

Modelo de Balance Hídrico



Objetivo General

Reproducir un modelo de almacenamiento de agua de los suelos durante más de un año.

Visión General

El alumnado crea un modelo físico que ilustra el balance hídrico en el suelo utilizando vasos para representar la columna de suelos. Utilizan datos del servidor de datos de GLOBE para calcular la posible evapotranspiración (la cantidad de agua que se necesita para satisfacer la demanda de cada mes), la media mensual de las temperaturas y las precipitaciones para su modelo. Una vez hecho esto, construyen un modelo que representa el balance hídrico del suelo del Sitio de Estudio.

Objetivos Didácticos

Los alumnos serán capaces de crear un modelo del ambiente físico y de explicar cómo el modelo se puede utilizar para expresar los datos y realizar predicciones.

Conceptos de Ciencias

Ciencias de la Tierra y del Espacio

Los suelos tienen propiedades de color, textura y composición; además, soportan el crecimiento de muchos tipos de plantas.

Los suelos están compuestos por rocas erosionadas y materia orgánica descompuesta.

El agua circula por la biosfera, litosfera, atmósfera e hidrosfera (ciclo del agua).

Habilidades de Investigación Científica

Identificar preguntas y respuestas relacionadas con este protocolo.

Diseñar y llevar a cabo una investigación científica

Utilizar los instrumentos y las técnicas apropiadas.

Utilizar los datos para elaborar una explicación razonable.

Reconocer y analizar explicaciones alternativas.

Utilizar los cálculos apropiados.

Comunicar los procedimientos y las explicaciones.

Tiempo

Una clase para calcular valores

Una clase para construir el modelo

Una clase para probar la hipótesis

Nivel

Intermedio y avanzado

Materiales y Herramientas

Parte I: El Modelo Físico

14 vasos de precipitación, vasos o probetas (aproximadamente 20-25 cm de alto, o lo suficientemente altos para contener el total de precipitaciones del mes más húmedo en el sitio modelo)

Agua

Rotuladores permanentes rojo y negro

Regla

Datos del servidor GLOBE o del ejemplo proporcionado más adelante.

Parte II: Modelo Matemático

Datos de un año de precipitaciones, temperatura, humedad del suelo.

Tablas y gráficas de esta actividad.

Preparación

Para la Parte II, encontrar centros que tengan datos apropiados en el servidor de GLOBE.

Requisitos Previos

Cálculos matemáticos simples, leer gráficas, y utilizar el servidor de visualización de GLOBE.

Antecedentes

La cantidad de agua almacenada en el suelo del sitio de estudio puede ser calculada creando un modelo de balance para su área. El agua presente en los suelos depende del balance entre el agua obtenida debida a las precipitaciones y el agua que se pierde por la evaporación y la transpiración. La cantidad combinada del agua que se pierde por la evaporación y transpiración se denomina *evapotranspiración*. La máxima cantidad de evapotranspiración se llama *evapotranspiración potencial*, y puede ocurrir si el agua estuviera siempre disponible. Algunas veces, por ejemplo durante un verano seco, la cantidad de agua evaporada puede sobrepasar las precipitaciones, y el agua no siempre está disponible para cubrir todas las demandas.

El agua que contienen los suelos es un factor fundamental en la determinación de qué plantas pueden crecer en cada área. Varios factores regulan el contenido del agua, por ejemplo, la temperatura, la duración de las horas de sol, la cantidad de plantas y vegetales, así como la cantidad de lluvias. Se podría pensar que los meses con mayores precipitaciones son también los meses con la mayor cantidad de agua en los suelos. Sin embargo esto no siempre es cierto. Si las temperaturas son tan altas que la mayor parte del agua se evapora, los meses más fríos deberían tener un mayor contenido de agua en el suelo. Los científicos estudian el balance hídrico en un área para poder predecir cuándo las plantas van a crecer y cuándo estarán bajo los efectos del estrés debido a la falta de agua.

Apoyo al Profesorado

Preparación Previa

Analice con los alumnos la importancia de mantener el agua en el suelo. Puede utilizar la actividad de *Un Simple Repaso* para enseñar las propiedades de los diferentes suelos.

Qué Hacer y Cómo Hacerlo

Examine los datos de 1999 del centro Reynolds Jr Sr. La evapotranspiración potencial (EP) es la cantidad de agua que se podría perder a través de la evaporación y la transpiración si el agua estuviera siempre disponible. Cuando la EP es menor que las precipitaciones, el agua está disponible para las plantas. Cuando la EP es mayor que las precipitaciones, las plantas deben depender del agua almacenada en el suelo. La EP se calcula para este modelo utilizando una fórmula matemática que incluye dos variables, la temperatura y la luz del sol.

Los alumnos tendrán que responder a las siguientes preguntas para interpretar los datos.

- ¿Qué mes tiene las mayores precipitaciones? ¿Cuál es el que tiene menos?
- ¿Qué mes es el más cálido? ¿Cuál es el más frío?
- ¿Durante qué meses se esperaría tener agua que sobre (demasiada agua almacenada en el suelo)?
- ¿Durante qué meses esperarías tener escasez de agua (falta de agua almacenada en los suelos para cubrir las necesidades de las plantas)?

