

Protocolos de Humedad Gravimétrica

Objetivo General

Medir el contenido de agua del suelo a partir de su masa.

Visión General

El alumnado recoge muestras de suelo con una pala o barrena y las pesa, las seca y las pesa de nuevo. El contenido de agua en el suelo se determina calculando la diferencia entre la masa de la muestra húmeda y la masa de la muestra seca.

Objetivos Didácticos

El alumnado recoge muestras de suelo en el campo para después medir la humedad del suelo, registrar y enviar los datos de humedad.

El alumnado aprende a relacionar las mediciones de humedad del suelo con las propiedades físico-químicas del suelo.

Conceptos de Ciencias

Ciencias de la Tierra y del Espacio

Los componentes de la Tierra son rocas sólidas, suelo, agua, biota, y los gases de la atmósfera. Los suelos tienen propiedades como el color, textura, estructura, consistencia, densidad, pH, fertilidad; y son el soporte de muchos tipos de plantas.

La superficie de la Tierra va cambiando.

Los suelos están formados por minerales (menores de 2 mm), materia orgánica, aire y agua.

El agua circula por el suelo modificando las propiedades tanto del suelo como del agua.

Ciencias Físicas

Los objetos tienen propiedades observables.

Habilidades de Investigación Científica

Identificar preguntas y respuestas.

Diseñar y dirigir una investigación.

Utilizar herramientas y técnicas apropiadas incluyendo las matemáticas para recoger, analizar, e interpretar datos.

Describir, explicar, predecir y desarrollar modelos usando la evidencia.

Comunicar procedimientos y explicaciones.

Tiempo

20-45 minutos para recoger muestras.

5-15 minutos para pesar las muestras húmedas.

5-15 minutos para pesar las muestras secas.

Las muestras se secan en un horno de secado durante la noche. Otra posibilidad es secarlas en un microondas. En este caso se deben pesar las muestras varias veces durante el proceso de secado. Para este método se requiere más tiempo.

Nivel

Todos.

Frecuencia

Para participar en la campaña de GLOBE de humedad del suelo, hay que realizar las mediciones en tantos lugares como sea posible durante los siguientes periodos:

Primeras dos semanas de octubre, coincidiendo con la Semana Mundial de Ciencias de la Tierra y del Espacio.

Cuarta semana de abril coincidiendo con el Día de la Tierra.

Doce o más veces al año en el mismo lugar, en un intervalo de días, semanas o meses.

Materiales y Herramientas

Horno de secado o microondas

Termómetro (que mida hasta 110° C) si se utiliza horno de secado.

Recipiente para microondas si se utiliza éste para el secado del suelo.

Balanza con precisión de 0,1 g (con capacidad de 600 g recomendada, con capacidad mínima requerida de 400 g)

Manopla para el horno

Metro de madera

<p>Regla milimetrada Rotuladores permanentes para marcar los recipientes Brújula Cuaderno de Ciencias GLOBE Hoja de Definición del Sitio de Humedad del Suelo</p> <p>Patrón Estrella: <i>Hoja de Datos de Humedad del Suelo - Patrón Estrella</i> Pala 6 recipientes para recoger muestras de suelo (latas, botes o bolsas de plástico herméticas)</p> <p>Patrón Transecto: <i>Hoja de Datos de Humedad del Suelo - Patrón Transecto</i> Pala 50 metros de cinta o cuerda marcada cada 5 metros. 13 recipientes para recoger muestras de suelos (latas, botes o bolsas de plástico herméticos).</p>	<p>Perfil de Profundidad <i>Hoja de Datos de Humedad del Suelo – Perfil de Profundidad</i> Barrena Recipientes para recoger muestras de suelo (latas, botes o bolsas de plástico herméticas)</p> <p>Preparación Se decide la frecuencia y método del muestreo.</p> <p>Se pesa cada lata con la muestra de suelo sin tapa y se marca su masa y el número en la propia lata.</p> <p>Se selecciona y se define un sitio de humedad del suelo.</p> <p>Requisitos Previos Ninguno</p>
--	--

Introducción al Protocolo de Humedad Gravimétrica del Suelo

El suelo actúa como una esponja a lo largo de toda la superficie terrestre. Absorbe lluvia y nieve derretida, ralentiza las escorrentías y ayuda a controlar las inundaciones. El agua absorbida se encuentra en la superficie, en las partículas del suelo y en los poros que hay entre las partículas. Esta agua está disponible para las plantas en periodos de pocas precipitaciones. Parte de esta agua se evapora aumentando la humedad del aire, otra parte se drena como aguas subterráneas. Suelos absorbentes, como aquellos que se encuentran en zonas pantanosas, absorben crecidas de agua y la devuelven lentamente, previniendo escorrentías perjudiciales. Suelos que están saturados de agua, no tienen espacios porosos libres para retener más agua por lo que el agua de nuevas lluvias fluye por la superficie hasta las zonas más bajas. Si se mide la cantidad de agua almacenada en el suelo, se puede determinar la capacidad del suelo para regular el ciclo hidrológico. Este indicador ambiental tan valioso también es útil para estimar el balance de suelo-agua – indica cuánta cantidad de agua se almacena en un suelo a lo largo de un año.

Para que las plantas crezcan, necesitan un lugar donde haya agua y nutrientes. Normalmente, los nutrientes provienen de minerales disueltos y de materia orgánica y son transportados hasta las plantas por el agua del suelo. A veces el agua que fluye descendiendo por el suelo, transporta sustancias químicas y nutrientes desde las capas superiores y los va depositando en las capas de suelo más profundas. Este proceso se llama filtración. Sustancias infiltradas suelen depositarse en las capas inferiores del suelo, o bien permanecer en el agua y ser transportadas hasta ríos, lagos y aguas subterráneas.

El agua es un elemento muy importante en los procesos de erosión ya que rompe rocas y va formando el suelo. En climas fríos por ejemplo, el agua en las grietas se congela y se expande rompiendo las rocas. Cuando el agua se derrite, fluye y transporta algunos fragmentos de roca. Este proceso de erosión por efecto del agua al convertirse en hielo es uno de los primeros en actuar para la formación de un suelo.

En climas tropicales, el agua disgrega las rocas y ayuda a que se formen las partículas del suelo y los minerales al disolver la roca.

El agua también ayuda a la incorporación al suelo de la materia orgánica a partir de plantas y animales muertos, pero solamente en presencia de oxígeno atmosférico. En algunos lugares, el suelo está tan inundado de agua que no hay oxígeno, y los restos vegetales y animales se conservan centenares de años debido a la lenta descomposición por falta de oxígeno.

