso que su contribución al peso total puede considerarse despreciable (Ledesma, 2011).

La presión atmosférica depende de muchas variables, sobre todo de la altitud. Cuanto más arriba en la atmósfera nos encontremos, la cantidad de aire por encima nuestro será menor, lo que hará que también sea menor la presión que éste ejerza sobre un cuerpo ubicado allí. El siguiente gráfico muestra los valores promedio de la presión atmosférica en función de la altitud. En él puede apreciarse cómo la presión atmosférica desciende con la altura, mostrando un decrecimiento aproximadamente exponencial (Rodríguez, Benito, & Portela, 2004).

Los meteorólogos miden estos cambios en el aire para predecir el tiempo y la herramienta que usan es un barómetro. Las unidades de medición comunes que usan los barómetros son los hectopascales (hPa), también conocido como milibares (mb) o pulgadas de mercurio.

(Acuña Valverde & Robles Sánchez, 2015), (Center for Innovation in Engineering and Science Education (CIESE) , 2005)

3. Procedimiento.

Construye un Termómetro

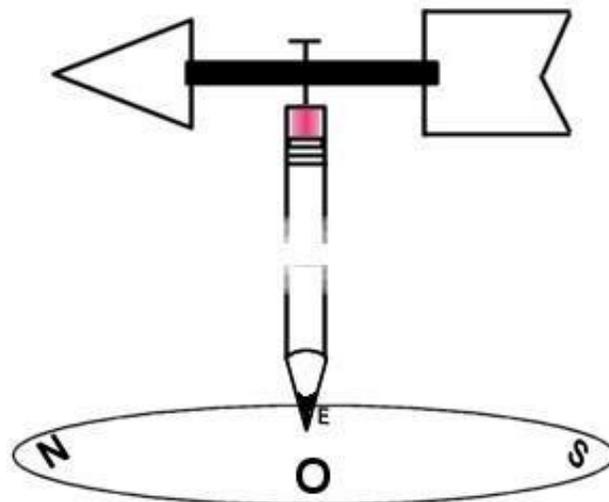
- Quita la etiqueta del frasco si la tiene.
- Quita la tapa y haz un hueco pequeño en la tapa (apenas para que quepa un sorbete).
- Vierte la misma cantidad igual de agua fría y alcohol para fricciones en el frasco o la botella, y llene aproximadamente 1/4 del envase.
- Añade dos o tres gotas de colorante para alimentos o anilina
- Cierra herméticamente el frasco. Si es necesario, puedes poner plastilina alrededor del cuello para asegurar para que la tapa ajuste más al cierre.
- Coloca la pajita en el frasco o la botella de modo que el extremo del sorbete quede sumergido en el líquido pero que no toque el fondo del envase.
- Sella la parte superior de la botella con la plastilina de modo que tenga un sello hermético y que la pajita quede derecha.
- Prueba tu termómetro:
 - ✓ Recoge el frasco o la botella con tus manos y sostenlo por aproximadamente cinco (5) minutos. ¿Qué sucede?
 - ✓ Coloca tu termómetro en un envase con agua fría. ¿Qué sucede?
 - ✓ Coloca tu termómetro en un envase con agua caliente. ¿Qué sucede?



(Center for Innovation in Engineering and Science Education (CIESE) , 2005)

Construye una Veleta

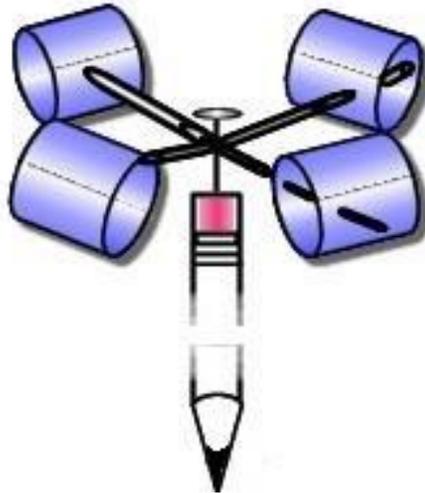
- Corta una punta de flecha de aproximadamente 4-5cm de largo.
- Corta una cola para la flecha de aproximadamente 7-8cm de largo.
- Haz cortes de 1cm en los extremos de cada pajita.
- Mete la punta de flecha y la cola de la flecha en los cortes que hiciste en la pajita.
- Mete un alfiler que atraviese la pajita por la mitad; mete el extremo que sobresale en el borrador del lápiz.



- f) Mete la punta del lápiz en una base de plastilina.
- g) Marca las palabras norte, sur, este y oeste en el plato de papel
- h) Coloca la base de plastilina en el plato de papel.
- i) Prueba tu Veleta: Sopla la veleta y asegúrate de que la flecha gira libremente.
- j) Coloque el plato de papel en una superficie plana y coloca la veleta sobre el plato.
- k) Use la brújula para mostrar dónde está el norte para que puedan colocar sus platos apuntando hacia esa dirección. Si tienen acceso a una superficie bituminosa, marque los puntos cardinales para que sea más fácil leer la dirección del viento.
- l) Observar la veleta. Si está haciendo mucha brisa, un estudiante debe sostener el plato de papel mientras que otro anota la dirección del viento. La flecha apuntará hacia la dirección desde la cual sopla el viento.
- m) Confirma la dirección en el plato de papel.

Construye un Anemómetro

- a) Este anemómetro tiene cuatro vasos que atrapan el viento y hacen que el anemómetro gire. La curva interna de los vasos recibe la mayor parte de la fuerza del viento. Esto es lo que hace que los vasos se muevan. Entre más vueltas da por minuto, mayor será la velocidad del viento.
- b) Arregla cuatro (4) pajitas de plástico para beber en forma de cruz y pégalas con cinta adhesiva en el centro.
- c) Engrapa la parte superior de un vaso, como los vasos pequeños de papel diseñados para dispensadores, a uno de los extremos de cada pajita, de modo que los extremos abiertos de los vasos queden viendo en la misma dirección.
- d) Inserta un alfiler a través del centro de las pajitas y prénselo en el borrador al extremo del lápiz. Esto funciona como eje.
- e) Marca uno de los vasos; este será el que usen para contar las vueltas del anemómetro. NOTA: Cuando usen este anemómetro, 10 vueltas por minuto significa que la velocidad del viento es de casi dos kilómetros por hora.
- f) Sopla el anemómetro o enciende un abanico eléctrico en la velocidad más baja para asegurarte de que gira con facilidad.
- g) Calcule la circunferencia del giro que da en una vuelta un vaso, esto se hace midiendo desde los centros de dos vasos en extremos opuestos; La fórmula es: $C = \pi d$, donde "C" representa la circunferencia del círculo y "d" representa su diámetro. En otras palabras, puedes hallar la circunferencia de un círculo simplemente multiplicando su diámetro por pi.



- h) Organícense en los siguientes papeles (opcional)
- ✓ Un cronometrador, será responsable de cronometrar un minuto para cada prueba.
 - ✓ Un "contador" oficial para el día. Los otros pueden contar por su propia cuenta, pero las lecturas del contador serán las que se anotarán.
 - ✓ Un portador que sostendrá el anemómetro mientras cuenta las vueltas; el portador debe asegurarse de sostener el anemómetro de modo que el viento sople sin obstrucciones.
- i) Monte o sostenga el anemómetro en un lugar donde el viento tenga acceso completo desde todas las direcciones.
- j) Cuando el cronometrador diga "Ahora", el contador de cada grupo deberá contar cuántas veces pasa el vaso marcado por un punto y anotarlo.
- k) Si es posible, repita los cuatro (4) pasos anteriores y anote el número promedio de vueltas
- l) Multiplicaremos el número de vueltas por la circunferencia (en cm) y tendremos la velocidad del viento en centímetros por minuto.

Construye un Pluviómetro

- a) Quita la etiqueta del frasco.
- b) Empezamos cortando la parte superior de la botella, rellenamos unos centímetros la base de la botella con las piedrecitas de río. El objetivo es darle peso para evitar que vuelque.
- c) Sobre las piedras, echamos un poco de agua hasta el punto en el que termina la capa de piedras (este nivel será nuestro nivel 0 del registro de agua).
- d) Ahora, sobre la base colocamos la parte superior de la botella, pero invertida a modo de embudo, y la pegamos a la parte
- e) Finalmente, con la ayuda de la regla y el rotulador, hacemos unas marcas en la parte exterior de la botella, marcando los diferentes niveles. Partimos del nivel 0, que como dijimos será el borde donde acaban las piedras, y el resto de los niveles los marcaremos cada medio centímetro.
- f) Coloca el frasco afuera bajo la lluvia. Nota: el pluviómetro no debe colocarse cerca o debajo de un árbol o muy cerca de edificios que puedan bloquear la lluvia.
- g) Lee hasta donde llegó para determinar cuenta lluvia se recogió.
- h) Vacía el frasco después de cada uso.



Construye un Barómetro

- a) Corta un poco por debajo de la mitad de la parte angosta del globo.
- b) Cubre la parte superior del frasco con la parte cortada el globo de modo que quede herméticamente sellado y plano y usa la liga para mantenerlo en su lugar. **IMPORTANTE:** el sello debe ser **hermético** (Si usa plástico para envolver, debes asegurarte de formar un sello hermético alrededor del **borde** del frasco).
- c) Ponga una pequeña cantidad de pegamento en el centro del globo. Con cuidado coloque de manera horizontal una punta del sorbete sobre el globo de modo que el otro extremo sobresalga del borde del frasco. Sosténgalo hasta que el pegamento seque.
- d) Mientras se seca la goma, dobla un pedazo de cartón de modo que pueda sostenerse solo.
- e) Con cuidado, marca líneas dejando 0.5 cm entre ellas y escribe "Baja Presión" en la parte inferior y "Alta Presión" en la parte superior.



- f) Cuando termines, coloca el barómetro y la escala dentro de la caja de cartón del tamaño de una caja de zapatos de modo que el extremo de la pajita con plastilina apenas llegue a la escala, pero sin tocarla. Pega con cinta el barómetro y la escala en su lugar para que no se muevan.
- g) Coloca el barómetro terminado y la escala en un lugar con sombra donde no haya cambios de temperatura (o sea, no lo pongas cerca de una ventana pues la luz solar afectará negativamente los resultados del barómetro).
- h) En tu cuaderno o en la tabla que está abajo, anota la fecha actual, la hora, las condiciones del tiempo y la presión atmosférica (o sea, el nivel al que apunta el extremo de la pajita en la escala).

(S.Seara, 2012), (Center for Innovation in Engineering and Science Education (CIESE) , 2005)

HOJA DE REPORTE. PRÁCTICA No. 1

GRUPO NO. _____

No.	Apellidos, Nombres	Carnet	Sede
1			
2			
3			
4			
5			
6			

Ejercicio:

Haciendo uso del anemómetro llenar los siguientes datos:

	Intervalo de Tiempo	Número de Vueltas	Cm/min	km/h
1.				
2.				
3.				
4.				
Promedio				

Haciendo uso del Barómetro llenar el siguiente cuadro:

Fecha	Hora	Condiciones del Tiempo*	Presión Atmosférica*

* Lluvioso, nublado, soleado, etc.

