

2023

OFICINA REGIONAL DE GLOBE LAC – COMITÉ ACADÉMICO PEDAGÓGICO LAC

HIDRÓSFERA

Imagen: Matt Hardy



ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

THE GLOBE PROGRAM



El programa GLOBE es un programa internacional de aprendizaje práctico de las ciencias que reúne a estudiantes, educadores y científicos de distintas partes del mundo en el estudio de las ciencias del sistema Tierra. Los principales objetivos de este programa son mejorar la educación científica, concientizar sobre el medioambiente y crear un mayor entendimiento sobre la Tierra en tanto que sistema. Para obtener más información visite www.globe.gov

Autores:

Comité Académico Pedagógico GLOBE LAC:

Ana Prieto

Andrea Ventoso

Carlos Acuña

Claudia Caro

Raúl Pérez Orellana

Para mayor información dirigirse a:

Actividades de imágenes satelitales: Ana Prieto. Contacto: anabeatrizprieto@gmail.com

Atmósfera: Andrea Ventoso. Contacto: bvb46037@gmail.com

Biósfera: Claudia Caro. Contacto: claudiacarovera@gmail.com

Hidrosfera: Carlos Acuña. Contacto: carlosdac1982@gmail.com

Pedósfera: Raúl Pérez – Orellana. Contacto: raul.perezorellana@gmail.com

Diagramación y diseño: Manuela Vallejos

Coordinadora Regional: Mariana Savino

Contacto: globelac.communications@educ.austral.edu.ar

Editor: Oficina Regional LAC

Buenos Aires

Argentina

2023

ISBN

Contenido

Actividades de Aprendizaje

Aguas Subterráneas	1
El Bosque Retiene Agua	6
El Ciclo del Agua y las actividades humanas	9
Elaboración de un tubo para medir transparencia del agua	17
Indicador Ácido – Base Casero	24
La materia orgánica retiene el agua	28
Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua	31
Microbiología del Agua	37

Actividades con imágenes satelitales

El sargazo en las costas	40
Invasión de plantas acuáticas	46
Retroceso de glaciares	52
Teledetección - Hidrósfera	63



Aguas Subterráneas

GLOBE		ODS Asociado/s	Tipo de Actividad/es
Esfera	Protocolos		
Atmósfera	Precipitaciones	6 (Agua limpia y saneamiento)	Exploratoria
Biósfera	Cobertura terrestre. Fenología. Altura de árboles.	7 (Energía asequible y no contaminante)	
Pedosfera	Infiltración. Humedad. Temperatura	12 (Producción y consumo responsables)	
Hidrosfera	Temperatura del agua. pH. Alcalinidad. Conductividad eléctrica. Transparencia. Salinidad. Nitratos.	13 (Acción por el clima)	
Paquete	Agricultura ENSO Océanos Ríos y lagos Ciclo del agua. Calidad del agua Suelos Meteorología	14 (Vida submarina) 15 (Vida de ecosistemas terrestres)	

Visión General

Para explorar el ciclo del agua en zonas tropicales, templadas y frías, y el papel fundamental de las aguas subterráneas en el ciclo hidrológico, los estudiantes realizan un experimento de simulación con materiales simples que les permite observar el comportamiento de un pozo de agua.

Tiempo

1 o 2 clases

Requisitos previos

Conocimiento básico de ecosistemas, ecología, conservación y meteorología.

Nivel escolar

Estudiantes de primaria y secundaria.

Objetivo general

- Comprender el ciclo del agua natural y las alteraciones producidas por actividades humanas.
- Analizar su conexión con el ciclo del agua y la necesidad de mitigar los impactos negativos producidos por actividades humanas.

Objetivos didácticos

- Diseñar un modelo sencillo de simulación de un pozo de agua dulce.
- Acercar al estudiante a la comprensión del ciclo del agua.
- Analizar el impacto de las actividades humanas en el ciclo natural del agua.