Parte del agua almacenada en el suelo se evapora de nuevo a la atmósfera enfriando el suelo y aumentando la humedad relativa del aire. Esto a veces puede influir en el clima local. La cantidad de agua en el suelo influye también en la temperatura del suelo. Como el agua líquida tiene mayor capacidad calorífica que el aire o el suelo, se necesita más calor para aumentar la temperatura del suelo húmedo. De manera similar, será necesario más “frío” para disminuir la temperatura del suelo húmedo. El efecto final es que el agua del suelo disminuye la velocidad del calentamiento y del enfriamiento del suelo.

Apoyo al Profesorado

Preparación

Antes de comenzar con el *Protocolo de Humedad del Suelo*, hay que rellenar la *Hoja de Definición del Sitio de Humedad del Suelo*. También se deben pesar los recipientes con las muestras de suelo y escribir la masa en cada uno de ellos con un rotulador permanente. Es recomendable enumerar cada recipiente para identificarlos.

Frecuencia de Medición

La campaña GLOBE de humedad del suelo tiene lugar dos veces al año durante las dos primeras semanas de octubre, coincidiendo con las Semanas de Ciencias de la Tierra y del Espacio, y durante la cuarta semana de abril coincidiendo con el Día de la Tierra. Esta es también una oportunidad para recoger datos de cobertura terrestre en cualquiera de los sitios de humedad del suelo que sea homogéneo en toda un área de 90 m por 90 m.

Otra alternativa es tomar datos de humedad del suelo en un solo lugar suficientemente cercano al centro escolar, de tal manera que los datos de humedad se puedan tomar por lo menos 12 veces espaciadas de forma regular. Simultáneamente al muestreo de humedad del suelo, se pueden realizar otras mediciones GLOBE que afecten a la humedad del suelo, como por ejemplo, la precipitación. Una vez que el alumnado identifica la precipitación anual en su zona, le interesará recoger muestras para determinar la humedad cuando el suelo cambie de condiciones húmedas a secas, dependiendo de la precipitación. Por ejemplo, si en los alrededores del centro escolar llueve menos a principios de marzo que en mayo, el alumnado podría desarrollar un estudio de 12 semanas de marzo a mayo. Si la temporada de precipitaciones se extiende, el alumnado podría hacer el muestreo cada dos semanas durante 24 semanas, o incluso un muestreo al mes a lo largo del año.

La cantidad de muestreos puede aumentarse. Lo importante es tratar de elegir siempre un tiempo húmedo, intermedio y seco alrededor de los periodos de mayor humedad. Recogiendo muestras una o dos veces por semana todo el año ofrece por supuesto resultados muy fiables para observar el comportamiento de la humedad del suelo.

Procedimiento para las Mediciones

Es importante colocar las muestras de suelo en recipientes bien herméticos y pesarlos sin tapa lo

antes posible. Si las muestras se secan un poco antes de que se pesen, los datos de humedad serán erróneos.

Las muestras se secan hasta que toda el agua se haya eliminado y se pesan una segunda vez. La diferencia de la masa antes y después del secado corresponde a la masa de agua que estaba presente en el suelo. Los científicos llaman a este método, técnica gravimétrica, porque se trata de una medición pesando muestras.

La relación de la masa de agua con la masa de suelo seco nos define el contenido de agua. La masa de agua se divide entre la masa de suelo seco para obtener un valor normalizado para el contenido de agua en el suelo. Este valor se puede comparar con otros resultados obtenidos otros días incluso aunque el tamaño de la muestra varíe de un día a otro. También son válidas las comparaciones de muestras de diferentes lugares.

El *Protocolo de Humedad del Suelo* ofrece tres maneras de hacer muestreos: El Patrón Estrella, el Perfil de Transecto, y el Perfil de Profundidad. El objetivo de los patrones es evitar que se cave en el mismo lugar dos veces. Se selecciona un modelo de muestreo que mejor complemente las otras mediciones de GLOBE que se realicen, o bien que cumplan los objetivos educativos que interesen. Existe una cuarta opción de muestreo disponible sólo en Internet para la campaña de humedad de suelo semi-anual, pero es muy similar al protocolo de Patrón Estrella que se describe a continuación:

1. El Patrón Estrella se trata de 12 de muestreos en 12 ubicaciones diferentes dentro de un área de 2 x 2 en forma de estrella y en 12 periodos diferentes.
En cada una de las 12 ubicaciones, se eligen tres puntos a 25 cm uno de otro. En cada uno de los tres puntos se toma una muestra a 5 cm y otra a 10 cm, por lo que en total se recogen 6 muestras por cada ubicación en la estrella. Este muestreo se puede desarrollar paralelamente al Protocolo de Temperatura del Suelo, de tal manera que la medición de temperatura se realiza a la misma profundidad y ubicación que las mediciones de humedad del suelo.

2. Para el Patrón de Transecto se requiere un espacio abierto de por lo menos 50 m de longitud. Se recogen trece muestras de los primeros 5 cm de profundidad del suelo. Este modelo de muestreo permite observar variaciones espaciales en la humedad del suelo superficial. También es útil para poder comparar datos de humedad que han sido recogidos por satélites. Esta técnica de medición por control remoto detecta la humedad contenida en los primeros 5 cm de profundidad a lo largo de áreas de 100 o más metros cuadrados.
3. El Perfil de Profundidad se basa en un muestreo a 5 cm y, con ayuda de una barrena, a 10 cm, 30 cm, 60 cm y a 90 cm. El uso de la barrena requiere un poco más de tiempo, pero se obtienen datos buenos y además complementan al *Protocolo de Caracterización del Suelo* y al *Protocolo de Medición Automatizada de Temperatura del Aire y del Suelo*.

Para reducir el uso del microondas para secar las muestras, se recomienda dejar unos días las muestras destapadas para que se sequen al aire, una vez pesada la masa húmeda de suelo, y después ya secarlas en el microondas.

El muestreo de humedad gravimétrica del suelo, perturba el estado natural del suelo, por lo que nunca se deben coger muestras de un mismo punto a lo largo de unos cuantos años. Se compensa el transecto o se desplaza el centro de la estrella dentro de un área de 10 metros de diámetro.

Manejando Materiales

Hay que asegurarse de que los recipientes de las muestras se pueden cerrar herméticamente para prevenir que se evapore la humedad. Las latas pueden oxidarse si no se secan bien después de su uso.

Si se etiquetan o se marcan las latas, hay que asegurarse de que no se borre la marca en el proceso de secado.

Para secar las muestras y para pesarlas se deben quitar las tapas.

Las balanzas se colocan en superficies planas y se deben calibrar antes de su uso.

Organizando al Alumnado

Es más eficiente si se forman grupos pequeños para recoger muestras: uno o dos estudiantes para cada par de 5 y 10 cm en el Patrón Estrella, uno o dos estudiantes por punto a lo largo del Transecto, y de dos a cuatro estudiantes para las muestras del perfil de profundidad. Al mismo tiempo, los mismos alumnos/as u otro grupo pueden desarrollar el *Protocolo de Temperatura del Suelo*.