**usar el numero ubicado en el barómetro

Registra tus medidas: Por favor sigue las siguientes instrucciones.

1. **Temperatura:** _____
(Solo colocar muy frío, frío, templado o cálido, según las observaciones)
2. **Viento:** _____
(calmado, ligero, etc.)
3. **Dirección del Viento:** _____
(Norte, Noroeste, Oeste, Suroeste, etc.)
4. **Velocidad del Viento:** _____
(Colocar el promedio de las observaciones; expresarlo en cm/min y en km/h)
5. **Tipo de Precipitación:** _____
(Incluir el tiempo de compilación de la información - lluvia, llovizna, nieve, nada, etc.)
6. **Cantidad de Precipitación:** _____ mm.
(En la última hora)
7. **Presión atmosférica:** _____ unidades
(Registra tus descubrimientos en las unidades marcadas en tu barómetro preparado en la clase)
8. **Condiciones del cielo:** _____
(Observa afuera y utiliza uno de los términos comunes para describir la condición del cielo. Por ejemplo, claro, parcialmente nublado, cerrado, encapotado, etc.)

HOJA DE TRABAJO. PRÁCTICA No. 1

1. ¿En qué piensas cuando escuchas la palabra "tiempo"?
2. ¿Como afecta el tiempo nuestras vidas diariamente? (Por ejemplo, ¿qué tipo de ropa te pones, actividades en las que participas al aire libre, etc.?)
3. ¿Qué tipo de cosas buscarías o utilizarías si quisieras describir el tiempo de un día cualquiera a alguien?
4. ¿Qué tipo de información es importante reunir?
5. ¿Crees que los instrumentos del tiempo que hiciste son tan precisos como los que utilizan los meteorólogos profesionales?, ¿Por qué si y por qué no?
6. ¿Como podrías hacerlos más precisos?

PRÁCTICA No. 2: ANALISIS DE HOMOGENEIDAD DE SERIES DE PRECIPITACIÓN

1. Objetivos:

- 1.1 Aprender sobre la precipitación pluvial y conceptos relacionados a esta.
- 1.2 Aprender a realizar una curva de intensidad-precipitación a partir de datos de precipitación.
- 1.3 Comprender y clasificar las series de datos de precipitación mediante el análisis de homogeneidad utilizando el test de man-kendall.

2. Marco Teórico:

Precipitación

Precipitación es cualquier agua meteórica recogida sobre la superficie terrestre. Esto incluye básicamente: lluvia, nieve y granizo. (También rocío y escarcha que en algunas regiones constituyen una parte pequeña pero apreciable de la precipitación total)

En relación a su origen, pueden distinguirse los siguientes tipos:

Las **precipitaciones ciclónicas** son las provocadas por los frentes asociados a una borrasca o ciclón. La mayor parte del volumen de precipitación recogido en una cuenca se debe a este tipo de precipitaciones.

Las **precipitaciones de convección** se producen por el ascenso de bolsas de aire caliente; son las tormentas de verano.

Las **precipitaciones orográficas** se presentan cuando masas de aire húmedo son obligadas a ascender al encontrar una barrera montañosa.

El estudio de las precipitaciones es básico dentro de cualquier estudio hidrológico regional, para cuantificar los recursos hídricos, puesto que constituyen la principal (en general la única) entrada de agua a una cuenca.

Intensidad de precipitación es igual a precipitación/tiempo.

Podemos cuantificar las precipitaciones caídas en un punto mediante cualquier recipiente de paredes rectas, midiendo después la lámina de agua recogida. La unidad de medida es el milímetro. Es obvio que el tamaño del recipiente de medida no influye en el espesor de la lámina de agua recogida.

La intensidad de precipitación, aunque conceptualmente se refiere a un instante, suele expresarse en mm/hora.

El agua en la atmósfera existe en todas las tres fases (sólido, líquido, gas). El cambio de la fase depende de la temperatura y la presión. Como la mayoría de otros gases en la atmósfera, el vapor de agua es al ojo humano. A diferencia de la mayoría de otros gases en nuestra atmósfera, bajo las condiciones correctas, el vapor de agua puede cambiar de un gas a partículas sólidas o gotitas líquidas.

Pluviómetro

Un pluviómetro es un instrumento que mide la cantidad de agua precipitada en un determinado lugar. La unidad de medida es en milímetros (mm). Una precipitación de 5 mm indica que, si toda el agua de la lluvia se acumulara en un terreno plano sin escurrir ni evaporarse, la altura de la capa de agua sería de 5 mm. Los milímetros (mm) son equivalentes a los litros por metro cuadrado. El pluviómetro recoge el agua atmosférica en sus diversos estados. El total se denomina precipitación. Para los estados sólidos, las mediciones se llevan a cabo una vez alcanzado el estado líquido.

Pluviógrafo

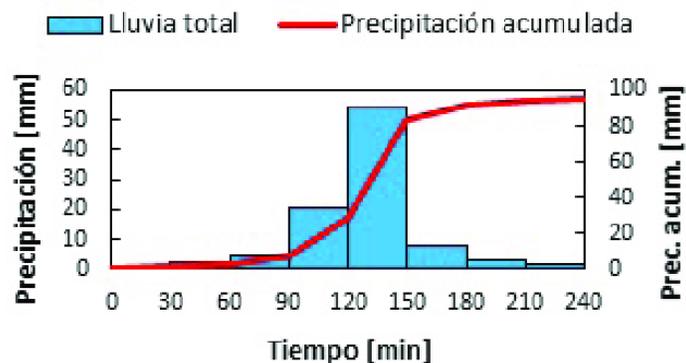
El pluviógrafo es un instrumento meteorológico utilizado en el estudio y análisis de las precipitaciones, su funcionamiento y uso está estrechamente relacionado con el pluviómetro. El pluviógrafo tiene por función registrar en un gráfico la cantidad de agua caída en un periodo de tiempo determinado, lo cual permite establecer la distribución e intensidad de las lluvias, ya que permite conocer la hora de comienzo y finalización de las precipitaciones, así como su intensidad en litros por metro cuadrado caídos en una hora.

Hietogramas

Un hietograma (del griego hietos, lluvia) es un gráfico que expresa la precipitación recogida en intervalos regulares de tiempo. A veces se utiliza la denominación yetograma.

Generalmente se representa como un histograma (gráfico de barras, figura adjunta), aunque a veces también se expresa como un gráfico de línea (como la figura de más arriba, que sería un hietograma anual). A veces un hietograma se refiere a un día o a una tormenta concreta (en el eje de abscisas, las horas que duró la tormenta); en otras ocasiones el periodo de tiempo representado en el eje horizontal puede ser más amplio: meses o años.

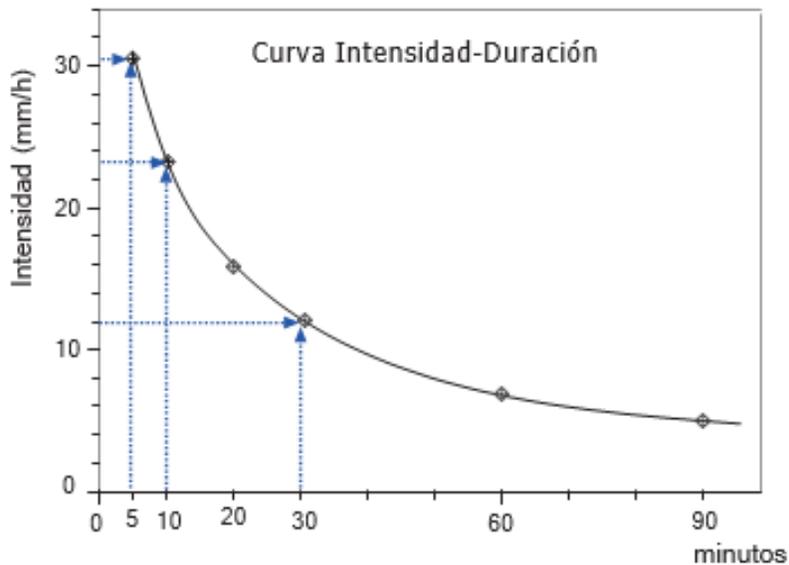
Para su elaboración, si se trata de un hietograma mensual o anual, bastará con disponer de datos diarios. Si se trata de un hietograma de un día o de unas horas de duración, necesitamos una banda de pluviógrafo, leyendo la precipitación caída en los intervalos elegidos, por ejemplo, de 15 en 15 minutos.



Curva intensidad-duración

La Curva Intensidad Duración, representa la intensidad (I) o magnitud de una lluvia fuerte expresada en milímetros por hora, para una duración (D) determinada que usualmente puede ser 30, 60, 90, 120 o 360 minutos.

Es una curva que expresa la máxima intensidad de precipitación registrada en diversos intervalos de tiempo. Por ejemplo, en la figura adjunta podemos leer (líneas de puntos) que en los 5 minutos más lluviosos la intensidad era de 30 mm/hora, en los 10 minutos más lluviosos la intensidad es de 23 mm/hora y a los 30 minutos más lluviosos corresponden 12 mm/hora.



Análisis de homogeneidad de series de precipitación

Este es un análisis de la información mediante criterios físicos y métodos estadísticos que permiten identificar evaluar y eliminar los errores sistemáticos por causas naturales o por la mano del hombre, el análisis de homogeneidad suele realizarse a serie de datos de estaciones principales para completar datos faltantes en alguna estación de nuestro interés.

Las diferentes teorías utilizadas para el análisis y la simulación de datos hidrológicos usualmente suponen que dichos datos son estacionarios, consistentes y homogéneos, por lo tanto dentro de las primeras actividades de cualquier estudio relacionado con datos hidrológicos debe realizarse la verificación de que se cumplen dichas propiedades Una serie hidrológica eventualmente puede exhibir cambios y tendencias propios de las series, a estos cambios y tendencias se les conoce como inconsistencias y no- homogeneidades de la series.

- **Test de Man-Kendall**

La prueba de homogeneidad de Man-Kendall es un test estadístico que conduce a elegir una de las siguientes respuestas.

Hipótesis nula: todos los valores de la serie son datos aleatorios de una sola población, es una serie homogénea, es decir que todos los datos de precipitación corresponden a medición de un mismo sitio bajo los mismos equipos y bajo las mismas condiciones.

Hipótesis alterna: Es una serie no homogénea con tendencia monótona. Lo que significa que existen valores que están fuera de lo normal por alguna razón que hacen que la serie completa sea no homogénea.

La prueba consiste en calcular el valor de V mediante la siguiente ecuación:

$$V = \frac{S - 1}{\sqrt{\frac{n(n-1)(2n+5)}{18}}}$$

Esta ecuación relaciona una variable **S** conocida como **índice de desviación calculado** y **n** que es el **número de datos** de la serie.