Introducción

Las aguas subterráneas son un recurso natural de agua dulce que se sitúan a nivel superficial en la corteza terrestre. Suelen encontrarse en formaciones geológicas impermeables llamadas acuíferos. El agua subterránea tiene un papel fundamental en la actividad humana y en el mantenimiento de los ecosistemas.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) define a este tipo de aguas como aquellas que se localizan bajo la superficie terrestre y ocupan los poros y las fisuras de las rocas.

Las aguas subterráneas se alojan en unos emplazamientos donde el agua se mantiene a una temperatura constante y similar al de la zona donde se encuentra. Estos lugares se denominan acuíferos y son formaciones geológicas constituida por diferentes capas porosas e impermeables que permiten el almacenamiento de agua dulce bajo tierra.

En determinadas regiones frías es frecuente encontrar este tipo de agua en estado congelado. Mientras que, por el contrario, en regiones áridas o semiáridas constituyen la única fuente de agua dulce de la zona.

Otro de los puntos clave de las aguas subterráneas es el papel fundamental que tienen en el ciclo hidrológico. Por un lado, el agua de la lluvia se filtra en los ríos y lagos, y puede alcanzar la superficie en forma de manantiales. Por otro lado, otra parte de este recurso se filtra en la superficie terrestre y llega a los acuíferos en donde pueden permanecer durante años. Además, parte de esta agua subterránea fluye a través del suelo y llega a los océanos manteniendo así un equilibrio en el ciclo del agua.

Preguntas de investigación orientadoras

¿De dónde viene el agua que cae del cielo en forma de lluvia o de nieve?

¿Cómo las actividades humanas afectan el ciclo del agua?

Conceptos científicos

- Ciclo del agua
- Usos humanos del agua
- Disponibilidad de agua
- Calidad del agua
- Ecología



Materiales y herramientas

- 1 pulverizador limpio (como el de cualquier producto de limpieza)
- 1 botella de plástico de 1 litro
- 1 palo cilíndrico o un rotulador gordo
- 1 trozo de malla de plástico
- Tijeras
- Grava
- Tierra
- Cinta adhesiva
- Contaminantes: zumo de limón, jabón, colorante, sal

Qué hacer y cómo hacerlo

• Inicio

Generalmente, el agua para consumo humano se capta con embalses o pozos dependiendo de si se trata de aguas superficiales o subterráneas, respectivamente.

Con este experimento los estudiantes comprenderán cómo funciona un pozo y cómo se produce la contaminación de las aguas subterráneas.

Primero los grupos deberán construir su propio pozo; después, comprobar si se contamina y con qué para, finalmente, determinar dónde se encuentran.

Para iniciar divide a los estudiantes en 5 grupos.

• Desarrollo

Realicen el siguiente experimento para simular un pozo de agua dulce.

Preparación:

1. Construcción del pozo

Con cuidado se corta la botella de plástico por la mitad. Usaremos la parte de abajo.

Se enrolla la malla de plástico al palo sujetándola fuertemente con cinta adhesiva (sin que se pegue al palo).

Se coloca el palo con la malla dentro de la botella, cerca de la pared, no en el centro.

Se añade grava (procurando que el palo se mantenga recto) hasta un poco más de la mitad de la botella (3/4 partes aproximadamente).

Se añade encima de la grava una capa de arena (de un dedo de grosor aproximadamente).

¡Ahora llega la parte más delicada! Se elimina con cuidado el palo, dejando dentro del recipiente la malla enrollada.

Se añaden muy despacio 200 ml de agua por el lateral, hasta que la grava esté cubierta, pero no la arena.



Se coloca el pulverizador dentro del hueco de la malla enrollada.

Se acciona varias veces el pulverizador para comprobar que funciona.

Se sigue apretando el pulverizador de manera que se extraiga el agua que está en el interior y se recoge esa agua en un vaso. ¿De qué color es?