Reynolds Jr Sr High School, Greenville, PA, US, Datos de 1999

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Total precipitaciones mensuales (mm)	120	70	55	121	63	50	77	84	62	35	109	56
EP (mm) Evapotranspiración Potencial	0,0	0,0	0,0	42	85	118	141	109	83	36	20	0,0
Media mensual de Temperaturas (°C)	-4,6	-0,7	-1,1	9,0	14,8	19,5	22,4	19,2	17,0	8,9	6,2	-1,6

Parte I – Un Modelo Físico

Organizando el Modelo

1. Los alumnos colocan 12 recipientes que representan los meses del año, y los etiquetan desde enero a febrero. Ver Figura HI-BA-1.
2. Utilizando los datos del centro Reynolds (u otros datos disponibles), los alumnos deben encontrar la EP para cada mes. Se puede utilizar para ello una regla, y un rotulador negro para dibujar una línea en cada recipiente indicando la EP en mm para cada mes.
3. Se señala el recipiente número 13 como de almacenamiento. Se hace una línea en los 100 mm del recipiente para indicar cuando está lleno. El recipiente número 14 se utiliza para las precipitaciones.

Utilizando el Modelo

Proporcionar las siguientes instrucciones al alumnado. Primero, encontrar la cantidad de precipitaciones de enero en la tabla. Medir esta cantidad en el vaso de precipitación; después verterlo en el vaso de precipitación del mes de enero, utilizando las siguientes normas:

Regla 1: Si tiene más precipitaciones de las que necesita en el mes, llene el recipiente de enero hasta la línea de EP, y después, vierta el resto del agua en el de almacenamiento (el n° 13).

Regla 2: el recipiente de almacenamiento sólo puede ser llenado hasta los 100 mm. Si enero está lleno hasta la línea de EP y el almacenamiento está lleno, se puede tirar el resto del agua.

Regla 3: Si no hay suficientes precipitaciones para llenar el recipiente de enero, se vierte todo el contenido y después se añade agua del almacenamiento hasta llegar a la línea de EP.

Regla 4: Si se han utilizado todas las precipitaciones del mes, y el almacenamiento está vacío, se hace una línea roja en el recipiente de enero indicando donde está la línea de agua. La diferencia entre las líneas rojas y negras es la falta de agua de cada mes.

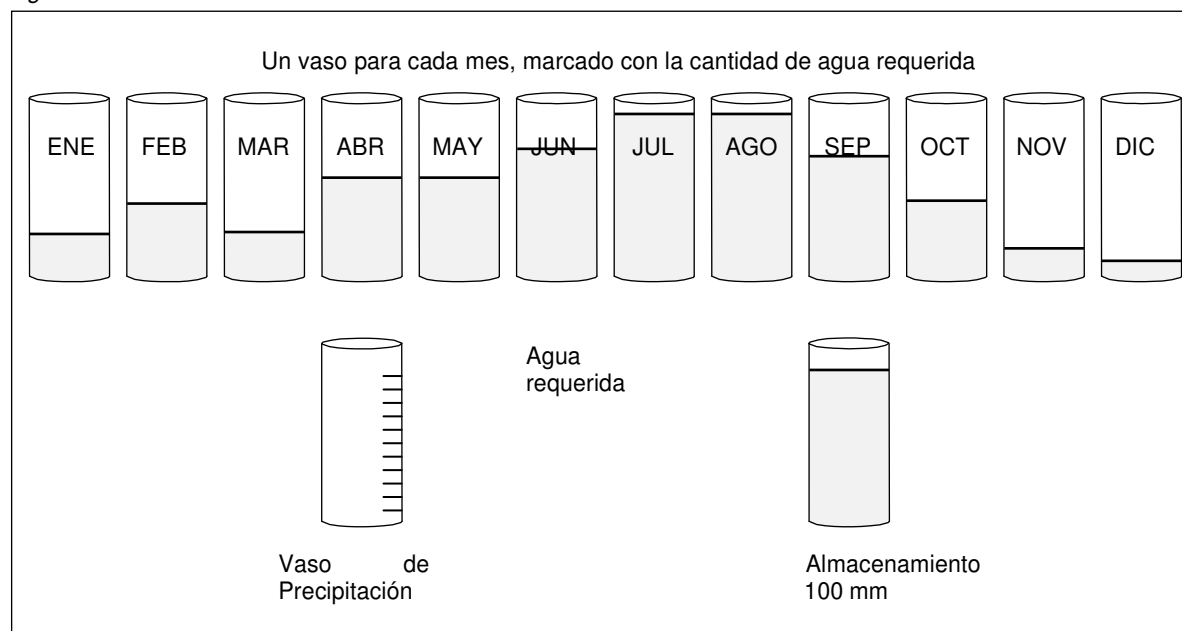
Repita los pasos para cada mes, a lo largo de todo el año.

Análisis de los Resultados

Se pide a los alumnos que respondan las siguientes preguntas:

1. ¿Qué meses muestran una escasez de agua? ¿Coincide esto con la hipótesis inicial? ¿Hay variables que se deban tener en cuenta para formar una hipótesis sobre la escasez de agua?
2. ¿La escasez de agua se produce siempre en meses con bajas precipitaciones?
3. ¿Se produce la escasez de agua siempre en los meses con las temperaturas más altas?
4. ¿Durante qué meses podría esperar inundaciones?