Para encontrar S debemos aplicar la siguiente ecuación:

$$S = T - I$$

Donde los valores de T son la sumatoria de Si y los valores de I la sumatoria de Ti.

$$T = \sum_1^{n-1} si$$

$$I = \sum_1^{n-1} ti$$

Luego se elige un nivel de significancia o valor de confiabilidad en función al cual se definirá la condición de homogeneidad de la serie, este índice se relaciona con un valor de V crítico a través de la función de distribución normal que se muestra a continuación:

α	0,005	0,010	0,025	0,050	0,100
$ V_{crit} $	2,58	2,33	1,96	1,64	1,28

Se compara V con V crítico si V es menor que V crítico se acepta la hipótesis nula, es decir que la serie es homogénea, con un nivel de significancia de X%, de lo contrario se asume la hipótesis alternativa.

- **Test de Helmert**

Consiste en analiza el signo de las desviaciones de cada evento de la serie con respecto a su valor medio si una desviación de un cierto signo es seguida por otra del mismo signo se crea una secuencia S, si una desviación es seguida por otra de signo contrario se registrara un cambio C, cada año excepto el primero definirán una secuencia o cambio, si la serie es homogénea la diferencia entre el número de secuencias y cambios en el registro debe ser 0, dentro de los límites de un error probable el cual depende de la longitud del registro n.

$$S - C = \pm \sqrt{n-1}$$

$$S - C > \sqrt{n-1} \Rightarrow \text{SERIE HOMOGENEA}$$

$$S - C < \sqrt{n-1} \Rightarrow \text{SERIE NO HOMOGENEA}$$

3. Procedimiento.

Curva intensidad-duración:

- a) Analizar la tabla de intensidad de lluvia en un evento de precipitación dividido en diferentes periodos de tiempo.

Tiempo (min)	Intensidad mm/hora
0-5	4
0-10	7
10-15	5
15-20	8
20-25	4
25-30	3

- b) En base a la tabla de datos debe realizar un hietograma, en el eje x debe ir el tiempo en minutos y en el eje y la intensidad en mm/hora.
- c) Realizar una tabla de intensidades medias para diferentes periodos de tiempo, esta se calcula sacando el promedio entre dos intensidades por ejemplo para la intensidad 10 mm/h en el tiempo de 0 a 5 min este fue el cálculo que se realizó:

$$((\text{Intensidad en 0-5} + \text{intensidad en 0-10})/2) = ((4+7)/2)$$

Y así sucesivamente debe realizar el cálculo para cada cuadro.

Tiempo (min)	Intensidad mm/hora	5 mm/h	10 mm/h	15 mm/h	20 mm/h	25 mm/h	30 mm/h
0-5	4	4	5.5				
0-10	7						-
10-15	5					-	-
15-20	8				-	-	-
20-25	4			-	-	-	-
25-30	3		-	-	-	-	-

- d) Seleccionar la intensidad mayor para cada columna de tiempo y con esta se procederá a realizar el primer punto de la curva ID la curva de intensidad.
- e) Para iniciar a plotear se tomará un periodo de 5 minutos y se observara cual es la intensidad máxima y se debe ver a que intervalo corresponde, ese será el primer punto del grafico ID.
- f) Para un periodo de tiempo de 10 minutos se elegirá la media máxima de dos intensidades contiguas que en este caso se dará entre 10 y 20 min, este valor se trasladará al grafico ID, este paso se repetirá para diferentes intervalos de tiempo.
- g) Una vez colocados todos los puntos se realizará una curva de manera exponencial que corresponderá a un periodo de tiempo determinado.

Análisis de homogeneidad de series de precipitación

N	Año	P
1	2010	1206
2	2011	1182
3	2012	940.1
4	2013	1325
5	2014	1033
6	2015	1115
7	2016	894.5
8	2017	1053
9	2018	1153
10	2019	1556

- **Test de Man-Kendall**

- a) Calcular las columnas SI y TI para cada evento de la serie donde **SI** es igual a la cantidad de eventos mayores al evento en el que estamos y **TI** es la cantidad de eventos menores a la columna donde estamos.

N	Año	P	SI	TI
1	2010	1206	2	7
2	2011	1182		
3	2012	940.1		
4	2013	1325		
5	2014	1033		
6	2015	1115		
7	2016	894.5		
8	2017	1053		
9	2018	1153		
10	2019	1556		
SUMATORIA				
V CRITICO				
V CALCULADO				
TIPO DE SERIE				

- b) Calcular el valor de S mediante la formula

$$S=T-I$$

Donde T es la sumatoria de SI e I es la sumatoria de TI

- c) Calcular el valor de V sustituyendo las variables por los valores encontrados en la siguiente formula:

$$V = \frac{S-1}{\sqrt{\frac{n(n-1)(2n+5)}{18}}}$$

- d) Comparar el valor de V encontrado con el V crítico de la siguiente tabla:

α	0,005	0,010	0,025	0,050	0,100
$ V_{crit} $	2,58	2,33	1,96	1,64	1,28

- e) Si el V encontrado es menor al V critico concluimos que la serie de datos es homogénea, si el V encontrado es mayor al v critico concluimos que la serie de datos no es homogénea.

- **Test de Man-Helmer**

- Calcular la precipitación media de toda la serie.
- Si nuestro dato de precipitación es mayor al promedio colocamos un signo + en la primera columna del test de Helmer, si el dato es menor al promedio colocamos un signo – en la columna del test de Helmer.
- Para llenar la segunda columna se debe analizar la secuencia de los signos, si un signo es seguido por otro del mismo signo tenemos una secuencia S, si un signo es seguido por un signo distinto tenemos una secuencia C. Como en el ejemplo se observa que el evento 1 y 2 tienen el mismo signo por lo que son secuencia S.
- Aplicar la fórmula y concluir.

$$S-C < \sqrt{(n-1)}$$

- Si S-C es menor a $\sqrt{(N-1)}$ la prueba es homogénea, si no los datos no son homogéneos.

N	Año	P (mm)	Test de Helmer	
1	2010	1206	+	
2	2011	1182	+	S
3	2012	940.1		
4	2013	1325		
5	2014	1033		
6	2015	1115		
7	2016	894.5		
8	2017	1053		
9	2018	1153		
10	2019	1556		
Promedio				
S-C				
$\sqrt{n-1}$				
TIPO DE DATOS				

HOJA DE REPORTE. PRÁCTICA No. 3

GRUPO NO. _____

No.	Apellidos, Nombres	Carnet	Sede
1			
2			
3			
4			
5			
6			

TEST DE HELMER				
N	Año	P (mm)	Test de Helmer	
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
Promedio				
S-C				
$\sqrt{n-1}$				
TIPO DE DATOS				

TEST DE MAN-KENDALL				
N	Año	P	SI	TI
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
SUMATORIA				
V CRITICO				
V CALCULADO				
TIPO DE SERIE				

Nota: Adjuntar la curva de intensidad-duración

HOJA DE TRABAJO. PRÁCTICA No. 2

A partir de la siguiente serie de datos de precipitación realice el test de Helmer y el test de Man-Kendall y determine si los datos son homogéneos.

N	Año	P
1	2008	906
2	2009	982
3	2010	940
4	2011	1525
5	2012	1443
6	2013	1615
7	2014	894.5
8	2015	853
9	2016	1153
10	2017	1556

Cuadros de resultados

- Test de Helmer

N	Año	P (mm)	Test de Helmer	
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
Promedio				
S-C				
$\sqrt{n-1}$				
TIPO DE DATOS				

- **Test de Man-Kendall**

N	Año	P	SI	TI
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
SUMATORIA				
V CRITICO				
V CALCULADO				
TIPO DE SERIE				

Realice las siguientes actividades

- Realice un dibujo de un pluviómetro señalando sus partes y describiendo como funciona.
- ¿Para que nos sirve conocer la precipitación pluvial en algún lugar?

PRÁCTICA No. 3: PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN HIDROLOGICA Y METEOROLÓGICA.

1. Objetivos:

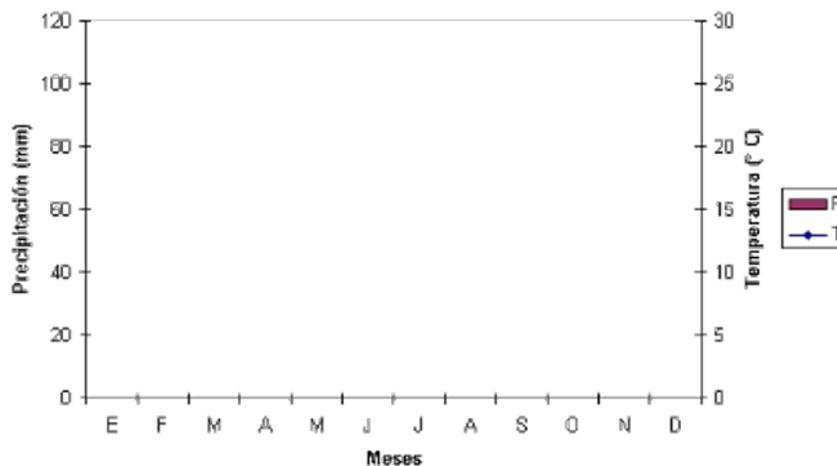
- 1.1 Conocer el termino de climograma
- 1.2 Elaborar un climograma en R studio.
- 1.3 Elaborar un climograma en Excel.

2. Marco Teórico:

CLIMOGRAMA

Un climograma es un gráfico de doble entrada en el que se presentan resumidos los valores de precipitación y temperatura recogidos en una estación meteorológica. Se presentan los datos medios de cada mes del año, teniendo en cuenta la precipitación y la temperatura media a lo largo de todos los años observados. A diferencia del tiempo, que es el estado de la atmósfera en un momento dado y en un lugar específico, el clima hace referencia al promedio de las condiciones meteorológicas en ese lugar.

Para estudiar el clima, entonces, es necesario registrar durante muchos años, más de 10, los diversos elementos climáticos (temperatura, precipitación, presión, humedad, viento, nubosidad y otros fenómenos meteorológicos, tales como nieve y granizo), calcular el promedio de dichos registros y determinar sus variaciones a lo largo del tiempo. En el climograma, entonces, representamos conjuntamente los comportamientos anuales (o "marchas anuales") de la precipitación y de la temperatura de un determinado lugar. Podemos hacer todos lo climogramas del mundo que queramos siempre que tengamos estos datos. El climograma consta de tres ejes, uno horizontal y dos verticales, que conforman una especie de "caja". Para hacerla debemos seguir los siguientes pasos.