Actividades de Apoyo

Para explicar conceptos como que el suelo almacena agua, que hay muchas variables que afectan a la cantidad de agua contenida en el suelo, o que la cualidad del agua se ve influida al pasar a través del suelo, se recomienda realizar la *Actividad de Aprendizaje Un Simple Repaso*.

Para que el alumnado comprenda mejor el contenido de agua en el suelo, se puede realizar la *Actividad de Aprendizaje de Suelos como Esponjas*.

Preguntas Para Investigaciones Posteriores

¿Qué otros centros escolares de GLOBE tienen patrones de humedad de suelo similares al suyo?

¿Cuántas semanas al año está su suelo seco o mojado?

¿Cambia la humedad del suelo durante el invierno?

¿Qué zonas alrededor del centro escolar están normalmente secas, y cuáles húmedas? ¿Por qué?

¿Qué suelo puede almacenar más agua: arcilla, arena o limo? ¿Por qué? ¿Cuál aporta más agua a las plantas?

¿Afecta el tipo de cobertura terrestre a la cantidad de agua que entra en el suelo? ¿Afecta a la velocidad a la que el suelo se seca después de una tormenta?

¿Cómo se relaciona la porosidad de un suelo con la cantidad de agua que puede almacenar ese horizonte?

¿Cómo cambia el contenido de agua de un horizonte a otro en el mismo perfil?

¿Qué ocurre con el flujo de agua descendente si el horizonte tiene una textura gruesa tipo arenosa sobre un horizonte con alto contenido en arcilla?

¿Qué ocurre con el flujo de agua si un horizonte arcilloso está sobre uno arenoso?

¿Cómo se relaciona la humedad del suelo con la humedad relativa del aire?

Protocolo de Humedad del Suelo – Patrón Estrella

Guía de Campo

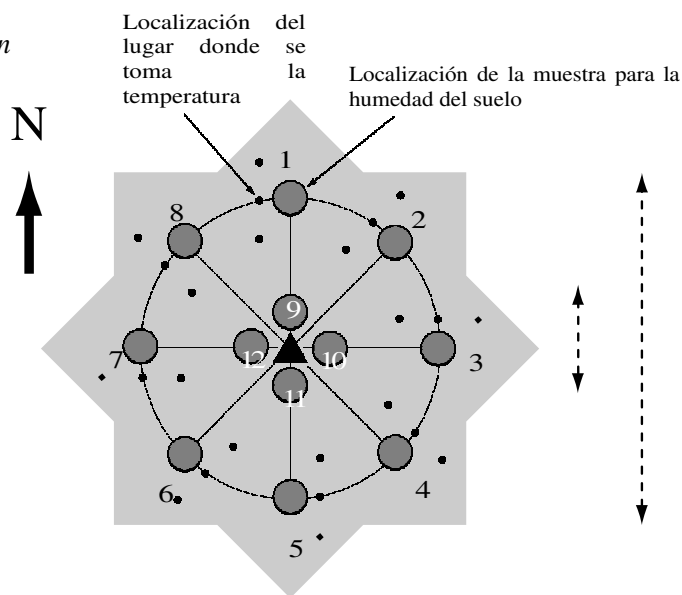
Actividad

Tomar muestras a 0-5 cm y a 10 cm de profundidad para medir la humedad del suelo.

Qué se Necesita

- Hoja de Datos de Humedad del Suelo – Patrón Estrella

- Brújula (para ubicar el lugar de muestreo)
- Pala
- 6 recipientes para cada muestra de suelo marcados con su masa y un número de recipiente.
- Metro de madera
- Regla para medir en milímetros.
- Cuaderno de Ciencias GLOBE
- Bolígrafo o lápiz



En el Campo

1. Completar la parte superior de la *Hoja de Datos de Humedad del Suelo – Patrón Estrella*.
2. Localizar el punto de muestreo en la estrella y retirar la hierba o cobertura que haya.
3. Hacer un agujero de 10-15 cm de diámetro de 5 cm de profundidad. Dejar la tierra suelta en el agujero.
4. Retirar de la tierra suelta cualquier roca más grande que un guisante (alrededor de 5 mm), raíces largas, lombrices, larvas y otros organismos.
5. Rellenar, con ayuda de una pala, un recipiente con al menos 100 g de tierra suelta.
6. Inmediatamente cerrar el recipiente herméticamente para que no se pierda la humedad.
7. Apuntar la masa y el número del recipiente, en la Hoja de Datos en el espacio contiguo a Muestra 1, 0-5 cm.
8. Sacar toda la tierra del agujero hasta una profundidad de 8 cm.
9. En un recipiente limpio, colocar una muestra del suelo obtenida de entre 8 y 12 cm de profundidad. Recordar retirar cualquier roca, raíces largas, y organismos. Cerrar el recipiente herméticamente.
10. Apuntar la masa y el número del recipiente en la Hoja de Datos en el espacio contiguo a la Muestra 1, 10cm.
11. Tapar el agujero con el resto de tierra que quede.
12. Repetir los pasos del 3 al 11 dos veces en nuevos agujeros a 25 cm del punto de muestreo original, llenando los otros cuatro recipientes y apuntando las masas y números de los recipientes para las muestras 2 y 3 de ambas profundidades. Al final hay que tener seis recipientes llenos de tierra tomada de tres agujeros.

Protocolo de Humedad del Suelo - Transecto

Guía de Campo

Actividad

Recoger muestras de humedad del suelo a profundidades de 0-5 cm a lo largo de una línea de 50 metros.

Qué se Necesita

- Hoja de Datos de Humedad del Suelo – Patrón Transecto

- Palas (1 por grupo)

- 13 recipientes de muestras de suelo pesadas y etiquetadas con el valor de su masa y número de recipiente

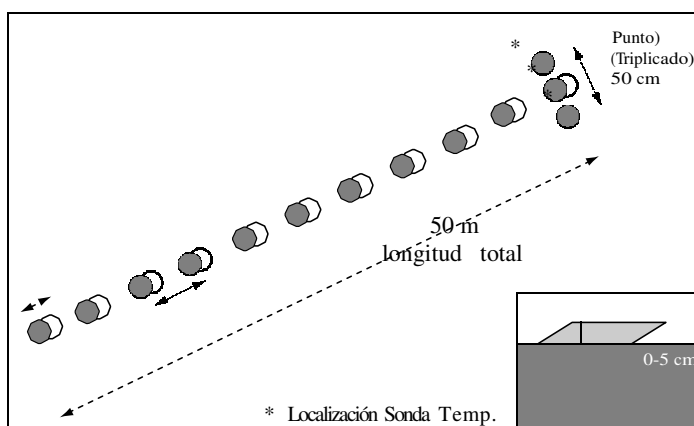
- 50 metros de cuerda marcada cada 5 metros

- Reglas marcadas en milímetros (1 por grupo)