Figura HI-BA-1: Definición del Modelo del Balance Hídrico



Probando las Hipótesis en el Modelo

Los alumnos realizarán hipótesis que predigan cómo puede cambiar el balance hídrico, por los cambios en las variables.

Habrán que considerar las siguientes posibilidades:

1. ¿Qué ocurrirá si tiene lugar un invierno especialmente húmedo? (aumentan las precipitaciones invernales en un mes de invierno)
2. ¿Qué pasaría si hubiera un verano inusualmente seco? (decrecen las precipitaciones veraniegas durante un mes de verano)
3. ¿Qué pasaría si hubiera un verano inusualmente caluroso? (aumenta la necesidad de agua (EP) en los meses de verano)
4. ¿Qué pasaría si se aumenta el almacenamiento mediante la creación de otro almacenamiento artificial? (aumenta el almacenamiento hasta 150 mm)

El alumnado comprobará sus hipótesis cambiando las variables en la tabla y probando el modelo de nuevo.

Notas: Los alumnos comenzarán en el mes de octubre con el experimento. Los hidrólogos definen “el año hidrológico” empezando por octubre (en el hemisferio norte), antes de la acumulación de nieve en invierno. ¿Hay un resultado diferente?

Investigaciones Posteriores

Utilizando la *Hoja de Gráficas para Calcular la Evapotranspiración Potencial*, o las fórmulas al final de la actividad, los alumnos pueden encontrar las cifras de EP para cualquier centro GLOBE con datos de temperatura de un año.

Los alumnos deberán:

1. Utilizar los datos de su propio centro, o encontrar otro centro GLOBE en diferentes partes del mundo, para investigar las diferencias en el equilibrio de agua en diferentes ecosistemas o biomas.
2. Examinar el balance hídrico de un mismo sitio durante varios años. ¿Cambia el equilibrio de agua de año en año?

Parte II – Un Modelo Matemático

Los alumnos deben completar la *Hoja de Trabajo de Balance Hídrico* de su propio sitio, o de otro, usando los datos GLOBE.

Seguirán los siguientes pasos para rellenar la *Hoja de Trabajo*:

1. Encontrar el total de precipitaciones mensuales para cada mes, y rellenar la columna de precipitaciones en la tabla.

2. Calcular la Evapotranspiración Potencial (EP) de cada mes y rellenar la fila de EP en la tabla (la EP debe ser calculada utilizando la *Hoja de Trabajo de Cálculos de la Evapotranspiración Potencial (EP)* o utilizando las fórmulas que se encuentran al final de esta actividad.

3. Calcular las diferencias entre precipitaciones y el agua requerida (EP) para el primer mes:
 - Si hay más agua de la requerida, introducir la diferencia en la fila de agua extra.
 - Introducir esta diferencia en la fila del almacenamiento, y añadirla al agua que ya está en el almacenamiento, proveniente de meses anteriores.

Nota: El primer mes no hay nada para poder añadir del mes anterior.

Nota: El almacenamiento no puede ser mayor de 100. La cantidad que exceda de 100 mm se considera excedente (residuo líquido).

4. Si hay menos agua de la requerida, hay que introducir la diferencia en la fila de Extra de agua requerida.
 - Para calcular el almacenamiento hay que restar (el almacenamiento del mes anterior) – (el agua extra requerida del mes actual).

Si la diferencia es mayor que 0, introduzca este número en la casilla del almacenamiento. Si el número es menor de 0, introduzca 0 en la casilla y el resultado en el apartado de escasez.

Nota: La escasez no es acumulativa. No hay que añadirlo junto con los meses anteriores.

5. Seguir el paso 3 para cada mes en la tabla.
Nota: Los meses deben estar en orden
6. Calcular la cantidad de agua que se pierde por la evapotranspiración real (ER).
Si las precipitaciones >EP:

$$ER = EP$$

Si las precipitaciones < EP:

$$ER = EP - \text{Escasez}$$

7. Realizar un gráfico de precipitaciones, de la evapotranspiración real, (ER) y EP (3 líneas) para el sitio, en un gráfico en el que los meses se colocan en el eje de las X; y mm de agua en el eje de las Y. Examine el gráfico y divídalo en áreas donde haya agua para almacenar, escasez de agua, recarga y excedente.

Hoja de Trabajo de la Tabla de Balance Hídrico

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitaciones (mm)												
(EP) Evapotranspiración Potencial												
Agua Extra												
Agua Requerida												
Agua Almacenada												
Escasez												
Excedente												
(ER) Evapotranspiración Real												

Explicaciones de la Tabla

Precipitaciones: Total de precipitaciones en el mes

Evapotranspiración potencial (EP): Cantidad total de agua que se puede perder a través de la evaporación y la transpiración si el agua fuera siempre fácil de conseguir. Hay que calcular la EP utilizando la *Hoja de Trabajo para Calcular la Evapotranspiración Potencial* o utilizando las fórmulas que se encuentran al final de esta actividad.