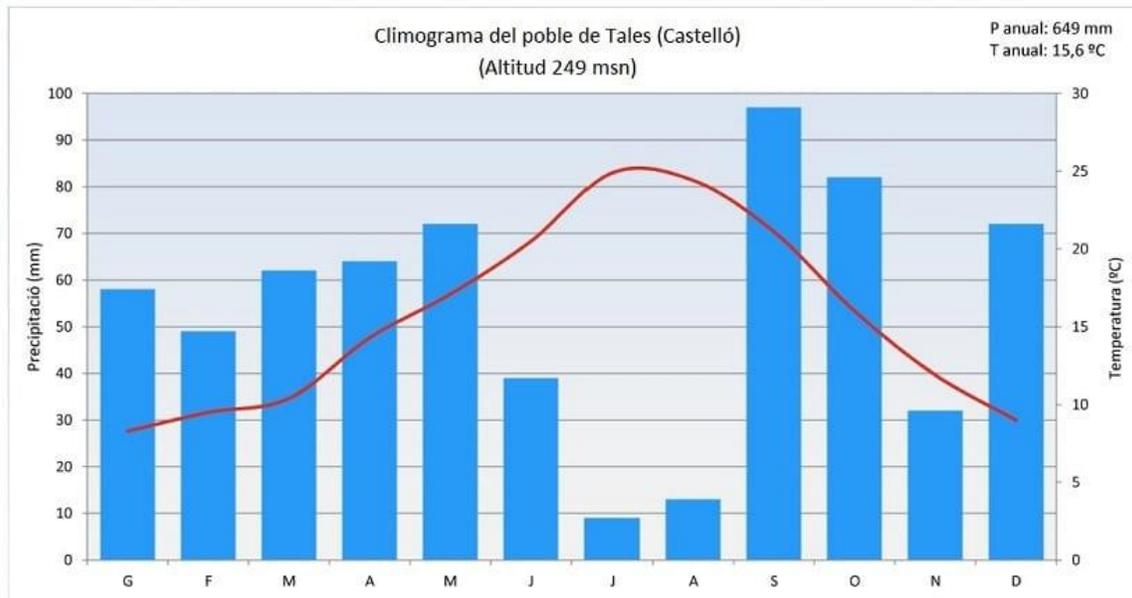


En primer lugar, trazamos el eje horizontal, que dividimos en 12 partes iguales, conforme a los meses del año (cada parte puede tener, por ejemplo, 1 cm de ancho). Debajo de cada segmento escribimos las iniciales de cada mes.

En segundo lugar, indicamos en el eje vertical izquierdo (que se traza perpendicular al eje horizontal, desde su extremo izquierdo) la escala para las precipitaciones, y en el eje vertical derecho, la escala para las temperaturas, de acuerdo con nuestra serie de datos.

Una vez dibujada la " caja " del climograma, representamos las precipitaciones con barras (usando la escala de la izquierda) y las temperaturas, con puntos (usando la escala de la derecha). Luego unimos los puntos de temperaturas con una línea roja, para que el resultado sea una curva de temperaturas.

¿Cómo quedará el climograma?



Después de su elaboración, el paso siguiente consistirá en analizar y comentar el climograma. Para ello, nos centraremos en el análisis de cuatro aspectos fundamentales: las temperaturas, las precipitaciones, su relación con la circulación atmosférica y el paisaje resultante. Por último, y dependiendo siempre de su análisis, podremos relacionar el climograma con una región determinada del planeta.

- Como regla general, recuerda que la temperatura media anual varía con la latitud: es más baja a medida que nos alejamos del Ecuador hacia las regiones polares.

- Cuando los meses más calurosos coincidan con nuestro verano estaremos hablando de una región situada en el Hemisferio Norte; si por el contrario, las temperaturas más altas se corresponden con los meses de nuestro invierno, estaremos ante una estación meteorológica del Hemisferio Sur.

- En líneas generales, el planeta queda dividido en tres grandes regiones térmicas: Las regiones cálidas, se corresponde con la franja situada entre los trópicos, llegando a alcanzar temperaturas medias anuales superiores a los 20°. Las regiones templadas (entre 30° y 60° de latitud norte o sur). Las temperaturas medias anuales varían entre los 2 y 20°C aproximadamente. Las regiones frías, en las zonas polares y altas montañas, con

temperaturas medias anuales inferiores a 0° C.

- Analizaremos también los valores de las temperaturas medias mensuales, observando si son elevadas o bajas y sus diferencias a lo largo del año. - Un dato importante lo constituye la amplitud térmica (AT), cuyos valores nos indicarán la mayor o menor proximidad respecto a zonas costeras o grandes masas de agua.

El mar ejerce un efecto termorregulador sobre las temperaturas, suavizando tanto los valores máximos del verano como las mínimas invernales. El efecto contrario es la continentalidad. En España, por ejemplo, existe un marcado contraste entre la amplitud térmica de las regiones costeras atlánticas (entre 10 y 12 grados centígrados de amplitud térmica) y las regiones situadas en el interior (16° - 18° C de AT).

Precipitaciones: De las precipitaciones interesa observar la cantidad total, su distribución a lo largo del año, y los momentos de mayor o menor concentración de lluvias. Un dato importante es la existencia o no de estación seca, y su relación con el paisaje resultante y el aprovechamiento agrícola de los recursos de la zona. Conjunto de estaciones meteorológicas e hidrológicas en una cuenca situadas de forma que sus observaciones puedan facilitar los datos básicos necesarios para el conocimiento del régimen de la cuenca en el espacio y en el tiempo

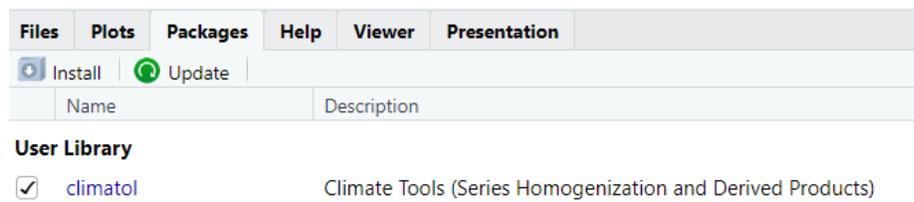
3. Procedimiento.

Elaboración de climograma en R studio.

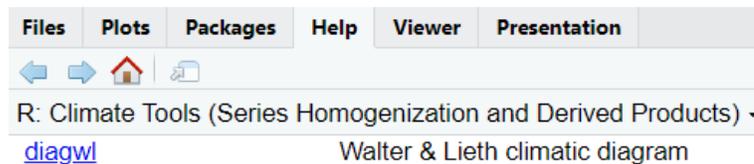
- a) Instalar R y R studio en el siguiente link <https://posit.co/download/rstudio-desktop/>.



- b) Abrir R studio e introducir el comando: `install.packages("climatol")`
c) Ir al panel de paquete y activarlo



- d) Ingresar al paquete y luego darle click en la siguiente opción: `diagwl` donde aparecerá el código y los parámetros a utilizar para elaborar el climograma.



```
diagwl(dat, est="", alt=NA, per="", margen=c(4, 4, 5, 4), mlab="",  
pcol="#005ac8", tcol="#e81800", pfcoll="#79e6e8", sfcoll="#09a0d1", shem=FALSE,  
p3line=FALSE, ...)
```

Donde:

Dat= datos de precipitación media y temperatura media a ingresar

Est= nombre de la estación a analizar

Alt= altitud de la estación

Per= periodo de tiempo a analizar

Mlab= etiquetas que tendrán los nombres de los meses

- e) Ingreso de los datos, para ingresar los datos deben llevar el siguiente orden

Fila 1: precipitación media

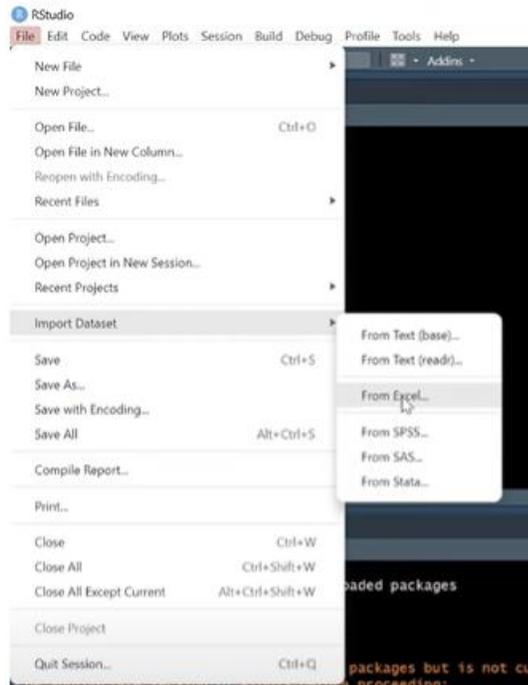
Fila 2: temperatura máxima media diaria

Fila 3: temperatura mínima media diaria

Fila 4: temperatura mínima mensual absoluta

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC
2	60.83	85.51	116.12	124.41	63.65	26.42	15.31	14.46	48.95	96.33	110.08	84.32
3	16.5	16.8	16.6	16.3	16.6	16.6	16.8	16.5	16.4	16.6	16	16.4
4	14.6	14.3	14.1	14.7	14.9	14.9	14.5	14.7	14.5	14.6	14.4	14.5
5	14.2	14	14	14.4	14.5	14.7	14.5	14.5	14.1	14.4	14.3	14.3
6												

- f) En la imagen anterior se muestra la tabla de datos con la que se va a trabajar donde las filas están ordenadas como en el inciso e, debe copiar tal y como esta esta tabla en Excel.
- g) Importar los datos de R studio a Excel de la siguiente manera



- h) Seleccionar el archivo y darle click en importar
- i) Activar el paquete con la función : `require(climatol)` y `ctrl+enter`
- j) Para generar el climograma ingresar la función: `diagwl`

```

1 install.packages("climatol")
2 require(climatol)
3 diagwl(Dat)

```

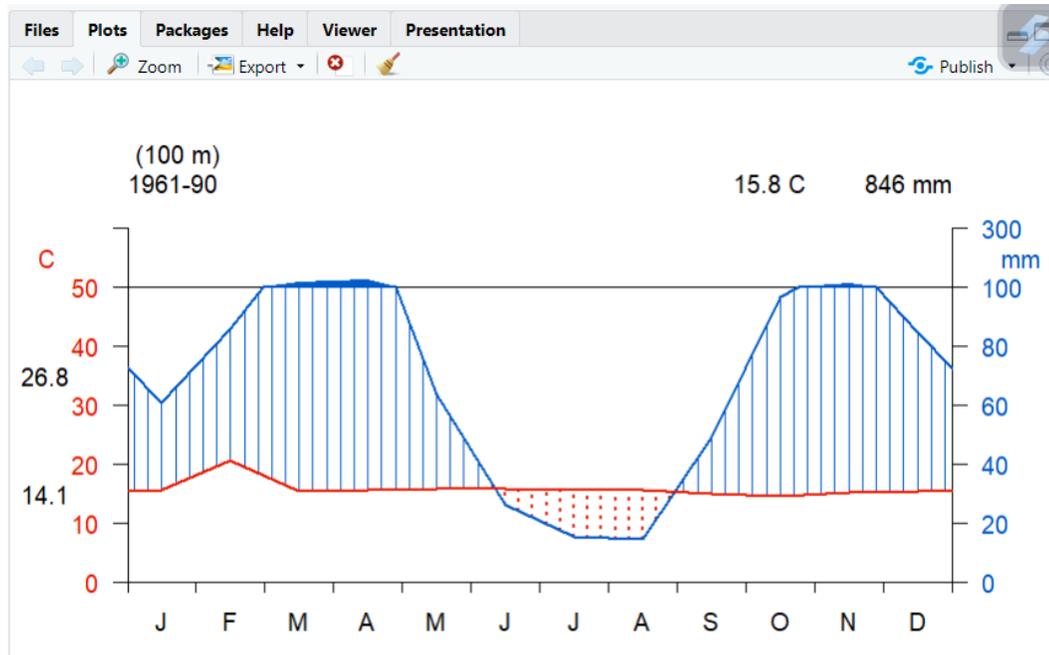
Datos_Meteorologicos_Final
4 obs. of 12 variables