- Cuaderno de ciencias GLOBE

- Bolígrafo o lápiz

- Brújula



En el Campo

1. Completar la parte superior de la *Hoja de Datos de Humedad del Suelo – Patrón Transecto* incluyendo la lectura de la brújula a lo largo de la línea del transecto.
2. Alargar la cuerda a lo largo del transecto que se quiere medir.
3. Localizar el punto de muestreo a lo largo del transecto. Los puntos de muestreo deben estar cada 5 metros a lo largo de la línea. Además se seleccionan 2 puntos extras al final del transecto a 25 cm como máximo del punto final. Los puntos de muestreo deben marcarse comenzando con la Muestra 1 al principio del transecto.
4. Se corta o se retira la hierba o cualquier cobertura que haya sobre el punto de muestreo.
5. Se cava un agujero de 10 a 15 cm de diámetro y 5 cm de profundidad. Se deja el suelo suelto en el agujero.
6. Se retiran del suelo suelto las rocas de tamaño superior a un guisante (unos 5 mm), las raíces largas, lombrices y otros organismos.
7. Se usa la pala para rellenar el recipiente al menos con 100g de suelo suelto.
8. Inmediatamente se cierra el recipiente herméticamente para conservar la humedad.
9. Se registra en la *Hoja de Datos* en el lugar correspondiente, el número de recipiente, masa, y distancia al punto de inicio del transecto.
10. Se continúa recogiendo una muestra en cada punto de muestreo a lo largo del transecto. Se recuerda retirar rocas, raíces largas y animales. Se cierra herméticamente cada recipiente y se registra en la *Hoja de Datos* el número de muestra y la distancia al punto de inicio del transecto. Incluyendo las 2 muestras extra que se cogen cerca del punto final, se deben tener en total 13 recipientes de muestras recogidas a lo largo del transecto.

Protocolo de Humedad del Suelo – Perfil de Profundidad

Guía de Campo

Actividad

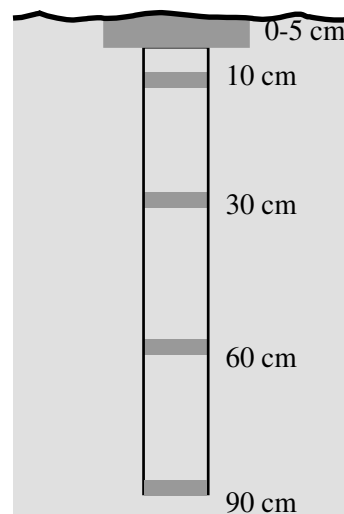
Recoger muestras de humedad del suelo a profundidades de 0-5 cm, 10 cm, 30 cm, 60 cm y 90 cm.

Qué se Necesita

- Hoja de Datos de Humedad del Suelo – Perfil de Profundidad
- 5 recipientes pesados y etiquetados con la masa y número de recipiente
- Pala
- Barrena
- Metro de madera
- Brújula (para localizar el punto de muestreo)
- Cuaderno de ciencias GLOBE
- Bolígrafo o lápiz

En el Campo

1. Completar la parte superior de la *Hoja de Datos de Humedad del Suelo – Perfil de Profundidad*.
2. Localizar el punto de muestreo en la estrella y retirar la hierba o cobertura que haya. Ver *Protocolo de Humedad del Suelo – Patrón Estrella*
3. Se cava con la pala un agujero de 10-15 cm de diámetro y 5 cm de profundidad. Se deja el suelo suelto en el agujero.
4. Se retiran del suelo suelto las rocas de tamaño superior a un guisante (unos 5 mm), las raíces largas, lombrices y otros organismos.
5. Se usa la pala para rellenar el recipiente con al menos 100 g de suelo suelto.
6. Inmediatamente se cierra el recipiente herméticamente para conservar la humedad.
7. Se registra el número de recipiente y la masa en la *Hoja de Datos* en el espacio Muestra 0-5 cm.
8. Se usa la barrena o pala para retirar la tierra del agujero hasta una profundidad de 8 cm.
9. En un recipiente limpio se recoge una muestra de suelo a una profundidad entre 8 y 12 cm. Se retiran las rocas, raíces largas y animales. Se cierra el recipiente herméticamente.
10. Se anota el número del recipiente y el valor de la masa en la *Hoja de Datos* en el espacio Muestra Profundidad 10 cm.
11. Se continúa cogiendo muestras a 30, 60, y 90 cm. Se anotan los números de recipientes y el valor de las masas en la *Hoja de Datos*.
12. En total se deben tener 5 recipientes de muestras recogidas de un agujero. Se devuelve el suelo sobrante al agujero – la última muestra de suelo que se saca es la primera que se mete.



Protocolo de Humedad Gravimétrica del Suelo

Guía de Laboratorio

Actividad

Pesar las muestras de humedad del suelo, secarlas y pesarlas de nuevo.

Qué se Necesita

- Horno de secado (horno convencional o microondas)
- Termómetro que mida hasta 110° C (si se usa el horno convencional)
- Muestras de suelo en recipientes apropiados para el horno de secado
- Balanza de 0,1 g de sensibilidad y que pese al menos hasta 400 g (recomendado hasta 600 g)
- Manoplas para el horno
- *Hoja de Datos de Humedad del Suelo* conteniendo la información de campo.
- Cuaderno de Ciencias
- Bolígrafo o lápiz

En el Laboratorio

1. Calibrar la balanza siguiendo las instrucciones del fabricante. Apuntar en el cuaderno de ciencias la masa estándar utilizada para calibrar la balanza. Si se usa una balanza electrónica, hay que comprobar que mida en gramos y que está puesta a cero correctamente.
2. Quitar las tapas de cada muestra.
3. Pesar la muestra de suelo sin tapa. Registrar la masa como Masa Húmeda en el espacio correspondiente según el número de recipiente en la *Hoja de Datos de Humedad del Suelo*. (Hay que asegurarse de seleccionar la hoja de datos que corresponda al método de muestreo utilizado – Patrón Estrella, Patrón Transepto o Perfil de Profundidad.)
4. Repetir el paso 3 con el resto de muestras de suelo.
5. Secar las muestras en el horno de secado.
6. Una vez que las muestras están secas, apuntar el tiempo y método de secado en la *Hoja de Datos*.
7. Retirar con cuidado las muestras del horno utilizando las manoplas.
8. Pesar una de las muestras secas. Registrar el peso como Masa Seca en el espacio correspondiente según el número de recipiente en la *Hoja de Datos de Humedad del Suelo*.
9. Repetir el paso 8 con cada muestra de suelo.
10. Vaciar los recipientes. Limpiar y secar cada uno de ellos. (Las muestras de suelo se guardan en otros recipientes o bolsas selladas herméticamente para estudios posteriores, o bien, se devuelven de nuevo a la tierra en el sitio de estudio.)

Nota: Para poder utilizar el mismo sitio de estudio en un futuro, se deberán devolver las muestras de suelo seco a la tierra y rellenar así los agujeros que se hicieron.