2. Contaminar el pozo

Deberá contaminarles el pozo construido por los estudiantes. Para ello, añada con cuidado a cada pozo lo siguiente:

Grupo 1: un vaso de agua y zumo de limón (simulará la lluvia ácida).

Grupo 2: un vaso de agua limpia (simulará que las aguas subterráneas no se han contaminado).

Grupo 3: un vaso con agua y sal disuelta (simula agua de mar, contaminación por intrusión marina).

Grupo 4: añada el colorante sobre la capa de arena (simulará contaminación del suelo con fertilizantes y pesticidas). Vierta muy poco a poco un vaso de agua limpia para arrastrar el colorante.

Grupo 5: un vaso de agua con jabón (simulará agua contaminada por los detergentes de las viviendas).

Por tercera vez puede añadir agua a los pozos -esta vez solo agua limpia- para que los estudiantes comprueben que, a pesar de ello, el agua sigue saliendo ligeramente contaminada; así se percatarán de que una vez contaminado un acuífero es muy complicado descontaminarlo y restaurarlo.

Observación:

Los estudiantes deben extraer el agua subterránea con el pulverizador. ¿Cómo es el agua ahora? (En el caso del agua con sal y el agua con limón, los alumnos deberán mojarse ligeramente el dedo y catar su sabor).

Los estudiantes deben determinar si su pozo está o no contaminado y, en función del tipo de contaminante, indicar su ubicación.

Cierre

Preguntas para reflexionar:

¿Qué tipo de aguas son más fáciles de contaminar: las superficiales de lagos, ríos y mares o las subterráneas?

¿Qué tipo de elementos pueden contaminar las aguas subterráneas?

¿Qué tipo de aguas son más sencillas de limpiar: las superficiales o las subterráneas?



Bibliografía

Cross, K. et al., Acuíferos : gestión sostenible de las aguas subterráneas, IUCN: International Union for Conservation of Nature. IUCN, Regional Office for Mexico, Central America and the Caribbean (ORMACC), IUCN Global Water Programme, IUCN, Water and Nature Initiative (WANI). Retrieved from <https://policycommons.net/artifacts/1372266/acuíferos/1986439/> on 08 Jun 2023. CID: 20.500.12592/htpc5m.

Ordoñez, J. (2011). Cartilla técnica: aguas subterráneas - acuíferos. Sociedad Geográfica de Lima. <https://hdl.handle.net/11537/25436>

Fundación AQUAE 2023. <https://www.fundacionaquae.org/wiki/las-aguas-subterranas/>

CanalEduca. Actívate Por el Agua 2023 : <https://www.fundacioncanal.com/canaleduca/wp-content/uploads/2020/02/activate-por-el-agua.pdf>



El Bosque Retiene Agua

GLOBE		ODS Asociados	Tipo de Actividad
Esferas	Protocolos Asociados		
Hidrosfera	Oxígeno disuelto, Conductividad, pH, Temperatura, Transparencia.	6 (Agua limpia y saneamiento) 15 (Vida de ecosistemas terrestres)	Exploratoria
Atmosfera	Precipitación, Vapor de Agua		
Biosfera	Biometría, Altura de Arboles		

Visión General

Mediante un modelo sencillo de la forma física de un bosque, podemos examinar las razones físicas que permiten la retención de agua en los bosques, lo que permite la condensación del vapor de agua en gotitas que alimentan nuestras fuentes hídricas. Acercarnos a la comprensión de este fenómeno, nos permitirá valorar la importancia de nuestros bosques y páramos.

Tiempo

1 clase

Requisitos previos

Conocimiento básico de ecosistemas, ecología, conservación y meteorología.

Nivel escolar

Estudiantes de básica primaria.

Objetivo general

Identificar las características físicas que permiten la retención de agua en los bosques.

Objetivos didácticos

- Diseñar un modelo sencillo de simulador de bosques.
- Acercar al estudiante a la comprensión del ciclo del agua.