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
1	60.83	85.51	116.12	124.41	63.65	26.42	
2	16.50	16.80	16.60	16.30	16.60	16.60	16.60
3	14.60	14.30	14.10	14.70	14.90	14.90	14.90
4	14.20	14.00	14.00	14.40	14.50	14.70	14.50

k) Luego ingresar el texto de la siguiente manera (nota: guardar el Excel con el nombre de datos)

`diagwl(datos,cols=NULL,est="u rural",alt=100,per="1961-90",mlab="en")`

l) Por ultimo realizar el respectivo análisis de la grafica obtenida



HOJA DE REPORTE. PRÁCTICA No. 3

GRUPO NO. _____

No.	Apellidos, Nombres	Carnet	Sede
1			
2			
3			
4			
5			
6			

Resultados

Entregar las gráficas finales en el formato que el docente lo requiera

Análisis de Resultados:

Realice un análisis de cada grafica en la que exponga las razones de las variaciones climáticas que pueden observarse, por ejemplo, divida la gráfica en momentos en donde se producen incendios forestales, canícula inicio de siembra, cosecha, inundaciones, temporada de lluvia, temporada seca, etc.

HOJA DE TRABAJO. PRÁCTICA No. 3

1. ¿Cuáles son las diferencias entre iconos que se observan en la red hidrometeorológica del INSIVUMEH? Explique cada uno.
2. ¿Cuáles son los niveles de instrumentos que pueden implementarse en una estación meteorológica?
3. ¿La red hidrometeorológica del INSIVUMEH es adecuada y optima?, explique porque la razón de su respuesta.
4. ¿Qué son los sistemas de alerta temprana? Explique como podría aplicarlo en su carrera.
5. ¿Qué es la Mesa Técnica Agroclimática (MTA)?, ¿existe una en su localidad?, de ser así averigüe quien es el responsable y cuales han sido sus acciones actualmente.
6. ¿Existen otras redes meteorológicas en el país?, ¿Cuáles son y donde se pueden encontrar?
7. Investigue si existen estaciones meteorológicas cercanas a donde vive, numerarlas, colocar sus nombres y coordenadas.
8. ¿Qué son los eventos extremos meteorológicos?, ¿Cuáles son sus consecuencias y porque se originan?

Instrucciones: Elabore y analice un climograma a partir de los siguientes datos

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC
1												
2	50	55	45	230	234	110	90	34	34	78	198	22
3	22	26.8	16.6	16.3	16.6	16.6	16.8	16.5	15.4	14.6	16	24
4	14.6	14.3	14.1	14.9	14.9	14.9	14.5	14.7	14.5	14.6	14.4	22
5	14.2	13	13	14.4	14.5	14.7	14.5	14.5	14.1	14.4	14.3	21

PRÁCTICA No. 4: AFOROS

1. Objetivos:

- 1.1. Conocer la importancia de realizar aforos.
- 1.2. Conocer los tipos de aforos y su ejecución.
- 1.3. Tomar habilidad para realizar aforos.

2. Marco Teórico:

Aforos

Aforar es medir un caudal, el cual es un fluido en movimiento, se mide en unidades de volumen por unidad de tiempo (l/seg., m³/seg, gal/min); puede realizarse en pequeños manantiales hasta grandes ríos. El aforo puede ser directo al medir directamente el caudal o indirecto cuando se mide algún parámetro en el cauce y con este se calcula el caudal.

Existen diversos métodos para determinar el caudal de una corriente de agua, cada uno aplicable a diversas condiciones, según el tamaño de la corriente o la precisión con que se requieran los valores obtenidos. Los métodos más utilizados son: aforo con flotadores, aforos volumétricos, aforos con vertederos, aforos con molinete.

En los distritos de riego, se necesita medir los caudales para distribuir el agua. Frecuentemente se encuentran corrientes naturales, como son los ríos que aportan agua a las presas y los canales de derivación o tramos de río, que sirven para conducir el agua, desde las presas de almacenamiento hasta las presas derivadoras. Estos cauces naturales o artificiales operan con grandes gastos y tienen anchos que requieren puentes o el sistema cable canastilla, para realizar los trabajos de aforo. Generalmente las brigadas de hidrometría realizan los aforos en la red mayor de los distritos de riego, usando los métodos del molinete, secciones calibradas y estructuras, tales como compuertas (Pérez A., 1982).

Secciones de control de aforo

Se refiere al punto donde se efectúa la medición del caudal, en una sección transversal de un río. (Organización Meteorológica Mundial, 2011). Esta sección, además, debe cumplir con ciertas características importantes como:

- ✓ accesibilidad, es decir, que debe existir un poblado cercano o carretera de fácil acceso.
- ✓ ubicación del tramo de aforo, el cual debe ser estable para que no suceda sedimentación o erosión del mismo.
- ✓ rangos de velocidad del agua del río entre 0.1 a 2.5 m/s.
- ✓ sección homogénea a lo largo del tramo, tanto arriba como abajo del punto de aforo.
- ✓ ubicación donde el flujo de agua sea calmado con la menor influencia de turbulencia
- ✓ libre de malezas o cualquier otro obstáculo que pueda provocar imprecisiones en la medición, principalmente arriba del punto de medición. (Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático ICC, 2017)

Métodos de aforo

Los métodos prácticos de aplicación más utilizados son: (OMM, 2011).

- Método volumétrico
- Medidor Parshall
- Método de vertederos y orificios
- Método de sección-velocidad calculando la velocidad con flotador o molinete

Método Volumétrico

Es usado para corrientes pequeñas como nacimientos de agua o riachuelos, siendo el método más exacto, a condición de que el depósito sea bastante grande y de que pueda medir su capacidad de forma precisa. Consiste en hacer llegar un caudal a un depósito impermeable cuyo volumen sea conocido y contar el tiempo total en que se llena el depósito, así se obtiene:

$$Q=V/T$$

Donde:

Q = es el caudal expresado en m³/s

V = volumen dado en m³

T = Tiempo en segundos

Por lo tanto, este método es de utilización práctica, siempre que se trate de mediciones de pequeños caudales, en trabajos experimentales o para tener una idea rápida del caudal aportado por determinado riachuelo.

Metodología de múltiples aforos (Método Sección-Velocidad)

Este método es el más usado para aforar corrientes superficiales de agua. Consiste básicamente en medir la velocidad en varios puntos de la sección transversal de una corriente. Así mismo, en determinar la sección a través de la medición de profundidades en la sección transversal del río, para después calcular el gasto por medio de la ecuación de continuidad.

$$Q = A \times V$$

Donde:

Q = Caudal del agua, en m³ /s

A = Área de la sección transversal, en m²

V = Velocidad media del agua, en m/s

Antes de estimar el área de la sección y la velocidad es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

a. Determinación del área de la sección.

El método para determinar el área de la sección depende de las condiciones del cauce del río o canales sin revestimiento. Para cauces variables donde el nivel de la corriente sufre cambios considerables mientras se hace el aforo, se recomienda medir sucesivamente las profundidades y las velocidades, conforme se avanza de un extremo a otro de la sección. Se utiliza un estadal o tubo graduado con escalas en metros para determinar las profundidades de la sección transversal.

(Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático ICC, 2017)

b. Determinación de la velocidad por medio de flotadores físicos.

Cuando no se cuenta con un molinete se puede medir la velocidad de la corriente por medio de flotadores físicos, los cuales pueden ser cualquier elemento que se quede en la superficie y sea fácilmente visible; al tener las secciones del río donde el régimen sea laminar se puede soltar un elemento flotador a una distancia conocida para que la corriente lo empuje; por medio de un cronometro se calcula el tiempo necesario para recorrer esa distancia y se obtiene la velocidad dividiendo la distancia por el tiempo, por medio de la formula siguiente:

$$V=D/T$$

Donde:

V= velocidad en m/s.

D= distancia en metros

T= tiempo en segundos

(Programa de Pequeños Subsidios del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) , 2017)

3. Procedimiento.

Medición de caudal por método volumétrico.

- Determinar una fuente de agua entubada que sea factible medir.
- Usar un recipiente de volumen conocido.
- Abrir el grifo al máximo y colocar súbitamente el recipiente con el que se recibirá el agua e iniciar la toma de tiempo.
- Cronometrar el tiempo al obtener el volumen de agua previamente determinado y Calcular el caudal en litros por segundo.
- Repetir los pasos c. al d. con el 75%, 50% y 25% del grifo abierto.

Medición de caudal por método de múltiples aforos sección-velocidad.

- Ubicar un río o riachuelo.
- Encontrar un lugar adecuado para control de aforo.
- Mediante GPS averiguar su ubicación en coordenadas geográficas.
- Una vez determinada la zona donde se efectuará la medición se deberá colocar dos estacas, una en cada orilla para amarrar un lazo y fijándose que la línea que las une sea perpendicular a la dirección del río para determinar el ancho de este.
- Dividir el ancho del cauce en tramos de acuerdo con el cuadro 2.

Cuadro 2. Espaciamientos de sondeo según el ancho del cauce.