Preguntas Frecuentes

1. ¿Qué debería hacer el alumnado si se le olvida pesar los recipientes vacíos antes de rellenarlos en el campo con las muestras de suelo?

Los recipientes se pueden pesar al final de los protocolos de humedad del suelo después de vaciar y limpiar los recipientes. Se recuerda que cualquier resto de suelo seco en el recipiente daría lugar a una masa de recipiente incorrecta.

2. ¿Qué debería hacer el alumnado si el suelo está helado?

Hay que realizar las mediciones de humedad durante períodos en los que el suelo no esté helado.

3. El sitio elegido para la humedad del suelo se ha mojado accidentalmente. ¿Debe continuar el alumnado recogiendo muestras?

Sí, pero se indicará en el apartados de los metadatos lo que ha ocurrido y cuando ha ocurrido.

Protocolo de Humedad Gravimétrica del Suelo – Interpretando los Datos

¿Son razonables los datos?

El primer paso que realiza un científico al examinar los datos de humedad es calcular el Contenido de Agua en el Suelo (SWC) en cada muestra, utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Contenido Agua en Suelo} = \frac{(\text{masa húmeda} - \text{masa seca})}{(\text{masa seca} - \text{masa recipiente})}$$

El contenido de agua en el suelo oscila normalmente entre 0,50 g/g (gramos de agua por gramo de suelo seco). Incluso suelos de regiones muy secas (desiertos) retienen una pequeña cantidad de agua, pero que puede ser inferior a 0,05 g/g. Suelos ricos en materia orgánica o en arcillas pueden almacenar grandes cantidades de agua, por lo que es posible medir valores sobre 0,50 g/g.

La cantidad de agua que un horizonte de suelo puede almacenar depende del número de poros que contenga. La porosidad se puede calcular utilizando el ejemplo indicado en el apartado de Observando los Datos del *Protocolo de Densidad de Partículas del Suelo*.

La porosidad total de un suelo puede ser tan baja como 25% en suelos compactos, o de 60% en suelos bien aireados y ricos en materia orgánica.

Observando ejemplos se puede comprender mejor la interpretación de los diferentes valores del contenido de agua en el suelo.

Contenido de Agua en el Suelo y Densidad de Partículas de Suelo

Si un horizonte de suelo tiene 50% de espacios porosos entre las partículas con la mitad de estos poros llenos de agua, una muestra de 100 cm³ contendrá 50 cm³ de suelo, 25 cm³ de agua, y 25 cm³ de aire. Densidades típicas de dos suelos diferentes y la densidad del agua se pueden utilizar para ilustrar el valor de la densidad de partículas de suelo. La masa de aire es insignificante y estará presente tanto en las muestras de suelo húmedo como en las de suelo seco.

$$50 \text{ cm}^3 \text{ de suelo} \times 1,0 \text{ g/cm}^3 \text{ de densidad de partículas de suelo} = 50 \text{ g suelo}$$

$$25 \text{ cm}^3 \text{ de agua} \times 1,0 \text{ g/cm}^3 \text{ de densidad de agua} = 25 \text{ g agua}$$

En este caso el Contenido de Agua en el Suelo sería 25 g de agua dividido por 50 g de suelo ó 0,5 g/g.

Ahora se considera una muestra de suelo mineral de 100 cm³ con una densidad de partículas de 2,5 g/cm³. De nuevo la muestra contiene 50 cm³ de suelo, 25 cm³ de agua, y 25 cm³ de aire.

$$50 \text{ cm}^3 \text{ de suelo} \times 2,5 \text{ g/cm}^3 \text{ de densidad de partículas} = 125 \text{ g suelo}$$

$$25 \text{ cm}^3 \text{ de agua} \times 1,0 \text{ g/cm}^3 \text{ de densidad de agua} = 25 \text{ g agua}$$

En este caso el Contenido de Agua en el Suelo sería 25 g de agua dividido por 125 g de suelo o 0,2 g/g.

Suelos diferentes con la misma porosidad y la misma cantidad de agua presente pueden diferir de manera significativa en sus valores de Contenido de Agua en el Suelo. Es más fácil comprender si los valores medidos son razonables o no, si se han realizado anteriormente los protocolos de caracterización de cada horizonte.

Si el suelo no está congelado ni saturado suele mostrar un incremento en el contenido del agua después de las lluvias o durante el deshielo. Los suelos se van secando gradualmente durante los periodos de pocas o ningunas precipitaciones. Cómo se seca el suelo a diferentes profundidades depende de las propiedades del suelo de cada horizonte. En algunos casos, el agua se introduce en el suelo desde abajo, cuando el agua del subsuelo asciende. El contenido de agua de estos suelos suele ser más variable en los horizontes más profundos que en la superficie del suelo.

Si llueve, se espera que el agua de lluvia se infiltre en el suelo y que incremente la humedad del suelo. Esta infiltración comienza inmediatamente y puede continuar durante algunas horas mientras la lluvia sea constante o bien haya agua disponible de los charcos. Si la infiltración continua hasta que todos los poros se llenan, entonces el suelo se satura. Casi todos los suelos drenan rápido, normalmente en unas cuantas horas o días. La capacidad de campo de un suelo es la cantidad de agua que un suelo puede retener sin que drene hacia abajo ni se distribuya.

Al secarse el suelo por evaporación y transpiración, la humedad del suelo desciende lentamente, secándose antes los horizontes más cercanos a la superficie que los horizontes más profundos. La humedad del suelo desciende desde la capacidad de campo hasta un contenido de agua conocido como *Punto de marchitez*, (el punto en el que el agua del suelo es demasiado poca para que las plantas lo puedan captar). Dependiendo de las propiedades del suelo, su temperatura, la del aire y la humedad relativa, tardarán días o semanas en alcanzar el punto de marchitez. En la Figura SU-GR-1 aparece una curva típica que muestra los cambios del contenido de agua en un único horizonte en función del tiempo. Aún así, hay veces que los datos no siguen este patrón.

La variación en las precipitaciones y las propiedades del suelo influyen en el contenido de humedad. En un perfil de suelo algunos horizontes

retienen más agua y tienen mayor porosidad que otros, de tal forma que el flujo de agua de un horizonte a otro se ve afectado.

Por ejemplo, si hay un horizonte de arena sobre otro de arcilla, el agua que pasa por el horizonte de arena, se introducirá lentamente a través de la arcilla debido a la diferencia de tamaño de los poros (grandes del horizonte de arena, muy pequeños en la arcilla). Los poros pequeños crean una capa muy unida que sólo deja pasar agua gradualmente, de tal manera que el suelo arenoso será en un momento dado mucho más húmedo que la arcilla.