Introducción

Los bosques cumplen un rol fundamental en la regulación de la temperatura y del ciclo del agua, es decir, el proceso por el cual el agua se transporta en distintas formas de precipitaciones desde el aire hacia la Tierra, en donde los bosques y la vegetación en general reciclan esas precipitaciones y regresa a la atmósfera completando su recorrido.



La capacidad natural de los bosques de interceptar y evaporar mayor cantidad de agua que otro tipo de vegetación u otras superficies de captar mayor cantidad de agua a través de sus sistemas de raíces más profundos que los de otro tipo de vegetación y; filtrar y mejorar la calidad del agua también tiene una mayor importancia a partir de la crisis del agua, que afecta a gran parte de la población mundial.

Finalmente, el agua dulce limpia se ha convertido en un activo clave del siglo XXI, ya que el aumento continuo de la demanda y la sequía inducida por el cambio global están provocando una escasez crónica en muchos países. Los bosques desempeñan un papel esencial en el suministro estable de agua dulce limpia y los servicios ecosistémicos relacionados, como el agua potable, la protección contra inundaciones, la erosión y los deslizamientos de tierra, y la regulación del clima.

Preguntas de investigación orientadoras

¿Por qué los lugares sin árboles o sin vegetación no pueden retener el agua?

Conceptos científicos

- Ecología.
- Conservación.
- Cambio Climático.
- Precipitación.

Materiales y herramientas

- Tres octavos de cartulina negra.
- Escarcha. (Purpurina)
- Hojas de papel.
- Tijeras.
- Cinta adhesiva.

Qué hacer y cómo hacerlo

Antes de hacer el experimento hay que hacer los simuladores de árboles, así:

1. Haz quince rollos de papel de 20cm x 30cm, con diámetro aproximadamente de 2cm.
2. Haz cortes a lo largo del rollo de papel hasta la mitad.
3. Luego enrolla el papel como si formarás un embudo.
4. Extiende las tiras de papel para que parezca un árbol.
5. Pega los rollitos, en forma cuadrada en una cartulina negra.

¡Ya tienes un simulador de plantación de árboles!

1. Ahora haz treinta rollos de papel, pero en este caso de todas las formas y tamaños.
2. Pégalos de manera desordenada en la otra cartulina.

¡Ya tienes un simulador de bosque tropical!

1. Aproximadamente a 30 cm de la cartulina y a 10 cm de la superficie, sopla una cucharadita llena de escarcha sobre el simulador de plantaciones de árboles.



2. Repite el mismo procedimiento para el simulador de bosque.
3. Repite el mismo procedimiento en una cartulina negra que no tenga árboles.

Para observar:

¿En dónde se concentró la escarcha?, ¿En cuál caso la escarcha se queda retenida?,
¿En cuál no se quedó?

Recursos sugeridos

Para conocer más, se sugieren los siguientes recursos:

¿Qué papel desempeñan los bosques en el ciclo del agua?

https://efi.int/forestquestions/q7_es

Los árboles y el agua: no subestimemos la conexión

<https://forestsnews.cifor.org/62808/los-arboles-y-el-agua-no-subestimemos-la-conexion?fnl=>

Bibliografía

Cristiano, P. M., Campanello, P. I., Bucci, S. J., et al. (2015). Evapotranspiration of subtropical forests and tree plantations: A comparative analysis at different temporal and spatial scales. *Agricultural and Forest Meteorology*, 203, 96-106. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2015.01.007>

Delgado, M. I., Gaspari, F. & Senisterra, G. (2017). Respuesta a la infiltración en distintos complejos suelo-vegetación en las sierras de Ventania, Argentina. *Revista de Tecnología*, Universidad El Bosque, Colombia. Volumen 16, Número 1: 157-168. <https://doi.org/10.18270/rt.v16i1.2322>

De Diego M.S., Cristiano P.M., Díaz Villa M.V.E., et al. (2019). *Impacto de la actividad forestal sobre la biomasa de raíces en bosques de Misiones y su relación con algunas propiedades del suelo*. XII Reunión Nacional Científico Técnica de Biología de Suelos (REBIOS). Facultad de Agronomía-Universidad de Buenos Aires.