Agua Extra: Precipitaciones que exceden las necesidades para cubrir la demanda de un mes.

$$\text{Agua Extra} = (\text{Precipitaciones} - \text{EP}) \text{ cuando la diferencia es positiva}$$

Agua Extra Requerida proveniente del almacenamiento para cubrir las necesidades

$$\text{Agua Extra Requerida} = (\text{Precipitaciones} - \text{EP}) \text{ cuando la diferencia es negativa}$$

Agua del Almacenamiento: Agua almacenada en los suelos. El almacenamiento nunca será menor de 0 o mayor que la capacidad del campo (la capacidad del campo será, en este modelo, 100 mm).

$$\text{Almacenamiento} = \text{Almacenamiento (mes anterior)} + \text{Agua Extra } \acute{o}$$

$$\text{Almacenamiento} = \text{Almacenamiento (mes anterior)} - \text{Agua Extra Requerida}$$

Escasez de Agua: El agua requerida para cubrir las necesidades, superior a las precipitaciones y al almacenamiento.

$$\text{Escasez} = \text{Agua Requerida (mes real)} - \text{Almacenamiento (mes anterior)} \text{ cuando la diferencia es negativa}$$

Excedente: El agua que se pierde cuando las precipitaciones son mayores que la EP y el almacenamiento está completo.

$$\text{Excedente} = \text{Agua Extra (mes actual)} + \text{Almacenamiento (mes anterior)} \text{ cuando la suma es } > 100$$

Evapotranspiración Real (ER): La cantidad de agua que se pierde en realidad, a través de la evaporación y transpiración.

$$ER = EP - \text{Escasez}$$

Investigaciones Posteriores

El alumnado deberá:

1. Examinar los datos de GLOBE de humedad de suelos donde realizaron el modelo de balance hídrico. ¿Qué correlación se puede encontrar entre el modelo y los datos de humedad del suelo?
2. Realizar un gráfico con la medición de las propiedades del agua. ¿Hay algún indicador de cambio en el balance del agua que se pueda correlacionar con la calidad del agua?
3. Utilizar el modelo para examinar posibles efectos del calor del verano o de la humedad de las estaciones más lluviosas de lo normal.
4. Pensar en otros factores que pueden afectar a la humedad del suelo, como la cobertura vegetal, el tipo de suelo, etc ¿Cómo se pueden incorporar estas variables al modelo?

Los alumnos deberán pensar sobre las suposiciones que han realizado en este modelo como que “el suelo mantiene 100 mm de agua” o que “toda el agua que no se almacena, se pierde”. ¿Cómo pueden estas suposiciones afectar los resultados? ¿Cómo pueden mejorar el modelo?

Ejemplo de Respuestas: Centro Educativo Reynolds Jr Sr High School, Greenville, PA, US, (Datos de 1999)

Tabla Completa de Balance hídrico

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación (mm)	120	70	55	121	63	50	77	84	62	35	109	56
Agua Requerida (EP)	0	0	0	42	85	118	14	109	83	36	20	0
Agua Extra	120	70	55	79							88	56
Agua Requerida					22	68	64	25	21	1		
Almacenamiento	100	100	100	100	78	10					88	100
Escasez							53	25	21			
Excedente	20	70	55	79								44
Evapotranspiración Real (ER)	0,0	0,0	0,0	42	85	118	87	84	62	35	20	0
Temperatura (°C)	-4,6	-0,7	-1,1	9,0	14,8	19,5	22,4	19,2	17,0	8,9	6,2	-1,6

Tabla Completa de Evaporación Potencial

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Media de la temperatura mensual (°C)	-4,6	-0,7	-1,1	9	14,8	19,5	22,4	19,2	17	8,9	6,2	-1,6
Índice de calor (de la ecuación)	0	0	0	2,4	5,2	7,9	9,7	7,7	6,4	2,4	1,4	0
EPI (de la ecuación)	0	0	0	38,1	68,2	94,2	110,9	92,5	80,2	37,6	24,6	0
Factor de Corrección (FC) (de la tabla)	0,84	0,83	1,03	1,11	1,24	1,25	1,27	1,18	1,04	0,96	0,83	0,81
EP (EPI x FC)	0	0	0	42	85	118	141	109	83	36	20	0

Utilizando el método de la ecuación (paso 2), **I** es la suma de los índices de calor del mes, **I = 43**

Y **m** es un exponente que se calcula en el Paso 3a,

m = 1,17

Metodo 1: Calcular la Evapotranspiración Potencial Utilizando Gráficas

Calcular la Evapotranspiración Potencial (EP) Utilizando la Hoja de Trabajo de Gráficas