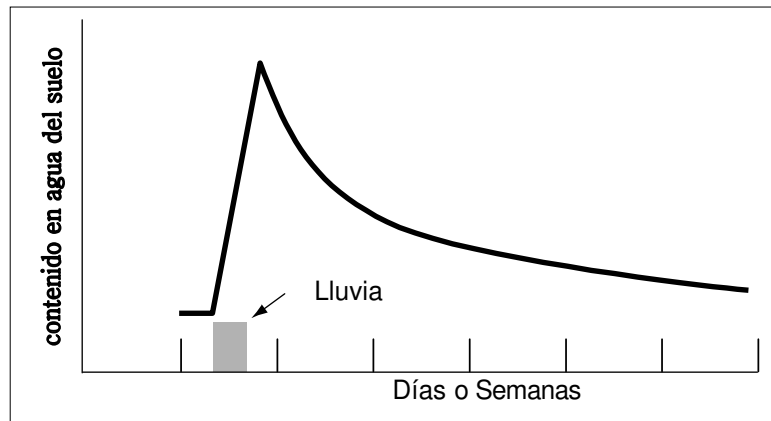
Con la ayuda de gráficas de los datos recogidos en tres lugares se puede demostrar el proceso para determinar si los datos son válidos o no. Las siguientes gráficas son un ejemplo: Valdres, Noruega (61.13 N, 8.59 E): Figura SU-GR-2, Stowe, Vermont, EEUU (44.48 N, 72.708 W): Figura SU-GR-3 y Herrenberg, Alemania (48.59 N, 8.88 E): Figura SU-GR-4. Cada bloque de datos incluye precipitación, equivalente en lluvia de nueva nieve, y humedad del suelo.

En el ejemplo de los dos primeros centros escolares, el alumnado eligió realizar mediciones semanalmente durante tres meses. En este caso, las mediciones se realizan en los periodos en los que la humedad del suelo está cambiando. El alumnado de Valdres, Noruega sabía por experiencia que inicialmente la fusión de la nieve de invierno es la causa de la humedad de los suelos, y se van secando gradualmente con la llegada del verano. Por supuesto que la humedad del suelo puede también aumentar con las lluvias en primavera.

El alumnado en Stowe, VT decidió controlar la humedad del suelo que difería en el verano seco de los periodos de precipitación. De nuevo, la humedad en la capa más superficial resultaba ser más variable, secándose de manera significativa en un periodo corto a primeros de octubre del 2001. Por el contrario, la humedad de suelo más profundo (a 10cm) mostraba cambios más extremos.

La clase en Herrenberg, Alemania decidió realizar mediciones mensuales durante 12 meses, para estudiar el ciclo estacional de la humedad del suelo. A pesar del clima relativamente húmedo, la humedad del suelo indicaba que el suelo se secaba gradualmente, principalmente en la superficie. La humedad del suelo a 10 cm era menos variable a lo largo de casi todo el año.

Figura SU-GR-1



Todos estos datos son interesantes. La variabilidad de la humedad del suelo se explica al relacionarla con las precipitaciones, mientras que el comportamiento a lo largo de periodos largos se explica mediante los conocimientos básicos sobre el clima. Conocer las propiedades de la caracterización del suelo ayuda a los científicos y alumnos a comprender mejor cómo el agua se mueve o se acumula en el suelo.

¿Qué buscan los científicos en los datos?

Generalmente a los científicos les interesa comprender el ciclo del agua a nivel local o regional. Por ejemplo, les interesa entender de qué manera la precipitación y el deshielo influyen en el nivel de agua de los arroyos, ríos y lagos, aumentándolo. Las mediciones de humedad del suelo ayudan a comprender estos procesos. Si se conoce la humedad de todo un perfil, se pueden predecir inundaciones, sequías o el momento óptimo para el riego de la cosecha. Los científicos también utilizan los datos de humedad y de temperatura del suelo, de humedad relativa y de cobertura terrestre para calcular la velocidad a la que el agua vuelve a la atmósfera por evaporación o transpiración.

Los científicos expertos en fenología observan los efectos de la humedad del suelo en los ciclos anuales de las plantas, como los árboles y la hierba

anual. En algunas regiones arboladas, el crecimiento de los árboles comienza en primavera cuando el suelo se vuelve más húmedo y termina durante el verano, cuando el suelo se vuelve más seco.

Los científicos están interesados en los cambios en la humedad de los suelos a lo largo del tiempo. También están interesados en examinar las pautas regionales y espaciales de los cambios en la humedad del suelo. Los científicos se concentran en las pautas más que en los valores absolutos de las medidas porque la humedad del suelo depende de la precipitación, la textura del suelo, la velocidad de infiltración y las condiciones locales del tiempo.

A los científicos les gustará conocer el contenido de agua del suelo en grandes áreas y esperan poder utilizar datos detectados por los satélites para medirlo. Los datos de humedad del suelo basados en el terreno, se requieren para desarrollar y evaluar los métodos para la estimación de la humedad del suelo por parte de los satélites. Mediante la contribución a la campaña GLOBE semianual de humedad de suelo, el alumnado está apoyando este interesante avance científico.