Ancho del Cauce (m)		Espaciamiento (m)
De:	A:	
0	1	0.20
1	2	0.25
2	4	0.50
4	8	1.00
8	15	1.50
15	25	2.00
25	50	3.00
50	75	4.00
75	125	5.00

Fuente: ICC, Manual de medición de caudales

- A cada espaciamiento amarrar la punta de una pita de metro y medio para ubicar los lugares en donde se realizará la lectura de profundidad y velocidad.
- Obtener la profundidad al principio y al final de cada tramo como se muestra en siguiente y obtener la profundidad media y ancho de cada sección para generar el área por cada tramo medido de la sección transversal.

$$A1 = \frac{a+b}{2} \times L + A2 = \frac{a+b}{2} \times L \dots \dots \dots A10 = \frac{a+b}{2} \times L$$

Donde:

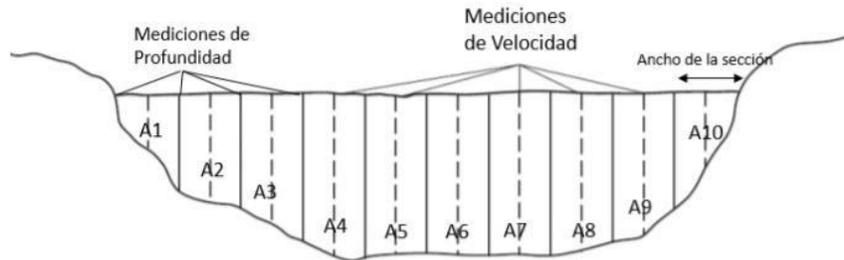
A1: Es el área de la sección, en m²

a: profundidad inicial del tramo, en m

b: profundidad final del tramo, en m

L: Ancho de la sección, en m

$$\text{Area total} = \sum A1 + A3 \dots A9 + A10$$



Secciones parciales de un cauce.

Fuente: ICC, Manual de medición de caudales

- h. Medir desde las estacas anteriormente colocadas un metro y colocar otro par de estacas, pasar otro lazo perpendicularmente.
- i. Estirar las pitas y amarrar la otra punta al segundo lazo colocado.
- j. Una persona se ubicará en el segundo lazo y colocará la pelota en el primer esparcimiento para soltar la pelota, mientras que otra cronometrará el tiempo que le llevará a la pelota llegar de un lazo a otro; este proceso se repetirá como mínimo tres veces y se sacará el promedio de los datos.



- k. Se repetirá el paso j por cada esparcimiento.
- l. Con los datos obtenidos se calculará la velocidad de la corriente
- m. Se calculará el caudal por cada esparcimiento o sección y se sumarán los datos para encontrar caudal total del afluente.

(Programa de Pequeños Subsidios del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) , 2017)

HOJA DE REPORTE. PRÁCTICA No. 4

GRUPO NO. _____

No.	Apellidos, Nombres	Carnet	Sede
1			
2			
3			
4			
5			
6			

Cuadros de resultados

Dejar constancia de los procedimientos matemáticos a mano.

MEDICIÓN DE CAUDAL POR MÉTODO VOLUMÉTRICO				
% de apertura	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (ml/s)	Caudal (lit/h)
100				
75				
50				
25				

MEDICIÓN DE CAUDAL POR MÉTODO SECCIÓN-VELOCIDAD.						
Lugar: _____		Hora inicio/final: _____ / _____				
Coordenadas: _____		Rio: _____				
Cuenca: _____		Fecha: _____				
Observaciones: _____						
No.	Profundidad (a)	Profundidad (b)	Sector (m)	Vel. (m/s)	Área (m ²)	Caudal Q (m ³ /s)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
Ancho de río: <input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>				Total m ³ /s:		
				Total gal/m:		

HOJA DE TRABJO PRACTICA No. 4

Complete el siguiente cuadro con la información faltante, Deje constancia del proceso matemático en el lado anverso de la hora.

No.	Profundidad (a)	Profundidad (b)	sector (m)	Vel. (m/s)	Área (m ²)	Caudal Q (m ³ /s)	
1	0.03	0.4	2	0.1			
2	0.4	0.45	2	0.07			
3	0.45	0.5	2	0.2			
4	0.5	0.8	2	0.3			
5	0.8	0.95	2	0.51			
6	0.95	1.2	2	0.6			
7	1.2	1.3	2	0.75			
8	1.3	1	2	0.7			
9	1	0.7	2	0.11			
10	0.7	0.4	2	0.1			
11	0.4	0.02	1.53	0.1			
Ancho de río: <input style="width: 80px; height: 25px;" type="text"/>						Total m ³ /s	
						Total gal/m	

No.	Profundidad (a)	Profundidad (b)	sector (m)	Vel. (m/s)	Área (m ²)	Caudal Q (m ³ /s)	
1	0.03	0.56		0.04			
2	0.56	0.95		0.3			
3	0.95	0.8		0.51			
4	0.8	0.52		0.27			
5	0.52	0.45		0.2			
6	0.45	0.02	1.03	0.06			
Ancho de río: <input style="width: 80px; height: 25px; text-align: center;" type="text" value="8.53"/>						Total m ³ /s	
						Total gal/m	

PRÁCTICA No. 5: MORFOMETRÍA DE UNA CUENCA HIDROGRÁFICA

1. Objetivos:

- 1.1. Conocer los conceptos relacionados a la morfometría de una cuenca hidrográfica.
- 1.2. Delimitar una cuenca de manera correcta a partir de curvas a nivel.
- 1.3. Calcular las diferentes características morfométricas de una cuenca.

2. Marco Teórico:

Cuenca hidrográfica:

Las cuencas hidrográficas son espacios territoriales delimitados por un parteaguas (partes más altas de montañas) donde se concentran todos los escurrimientos (arroyos y/o ríos) que confluyen y desembocan en un punto común llamado también punto de salida de la cuenca, que puede ser un lago (formando una cuenca denominada endorreica) o el mar (llamada cuenca exorreica). En estos territorios hay una interrelación e interdependencia espacial y temporal entre el medio biofísico (suelo, ecosistemas acuáticos y terrestres, cultivos, agua, biodiversidad, estructura geomorfológica y geológica), los modos de apropiación (tecnología y/o mercados) y las instituciones (organización social, cultura, reglas y/o leyes).

Las cuencas hidrográficas permiten entender espacialmente el ciclo hidrológico, así como cuantificar e identificar los impactos acumulados de las actividades humanas o externalidades (sedimentos, contaminantes y nutrientes) a lo largo del sistema de corrientes o red hidrográfica, que afectan positiva o negativamente la calidad y cantidad del agua, la capacidad de adaptación de los ecosistemas y la calidad de vida de sus habitantes (ver figuras 1 y 2). Aforar es medir un caudal, el cual es un fluido en movimiento, se mide en unidades de volumen por unidad de tiempo (l/seg., m³/seg, gal/min); puede realizarse en pequeños manantiales hasta grandes ríos. El aforo puede ser directo al medir directamente el caudal o indirecto cuando se mide algún parámetro en el cauce y con este se calcula el caudal.

Cuenca

Sistema integrado por varias subcuencas o microcuencas.

Subcuencas

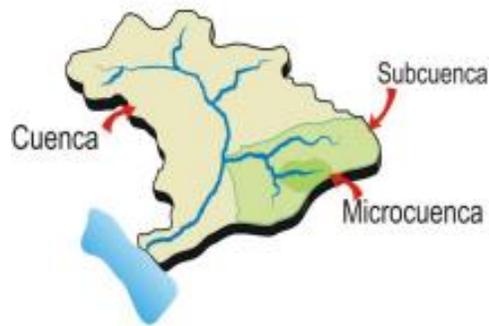
Conjunto de microcuencas que drenan a un solo cauce con caudal fluctuante pero permanente.

Microcuencas

Una micro cuenca es toda área en la que su drenaje va a dar al cauce principal de una Subcuenca; es decir, que una Subcuenca está dividida en varias microcuencas.

Quebradas

Es toda área que desarrolla su drenaje directamente a la corriente principal de una microcuenca.



Cuenca alta

Corresponde generalmente a las áreas montañosas o cabeceras de los cerros, limitadas en su parte superior por las divisorias de aguas.

Cuenca media

Donde se juntan las aguas recogidas en las partes altas y en donde el río principal mantiene un cauce definido.

Cuenca baja

O zonas transicionales donde el río desemboca a ríos mayores o a zonas bajas tales como estuarios y humedales.

Zona de Cabecera

Es la zona donde nacen las corrientes hidrológicas, por ende se localizan en las partes más altas de la cuenca. Generalmente la rodean y por su función –principalmente de captación de agua presentan la mayor fragilidad hidrológica.

Zona de Captación

Transporte Es la porción de la cuenca que en principio se encarga de captar la mayor parte del agua que entra al sistema, así como de transportar el agua proveniente de la zona de cabecera. Esta zona puede considerarse como de mezcla ya que en ella confluyen masas de agua con diferentes características físico-químicas.

Zona de Emisión

Se caracteriza por ser la zona que emite hacia una corriente más caudalosa el agua proveniente de las otras dos zonas funcionales.

Divisoria de aguas

La divisoria de aguas o *divortium aquarum* es una línea imaginaria que delimita la cuenca hidrográfica. Una divisoria de aguas marca el límite entre cuenca hidrográficas y las cuencas vecinas. El agua precipitada a cada lado de la divisoria desemboca generalmente en ríos distintos. También se denomina “parteaguas”.

Río principal

El río principal suele ser definido como el curso con mayor caudal de agua (medio o máximo) o bien con mayor longitud. Tanto el concepto de río principal como el nacimiento del río son arbitrarios, como también lo es la distinción entre el río principal y afluente. Sin embargo, la mayoría de cuencas de drenaje presentan un río principal bien definido desde la desembocadura hasta cerca de la divisoria de aguas. El río principal tiene un curso, que es la distancia entre su nacimiento y su desembocadura.