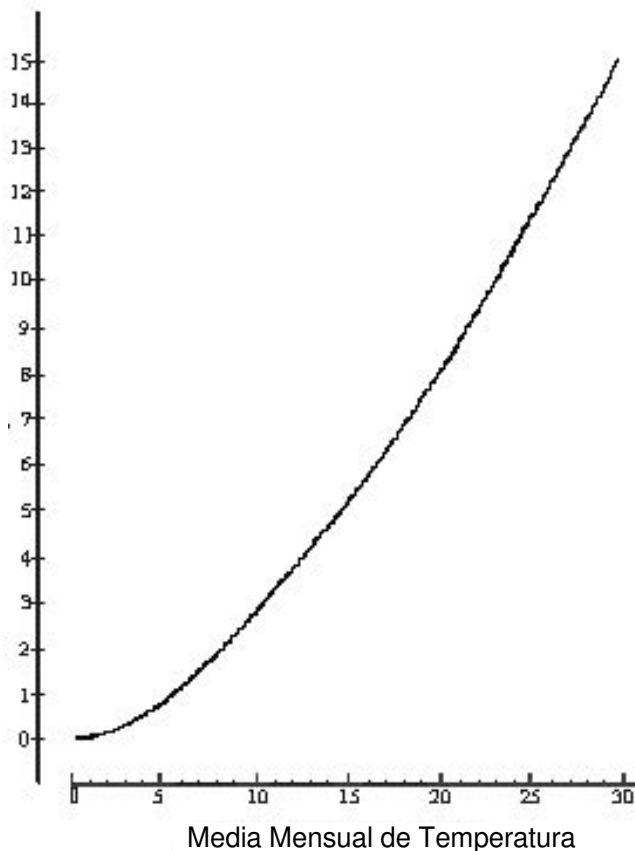
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Media de la temperatura mensual (°C)												
Índice de calor (del gráfico)												
EPI (del gráfico)												
Factor de Corrección (FC, en la tabla)												
EP (EPI x FC)												

Paso 1

Encontrar la media mensual de temperatura para el sitio utilizando el servidor de datos de GLOBE

Paso 2

Encontrar el Índice de Calor de cada mes según la gráfica siguiente.



Mes	Media mensual de temperatura	EPI (ET Potencial no ajustada (mm))
Ene		
Feb		
Mar		
Abr		
May		
Jun		
Jul		
Ago		
Sep		
Oct		
Nov		
Dic		
Índice Anual de Calor _____		

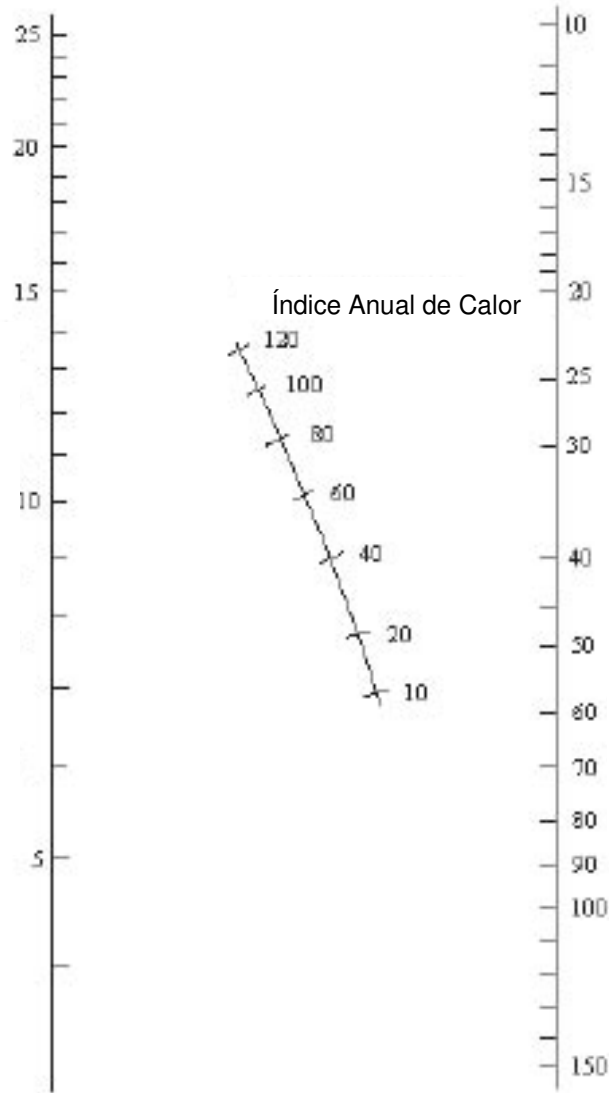
Paso 3

Añadir los Índices Mensuales de Calor juntos para obtener el Índice de Calor Anual: _____

Paso 4

Utilizar el Índice de Calor Anual y la media mensual de la temperatura para encontrar la Evapotranspiración Potencial no ajustada (EPI) del gráfico que está más adelante. **Nota:** Si la media mensual de la temperatura es <0, la EPI de ese mes es 0. Si la temperatura media del mes es >25,0, hay que utilizar el gráfico para altas temperaturas de EPI.

Evapotranspiración Potencial no Ajustada

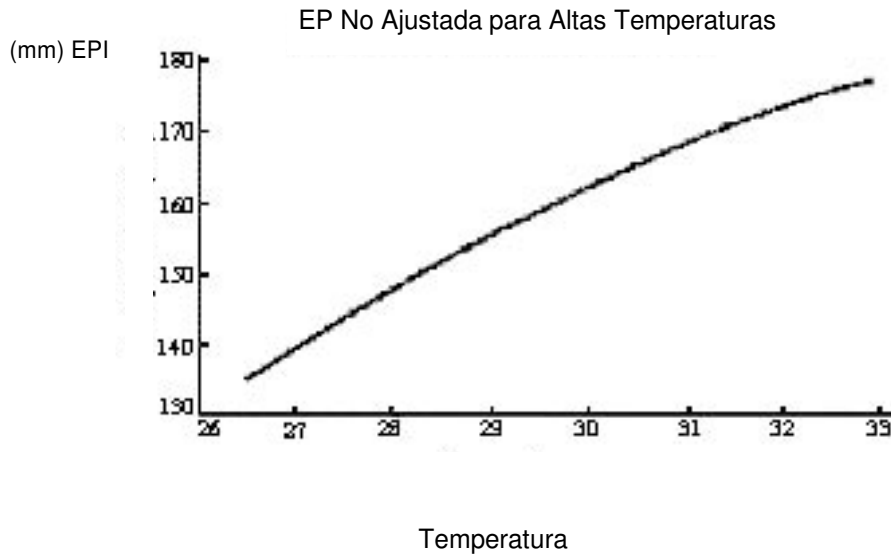


Temperatura

Evapotranspiración Potencial no Ajustada (EPI)