Figura SU-GR-2

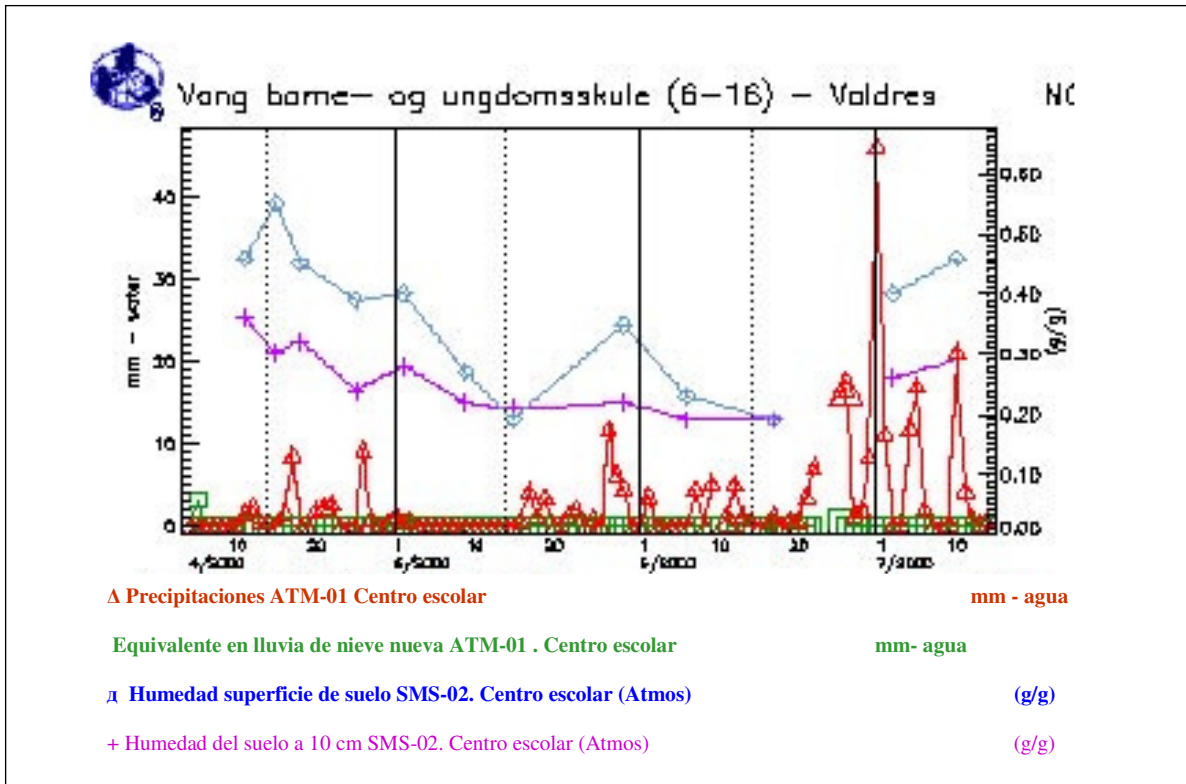


Figura SU-GR-3

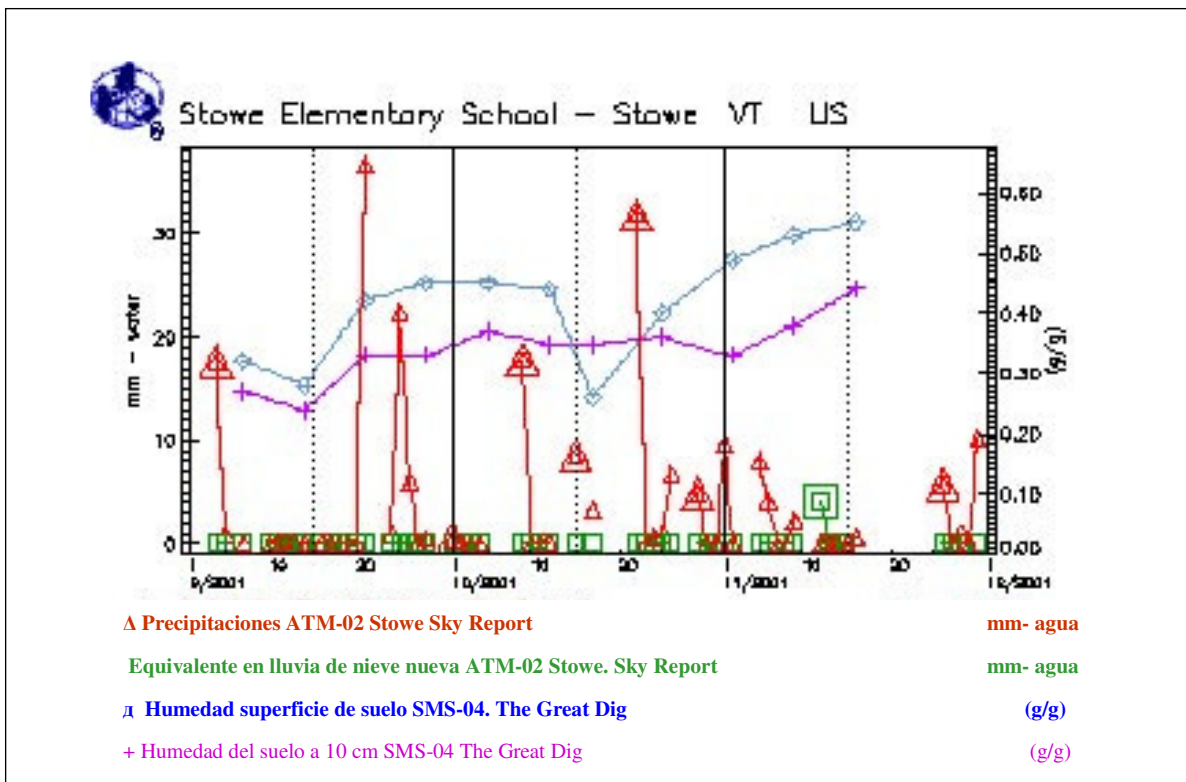
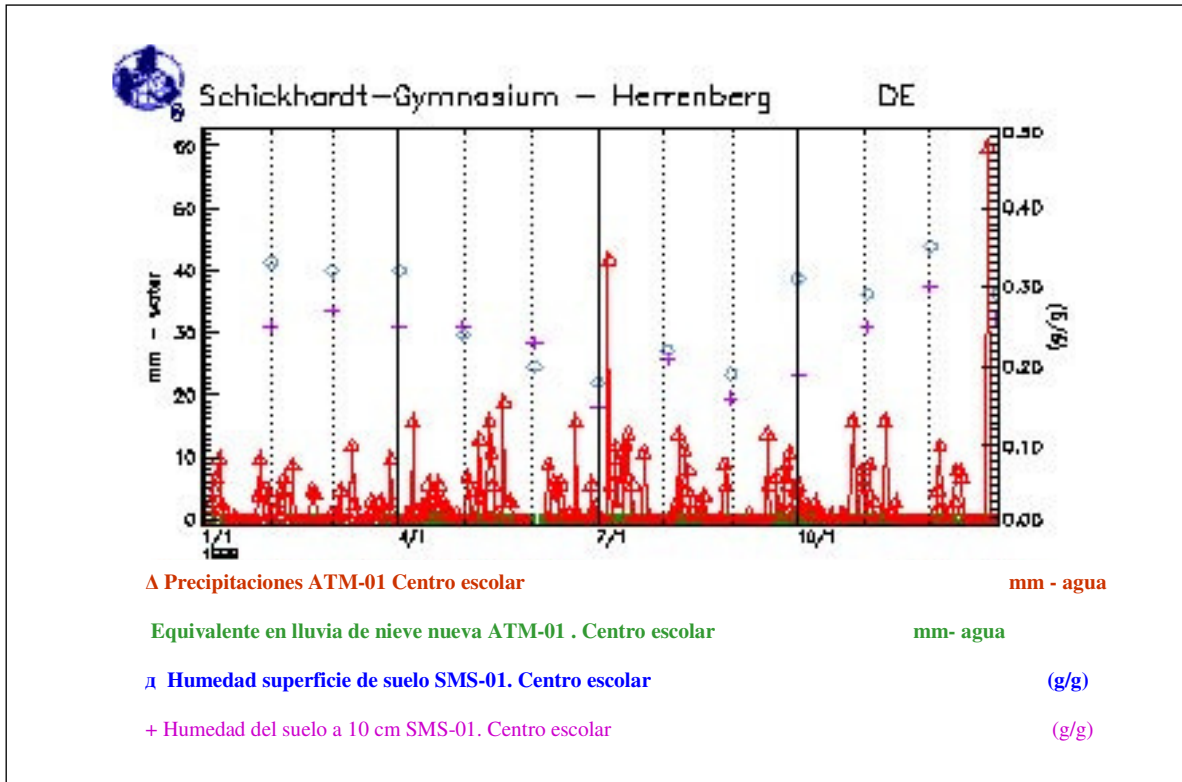


Figura SU-GR-4



Ejemplo de un Proyecto de Investigación del Alumnado

Observaciones

Estudiantes del Stowe Elementary School en Vermont, EEUU recogieron durante los meses de otoño, diez muestras de humedad gravimétrica del suelo (Septiembre-Noviembre). La Figura SU-GR-3 muestra la gráfica de sus datos de precipitación y humedad del suelo.