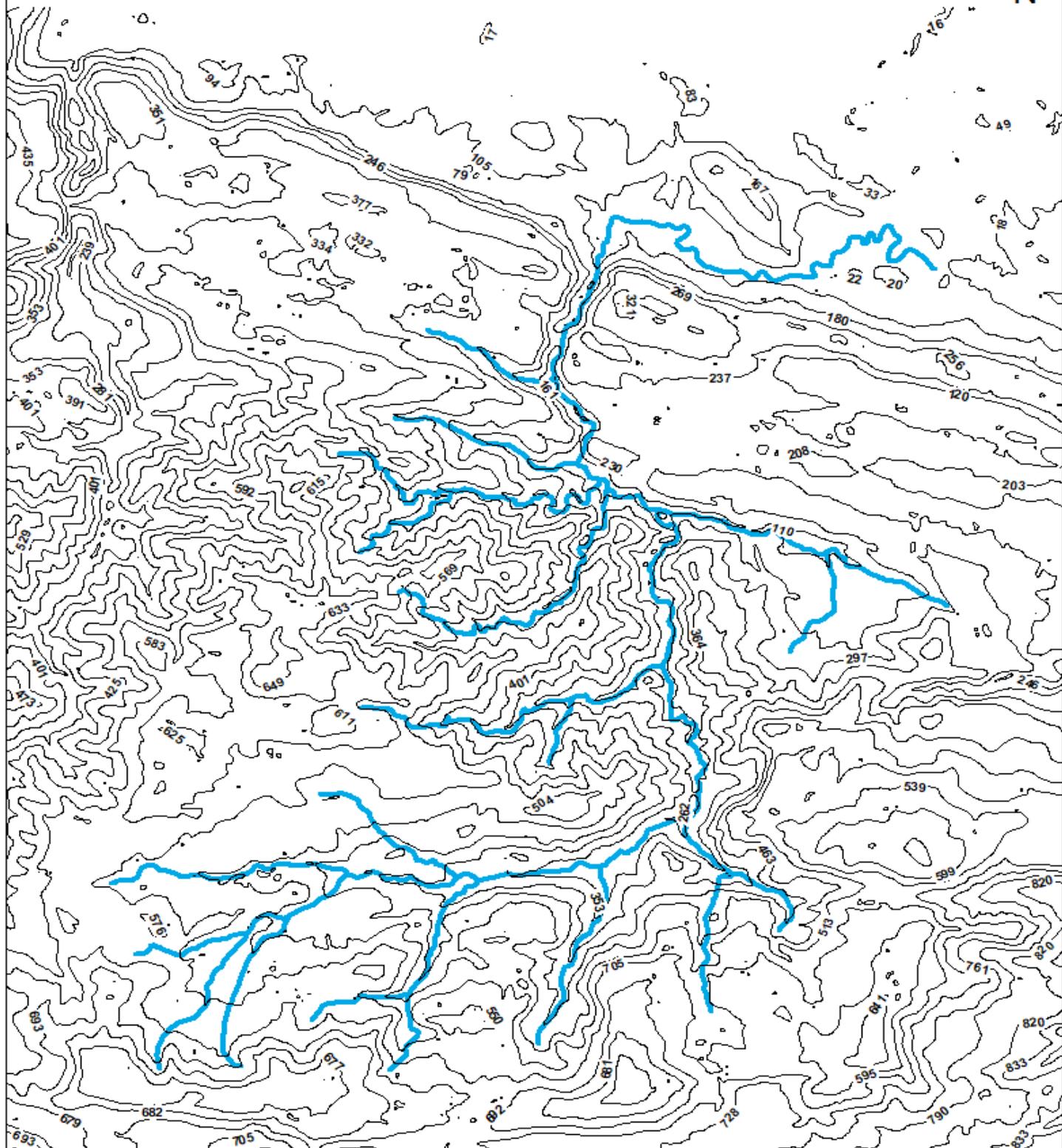
Afluentes

Corresponde a un curso de agua, también llamado tributario, que desemboca en otro río más importante con el cual se une en un lugar llamado confluencia. En principio, de dos ríos que se unen es considerado como afluente el de menor importancia (por su caudal, su longitud o la superficie de su cuenca).

Efluentes

Lo contrario de un afluente es un efluente o distributivo, es decir, una derivación (natural o artificial) que se desprende fuera de la corriente principal de un río mayor a través de otro menor. Los de origen natural se encuentran en su mayoría en los deltas fluviales. Son más frecuentes los efluentes de “origen artificial”, es decir, de una derivación, acequia o canal que se utiliza con fines de riego o de abastecimiento de agua en regiones relativamente alejadas del río principal.

Mapa Subcuenca Copón



Escala 1:200,000

Elaborado por: Ing. Agr. Javier Ruiz

3. Procedimiento.

Delimitación de la cuenca

- a. En base al mapa de curvas a nivel de la subcuenca copón se realizará la delimitación a lápiz sobre el mapa ubicado en la página 52.
- b. Se ubican los puntos altos que están definidos por las curvas de nivel en el plano (estas curvas son líneas que indican la elevación de los lugares por donde pasan y cuya elevación será igual al valor de la curva). La línea divisoria debe pasar por los puntos altos definidos cortando ortogonalmente las curvas de nivel.
- c. En cualquier punto del terreno la línea divisoria debe ser el punto de mayor altitud excepto cerros o puntos altos que se encuentran dentro de la cuenca.
- d. La línea divisoria nunca debe cortar un río, quebrada o arroyo.
- e. Trazar la delimitación toando en cuenta los criterios anteriores.

Perímetro de la cuenca

- a. Deberá superponer un hilo sobre la línea del perímetro de la cuenca y luego cortar donde se junten los dos hilos.
- b. Con una regla o con una cinta métrica deberá medir la longitud del hilo en cm.
- c. Calcular el perímetro de la cuenca en la vida real relacionando la longitud del hilo con la escala del mapa.

Área de la cuenca

- a. En un papel acetato realizar un cuadrículado de 1 cm X 1 cm.
- b. Se superpone el papel acetato cuadrículado en el mapa donde se delimito la cuenca y pegar los bordes con cinta adhesiva para evitar el movimiento.
- c. Se contarán las cuadrículas que estén completamente cubiertas por el área en cuestión, estas recibirán un valor de uno cada una de ellas.
- d. Las cuadrículas que estén parcialmente cubiertas por el área en cuestión se les asignara un valor de 0.5 o 0.25 dependiendo de cuanto abarque de la cuadrícula.
- e. Se procede a realizar la suma de los valores de las cuadrículas completas más los valores de las cuadrículas parciales y ese será el área de la cuenca en centímetros cuadrados.
- f. En base a la escala del mapa debe convertir el área en papel a área real.

Mapa de clase de corrientes

- a. El mapa de la Subcuenca copón le brinda las corrientes permanentes e intermitentes, en base a las curvas a nivel se deben trazar las corrientes efímeras sobre el mapa ubicado en la pagina 52.
- b. Al tener los tres tipos de corriente sobre el mapa ubicado en la página 52 debe colocar una hoja de acetato sobre la cual debe pasar con marcador negro la cuenca delimitada, con color azul las corrientes permanentes (corrientes que

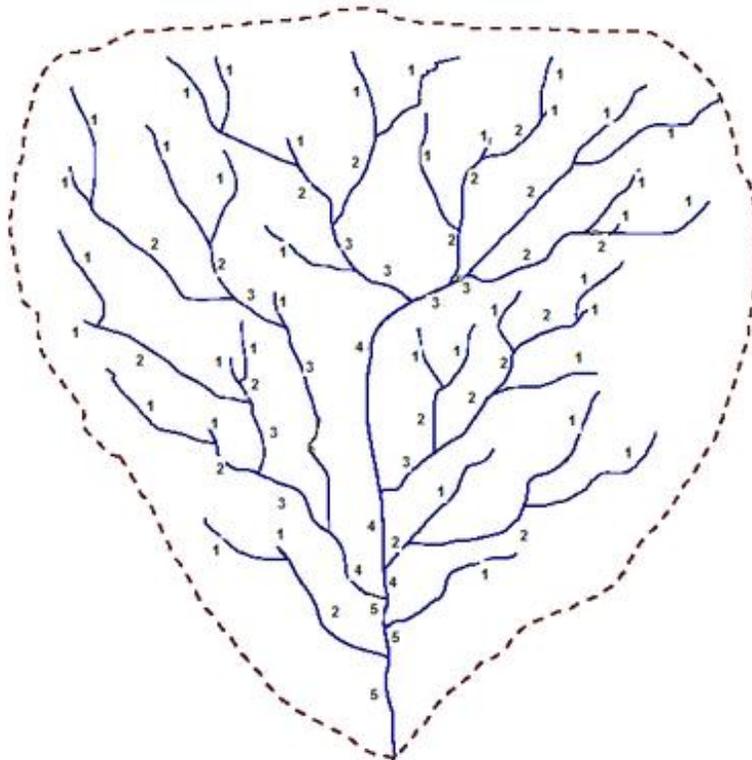
siempre transportan agua), con punteado azul las corrientes intermitentes (solo conducen agua en la época de lluvia) y de color rojo punteado o guines las cuencas efímeras (se presentan después de una lluvia).

- c. Agregar leyenda al mapa.

Mapa de orden de corrientes

ORDEN DE CORRIENTES	
Primer orden	Es un río sin ramificaciones.
Segundo orden	Es un río que posee ramificaciones únicamente de primer orden.
Tercer orden	Es un río que posee ramificaciones de primer y segundo orden.
Cuarto orden	Es un río que posee ramificaciones de primer, segundo y tercer orden.

- a. Deberá realizar la clasificación de orden de corrientes a lápiz colocando el orden de corriente al lado de cada una de estas en el mapa ubicado en la página 52, al tener el visto bueno del catedrático procederá a realizar el siguiente paso.
- b. En una hoja de acetato deberá pasar la delimitación de la cuenca con marcador de color negro y trazo punteado o guiones, todas las corrientes con color azul y el número de corrientes lo debe asignar con color negro como se muestra en la siguiente imagen de ejemplo.



Gráfica Log Nu vrs. U

- Esta grafica se realiza para determinar si los órdenes de las corrientes y los números de cada uno, se definieron correctamente.
- La grafic se plotea en papel semilogaritmico colocando en el eje de las abscisas el orden de corriente "u" y en el de las ordenadas el número de corrientes de orden osea "Nu".
- Se puede plotear en papel aritmético el valor del logaritmo del número de corrientes.
- El grafico tiene que coincidir con una recta de sentido negativo, si no es asi, quiere decir que no se dio un buen conteo de orden de corrientes.

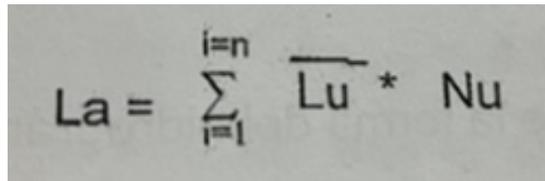
Longitud media de corrientes (Lu)

- Es indicador de pendientes, donde las cuencas con corrientes de longitudes cortas reflejan pendientes muy escapadas y las cuencas con corrientes de longitudes largas van a reflejar pendientes suaves o planas.
- Con el hilo se debe medir la longitud total de cada orden de corrientes del mapa de orden de corrientes.
- Aplicar la fórmula:

$$LU = \text{Longitud acumulada de corriente de orden } U / Nu$$

Longitud acumulada de corrientes (La)

- Calcular la longitud acumulada de corrientes mediante la fórmula:


$$La = \sum_{i=1}^{i=n} \overline{Lu} * Nu$$

Donde:

N=Número de corrientes de orden U

Lu=Longitud media de las corrientes de orden u

Nu=Numero de corrientes de orden u

M=número de orden de corrientes

Forma de la cuenca (Rf)

- a. Calcular la relación de la forma (RF) mediante la siguiente formula:

$$Rf = Ak/Lc^2$$

Donde:

AK=área de la cuenca

LC²=Longitud del cauce principal desde el nacimiento del cauce hasta la salida de la cuenca.

Se tienen valores diferentes de relaciones de forma, según la forma geométrica de la cuenca, donde para un círculo es de 0.79, para un cuadrado con la salida en el punto medio de uno de los lados es de 1 y para un cuadrado con la salida en una esquina es de 0.5, por lo que generalmente las cuencas ovaladas tienen valor de 0.4-0.5 y en las cuencas largas valores menores a 0.3.

Densidad de drenaje (D)

- a. Es una característica física importante, valores de 0.5 km/km² Para cuencas con drenaje pobre, hasta 3.5 m/km² para cuencas bien drenadas.
- b. Se debe calcular mediante la siguiente formula

$$D = LA/AK$$

Donde:

La=Longitud acumulada o total de las corrientes de agua en km

Ak= Área de la cuenca.