Índice Anual de Calor _____		
Mes	Media Mensual de Temperatura	EPI (ET Potencial no ajustada (mm))
Ene		
Feb		
Mar		
Abr		
May		
Jun		
Jul		
Ago		
Sep		
Oct		
Nov		
Dic		

Nota: Para utilizar el gráfico de arriba, hay que encontrar la Media Mensual de Temperatura que está a la izquierda, y el Índice Anual de Calor en el centro. Hay que hacer una línea recta que una los dos puntos de la gráfica, la interpretación del EPI se encuentra a la derecha.



Nota: Dibujar una línea vertical que vaya desde la temperatura hasta la curva, después una línea horizontal desde la curva hasta la línea de EPI. Por ejemplo, una temperatura de 27° tendrá una EPI de aproximadamente ~ 140 mm.

Paso 5

Encontrar la latitud del centro educativo. Anotar el Factor de Corrección para cada mes de la siguiente tabla:

Factores de Corrección de la Duración del Día para la Evapotranspiración Potencial

Latitud	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0	1,04	0,94	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04
10 N	1,00	0,91	1,03	1,03	1,08	1,06	1,08	1,07	1,02	1,02	0,98	0,99
20 N	0,95	0,90	1,03	1,05	1,13	1,11	1,14	1,11	1,02	1,00	0,93	0,94
30 N	0,90	0,87	1,03	1,08	1,18	1,17	1,20	1,14	1,03	0,98	0,89	0,88
40 N	0,84	0,83	1,03	1,11	1,24	1,25	1,27	1,18	1,04	0,96	0,83	0,81
>50 N	0,74	0,78	1,02	1,15	1,33	1,36	1,37	1,25	1,06	0,92	0,76	0,70
10 S	1,08	0,97	1,05	0,99	1,01	0,96	1,00	1,01	1,00	1,06	1,05	1,10
20 S	1,14	1,00	1,05	0,97	0,96	0,91	0,95	0,99	1,00	1,08	1,09	1,15
30 S	1,20	1,03	1,06	0,95	0,92	0,85	0,90	0,96	1,00	1,12	1,14	1,21
40 S	1,27	1,06	1,07	0,93	0,86	0,78	0,84	0,92	1,00	1,15	1,20	1,29
>50 S	1,37	1,12	1,08	0,89	0,77	0,67	0,74	0,88	0,99	1,19	1,29	1,41

Paso 6

Multiplicar el Factor de Corrección por la EPI para encontrar la Evapotranspiración Potencial (EP). Anotar la EP en la *Hoja de Trabajo de Balance Hídrico*.

Método 2: Calcular la Evapotranspiración Potencial Utilizando Fórmulas

Los alumnos con mayor edad o los centros que tengan una media mensual de temperatura fuera de los rangos de las gráficas, deben utilizar las siguientes fórmulas para encontrar el EP.

Paso 1

En primer lugar, calcular el índice de calor del mes (i) para cada mes, utilizando la siguiente fórmula.

$$i = \left(\frac{T}{5}\right)^{1,514} \quad \text{para } T > 0$$
$$i = 0 \quad \text{para } T \leq 0$$

donde T es la media de la temperatura del mes en grados centígrados.

Paso 2

Hallar la suma de los índices de calor de los doce meses para conseguir el índice de calor anual (I).

$$I = i_{ENE} + i_{FEB} + i_{MAR} \dots + i_{DIC}$$

Paso 3

- a. En primer lugar calcular el exponente m para utilizarlo abajo, m es un número que depende de I . El valor de m se obtiene mediante la fórmula.

$$m = (6,75 \times 10^{-7}) I^3 - (7,71 \times 10^{-5}) I_2 + (1,79 \times 10^{-2}) I + 0,492$$

- b. Para conseguir el EP no ajustada, hay que utilizar la fórmula:

$$\text{EP no ajustada (milímetros)} \begin{cases} 0 & T < 0^\circ \text{C} \\ 16 \left(\frac{10T}{I}\right)^m & T \leq 0 \leq 26,5^\circ \text{C} \\ -415,85 + 32,24T - 0,43T^2 & T > 26,5^\circ \text{C} \end{cases}$$

Donde T es la media de temperatura en grados centígrados para el mes específico que se considere.

- c. Una vez que se ha calculado la EP no ajustada, hay que utilizar la Tabla con el factor de corrección de la longitud del día para encontrar la EP ajustada.

*Adaptado de *Physical Geography Today: A Portrait of a Planet* (1978) Robert A. Muller y Theodore M. Oberlander, Random House: utilizando la Fórmula de Thornthwaite para la Evapotranspiración Potencial.