Formulando una Hipótesis

Normalmente se supone que la humedad del suelo aumenta después de la lluvia. Aunque esto era lo que ocurría en casi todos los datos de humedad de la superficie terrestre, el alumnado observó que había también excepciones.

Lo que se predecía era que, si no recogían las muestras inmediatamente después de que cayera la lluvia, se producían algunas excepciones. El alumnado notó que a una profundidad de 10 cm el suelo requería más tiempo y más lluvia para secarse y para humedecerse que el suelo superficial. Después de observar los datos, el alumnado decidió comprobar la siguiente hipótesis: *La humedad del suelo aumentará si ha caído más de 10 mm de precipitación en los últimos cinco días, y la humedad del suelo a 10 cm de profundidad incrementará si han caído más de 20 mm en los últimos 10 días.*

Recogiendo Datos

El alumnado analizó primero sus datos, y después observaron los datos de otros centros escolares que hubiesen realizado mediciones de la humedad del suelo superficial semanalmente, para ver si encontraban similitudes en los datos. Se dividieron en dos grupos, uno para analizar sus datos, y otro para buscar centros escolares que tuvieran al menos 24 mediciones de humedad del suelo y más de 100 mediciones de precipitación en el mismo año. Después de imprimir la gráfica con sus datos, el alumnado colocó sus datos en una tabla.

Analizando Datos

Un grupo marcó con colores los periodos de cinco y diez días que precedían a la medición de humedad y añadieron la cantidad de lluvia de estos periodos obteniendo así la cantidad total de lluvia en cada periodo. Colocaron sus datos en una nueva tabla que se muestra abajo (Tabla SU-GR-1). Otro grupo calculó el cambio en la humedad de una lectura a otra y añadió esta información a la tabla. Finalmente la clase decidió si los datos obtenidos sostenían la hipótesis o no. En algunos casos no había ningún cambio en la humedad, así que modificaron la hipótesis original de la siguiente manera: *“...la humedad del suelo debería incrementar o permanecer igual...”*

Tabla SU-GR-1: Stowe, VT 2001 Datos de Humedad del Suelo y Precipitación

Fecha	Precip. de 5 días (cm)	Humedad A 5 cm (g/g)	Cambio de humedad del suelo	¿conforme?	precip. de 10 días. (cm)	Humedad A 10 cm (g/g)	Cambio de humedad del suelo	¿conforme?	
9/7/01	1,0	0,32			18,6	0,27			
9/14/01	0,2	0,28	-0,04	Sí	1,2	0,24	-0,03	Sí	
9/21/01	36,8	0,42	0,14	Sí	37,0	0,33	0,09	Sí	
9/28/01	30,0	0,45	0,03	Sí	66,8	0,33	0	Sí	
10/5/01	0,5	0,45	0	Sí	30,5	0,37	0,04	Sí	
10/12/01	17,8	0,44	-0,01	No	17,8	0,35	-0,02	Sí	
10/17/01	11,8	0,26	-0,18	No	29,6	0,35	0	Sí	
10/25/01	33,5	0,4	0,14	Sí	36,7	0,36	0,01	Sí	
11/2/01	14,5	0,49	0,09	Sí	22,3	0,33	-0,03	No	
11/9/01	14,4	0,53	0,04	Sí	24,0	0,38	0,05	Sí	
11/16/01	4,8	0,55	0,02	No	7,0	0,44	0,06	No	
								70%	80%

El 70-80% de las observaciones confirmaba su hipótesis. Considerando los resultados formularon una hipótesis mejor. Por ejemplo, tomaron en cuenta un umbral de precipitación hasta 12 mm, o calcularon la profundidad a la que el suelo estaría húmedo, basándose en el contenido de humedad en el suelo originalmente y en la cantidad de lluvia que había caído. Examinando detalladamente los casos en los que la hipótesis no es válida, se aprende mucho sobre la humedad del suelo. Los datos de la superficie el día 12 de octubre de 2001 indican, por ejemplo, que los 17,8 mm de lluvia habían caído en el primer día del periodo de cinco días, así que hubo tiempo suficiente para que se evaporara o infiltrara en el suelo. La hipótesis del alumnado carecía de sentido en el caso del 16 de noviembre de 2001 porque hacía más frío y el suelo estaba casi saturado.

Investigaciones Posteriores

Un análisis similar se puede realizar con datos de otros centros escolares. En la Tabla SU-GR-2 aparecen los datos recogidos en primavera en Valdres, Noruega. El alumnado puede utilizarlos para encontrar similitudes o diferencias con los datos de Stowe, VT, o bien puede encontrar otros lugares en el mundo que se rijan según este patrón de datos. A pesar de que el alumnado sólo observó datos de dos años, ya tenía confianza y seguridad como para prever la relación entre precipitación y humedad.

Tabla SU-GR-2: Valdres, NO 2000 Datos de Humedad de suelo y Precipitaciones

Fecha	Precip. de 5 días. (cm)	Humedad a 5 cm (g/g)	Cambio de humedad del suelo	¿Conforme	Precip. de 10 días (cm)	Humedad a 10 cm (g/g)	Cambio de humedad del suelo	¿Conforme
4/12/00	1,9	0,46			5	0,36		
4/16/00	5,5	0,55	0,09	No	5,6	0,3	-0,06	Sí
4/19/00	11,2	0,45	-0,1	No	16,2	0,32	0,02	No
4/26/00	5,5	0,39	-0,06	Sí	18,1	0,24	-0,08	Sí
5/2/00	3	0,4	0,01	No	15,3	0,28	0,04	No
5/10/00	0	0,27	-0,13	Sí	2,6	0,22	-0,06	Sí
5/16/00	0	0,19	-0,08	Sí	0	0,21	-0,01	Sí
5/30/00	24,1	0,35	0,16	Sí	28	0,22	0,01	Sí
6/7/00	0	0,23	-0,12	Sí	15	0,19	-0,03	Sí
6/18/00	3,4	0,19	-0,04	Sí	19	0,19	0	Sí
7/3/00	68,5	0,4	0,21	Sí	98,4	0,26	0,07	Sí
7/11/00	24	0,46	0,06	Sí	64,9	0,29	0,03	Sí
				70%	80%			