HOJA DE REPORTE. PRÁCTICA No. 4

GRUPO NO. _____

No.	Apellidos, Nombres	Carnet	Sede
1			
2			
3			
4			
5			
6			

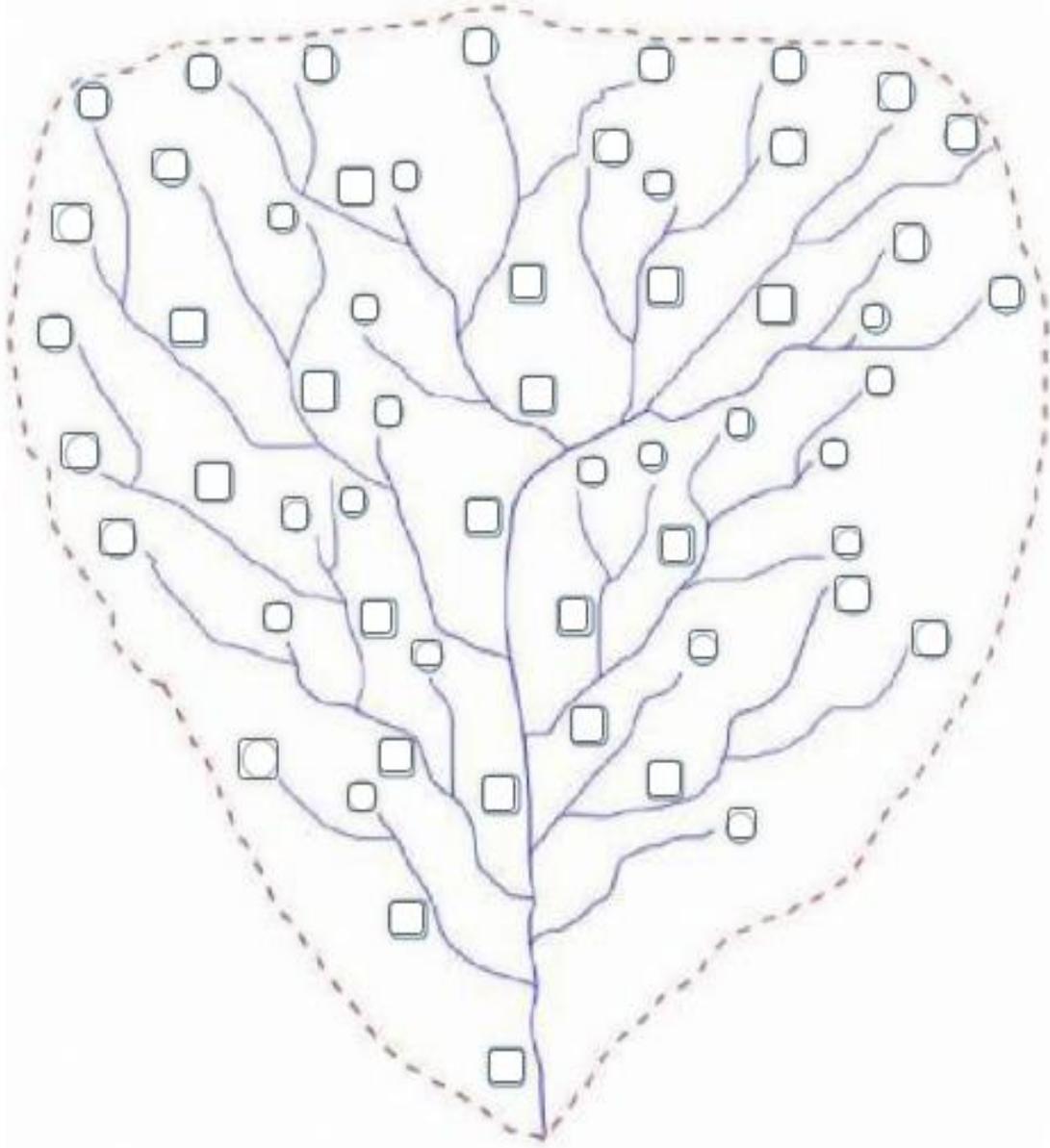
Cuadros de resultados

Dejar constancia de los procedimientos matemáticos a mano.

Morfometría Subcuenca Copón	
	Resultado
Perímetro (km)	
Área (km²)	
Orden de cuenca	
Longitud media de corrientes (km)	
Longitud acumulada de corrientes (km)	
	Interpretación
Grafica Log Un vrs. U	
Forma de la cuenca	
Densidad de drenaje	

HOJA DE TRABJO PRACTICA No. 5

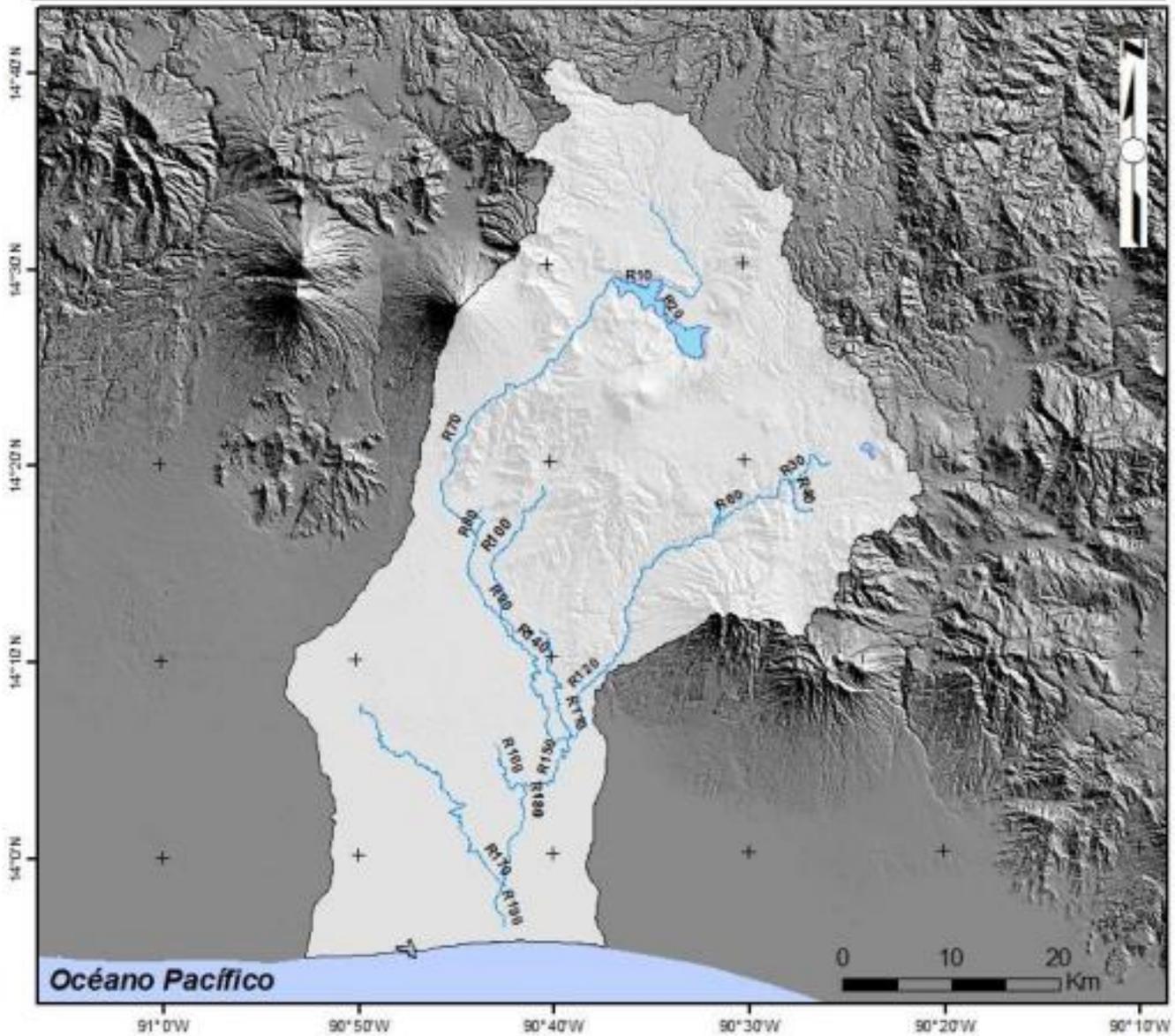
Determine el orden de la siguiente cuenca y corrobore que lo haya realizado de manera correcta mediante la gráfica de Log Nu vrs U.



ORDEN DE LA CUENCA:

Determine el área y el perímetro de la siguiente cuenca tomando en cuenta que la escala a la que se encuentra es de 1:200,000.

TRAMOS DE ESTUDIO PARA EL MODELO, CUENCA MARÍA LINDA, GUATEMALA, C. A.



BIBLIOGRAFÍA

- León, F. M., & Quirantes, J. A. (s.f.). *OBSERVACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE NUBES*.
- Abatzoglou, J. S. (2018). *Terraclimate, a high-resolution global dataset of monthly climate and climatic water balance from 1958-2015*,. Obtenido de <http://www.climatologylab.org/> : <http://www.climatologylab.org/terraclimate.html>
- Acuña Valverde, D., & Robles Sánchez, D. (2015). *MANUAL DE METEOROLOGÍA Y DE GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN CLIMÁTICA*. CIAD-UNASAM.
- Center for Innovation in Engineering and Science Education (CIESE) . (2005). *Cielo Azul*. Obtenido de <http://www.ciese.org/>: <http://www.ciese.org/curriculum/weatherproj2/es/index.shtml>
- Chambers, L. (3 de 1 de 2017). *Atmósfera. Módulo de entrenamiento de nubes*. The Globe Program a Worldwide Science and Education Program.
- Desert Research Institute, University of Idaho; University of California Merced;Google Faculty Research award White House Climate Initiative. (s.f.). *climateengine*. Obtenido de [climateengine: http://climateengine.org/](http://climateengine.org/)
- FAO. (23 de 1 de 2021). <http://www.fao.org/>. Obtenido de <http://www.fao.org/>: http://www.fao.org/tempref/fi/cdrom/fao_training/fao_training/general/x6706s/x6706s06.htm#top
- Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. (s.f.). *INSIVUMEH*. Obtenido de <https://insivumeh.gob.gt/>
- Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático ICC. (2017). *Manual de medición de caudales*. Guatemala.
- Programa de Pequeños Subsidios del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) . (11 de Octubre de 2017). *Como medir el caudal de un río con el “Método del Flotador”*. Obtenido de <http://ppsdóm.org/>: <http://ppsdóm.org/como-medir-el-caudal-de-un-rio-con-el-metodo-del-flotador/>
- S.Seara, B. (Mayo de 2012). *Experiencia.com*. Obtenido de Experimentos de meteorología: <https://www.experiencia.com/tag/experimentos-de-meteorologia/>