Método 1: Calcular la Evapotranspiración Potencial Utilizando Gráficas

Calcular la Evapotranspiración Potencial (PE) Utilizando la Hoja de Trabajo con Gráficas

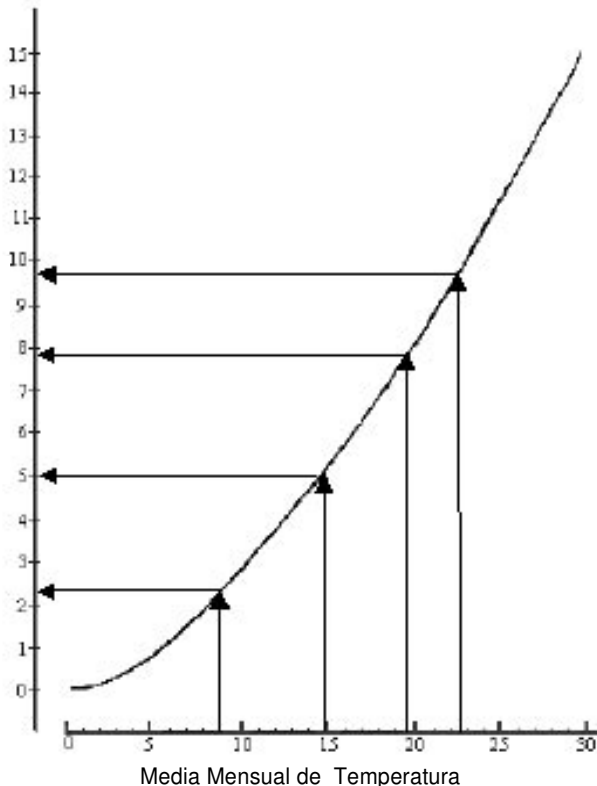
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Media de la temperatura mensual (°C)	-4,6	-0,7	-1,1	9,0	14,8	19,5	22,4	19,2	17,0	8,9	6,2	-1,6
Índice de Calor (del gráfico)	0	0	0	38	66	91	108	89	78	37	25	0
EPI (del gráfico)	1,04	0,94	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04
Factor de corrección (de la tabla)	0,84	0,83	1,03	1,11	1,24	1,25	1,27	1,18	1,04	0,96	0,83	0,81
EP (EPI x FC)	0	0	0	42	82	114	137	105	81	36	21	0

Paso 1

Encontrar la media mensual de Temperatura para el sitio utilizando los datos del servidor de GLOBE.

Paso 2

Encontrar el Índice de Calor de cada mes según el gráfico siguiente



Mes	Media mensual de temperatura	EPI (ET Potencial no ajustada (mm)
Ene	-4,6	0
Feb	-0,7	0
Mar	-1,1	0
Abr	9,0	2,3
May	14,8	5,0
Jun	19,5	7,8
Jul	22,4	9,8
Ago	19,2	7,6
Sep	17,0	6,5
Oct	8,9	2,4
Nov	6,2	1,2
Dic	-1,6	0
Índice Anual de Calor 42,6 (alrededor de 43)		

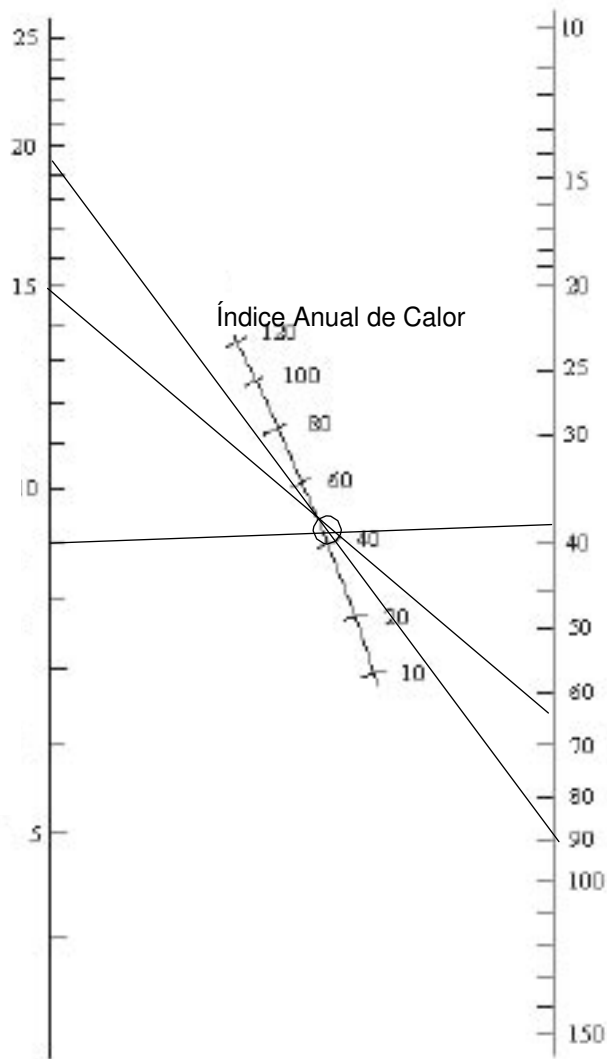
Paso 3

Añadir los Índices de Calor del mes juntos para conseguir el Índice Anual de Calor: 43

Paso 4

Utilizar el Índice de Calor Anual y la media mensual de la temperatura para encontrar la Evapotranspiración Potencial no ajustada (EPI) de la gráfica que está más adelante. **Nota:** Si la media mensual de la temperatura es $<0\text{ }^{\circ}\text{C}$; la EPI de ese mes es 0. Si la temperatura media del mes es $>25,0$, hay que utilizar el gráfico para altas temperaturas de EPI.

Evapotranspiración Potencial No ajustada



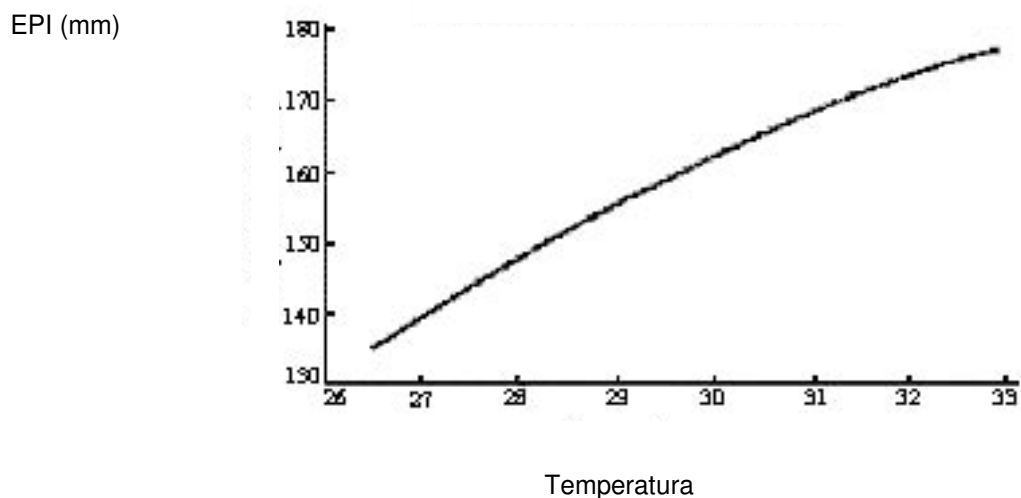
Temperatura

EPI

Índice Anual de Calor <u>43</u>		
Mes	Media mensual de temperatura	EPI (ET Potencial no ajustada (mm)
Ene	-4,6	0
Feb	-0,7	0
Mar	-1,1	0
Abr	9,0	38
May	14,8	66
Jun	19,5	91
Jul	22,4	108
Ago	19,2	89
Sep	17	78
Oct	8,9	37
Nov	6,2	25
Dic	-1,6	0

Nota: Para utilizar el gráfico de arriba, hay que encontrar la Media Mensual de Temperatura que está a la izquierda, y el Índice Anual de Calor en el centro. Hay que hacer una línea recta que una los dos puntos de la gráfica, la interpretación de la EPI se encuentra a la derecha.

EP No Ajustada para Altas Temperaturas



Nota: Dibujar una línea vertical que vaya desde la temperatura hasta la curva, después una línea horizontal desde la curva hasta la línea de EPI. Por ejemplo, una temperatura de 27° tendrá un EPI de aproximadamente ~ 140 mm.

Paso 5

Encontrar la latitud del centro educativo. Anotar el Factor de Corrección para cada mes de la siguiente tabla:

Factores de Corrección de la Duración del Día para la Evapotranspiración Potencial

Latitud	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0	1,04	0,94	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04
10 N	1,00	0,91	1,03	1,03	1,08	1,06	1,08	1,07	1,02	1,02	0,98	0,99
20 N	0,95	0,90	1,03	1,05	1,13	1,11	1,14	1,11	1,02	1,00	0,93	0,94
30 N	0,90	0,87	1,03	1,08	1,18	1,17	1,20	1,14	1,03	0,98	0,89	0,88
40 N	0,84	0,83	1,03	1,11	1,24	1,25	1,27	1,18	1,04	0,96	0,83	0,81
>50 N	0,74	0,78	1,02	1,15	1,33	1,36	1,37	1,25	1,06	0,92	0,76	0,70
10 S	1,08	0,97	1,05	0,99	1,01	0,96	1,00	1,01	1,00	1,06	1,05	1,10
20 S	1,14	1,00	1,05	0,97	0,96	0,91	0,95	0,99	1,00	1,08	1,09	1,15
30 S	1,20	1,03	1,06	0,95	0,92	0,85	0,90	0,96	1,00	1,12	1,14	1,21
40 S	1,27	1,06	1,07	0,93	0,86	0,78	0,84	0,92	1,00	1,15	1,20	1,29
>50 S	1,37	1,12	1,08	0,89	0,77	0,67	0,74	0,88	0,99	1,19	1,29	1,41

Paso 6

Multiplicar el Factor de Corrección por la EPI para encontrar la Evapotranspiración Potencial (EP). Anotar la EP en la *Hoja de Trabajo de Balance Hídrico*.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
EPI	0	0	0	38	66	91	108	89	78	37	25	0
Factor de Corrección	0,84	0,83	1,03	1,11	1,24	1,25	1,27	1,18	1,04	0,96	0,83	0,81
EP	0	0	0	42	82	114	137	105	81	36	21	0