Rodríguez, S. A. (2015). Propiedades biomecánicas y ecofisiológicas de especies de árboles nativos y cultivados en la provincia de Misiones. (Tesis Doctoral. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.). Recuperado de http://hdl.handle.net/20.500.12110/tesis_n5778_Rodriguez



El Ciclo del Agua y las actividades humanas

GLOBE		ODS Asociado/s	Tipo de Actividad/es
Esfera	Protocolos		
Atmósfera	Temperatura del aire y superficie. Dirección y velocidad del viento. Precipitaciones. Humedad relativa. Vapor de agua. Aerosoles.	6 (Agua limpia y saneamiento)	Exploratoria
Biósfera	Cobertura terrestre. Fenología. Altura de árboles.	7 (Energía asequible y no contaminante)	
Pedósfera	Infiltración. Humedad. Temperatura	12 (Producción y consumo responsables)	
Hidrosfera	Temperatura del agua. pH. Alcalinidad. Conductividad eléctrica. Transparencia. Salinidad. Nitratos.	13 (Acción por el clima)	
Paquete	Agricultura ENSO Océanos Ríos y lagos Ciclo del agua. Calidad del agua Suelos Meteorología	14 (Vida submarina) 15 (Vida de ecosistemas terrestres)	

Visión General

Para explorar el ciclo del agua en zonas tropicales, templadas y frías los estudiantes realizan un experimento simulación con materiales simples que les permite observar la velocidad de evaporación y condensación. También observan el derretimiento del hielo. Luego analizan mapas globales de registros de lluvias y nieve durante los últimos 20 años y analizan el impacto de las actividades humanas y del cambio climático en el ciclo del agua. Esta actividad facilita la comprensión del ciclo del agua, los cambios generados en el ciclo por actividades humanas y los problemas que ocasionan estos cambios.

Tiempo

2 o 3 clases

Requisitos previos

Conocimiento básico de ecosistemas, ecología, conservación y meteorología.



Nivel escolar

Estudiantes de primaria y secundaria.

Objetivo general

- Comprender el ciclo del agua natural y las alteraciones producidas por actividades humanas.
- Analizar su conexión con el ciclo del agua y la necesidad de mitigar los impactos negativos producidos por actividades humanas.

Objetivos didácticos

- Diseñar un modelo sencillo de simulación del ciclo del agua en zonas tropicales, templadas y frías.
- Acercar al estudiante a la comprensión del ciclo del agua.
- Analizar el impacto de las actividades humanas en el ciclo natural del agua.

Introducción

Podemos encontrar agua en nuestro planeta en estado de vapor, líquido o sólido moviéndose de un sitio a otro. Estos movimientos los hemos ilustrado con un diagrama del ciclo del agua, que nos permite ver la ubicación del agua y hacia dónde puede moverse. El agua se mueve a grandes distancias a través de las cuencas hidrográficas, la atmósfera y el suelo. Pero también puede moverse a escalas muy pequeñas, en nuestro cuerpo, las plantas y otros organismos.



Figura 1. Ciclo del agua. Fuente: USGS <https://on.doi.gov/3MMBMqD>



La figura 1 ilustra el movimiento natural del agua. Con la energía que recibe del Sol, el agua líquida de océanos, ríos y lagos se evapora y pasa a la atmósfera. A este proceso lo llamamos **evaporación**. La nieve y el hielo también pueden evaporarse sin pasar por estado líquido en el proceso de **sublimación**. Pero además animales y plantas aportan vapor de agua en el proceso de **transpiración**, que también llega a la atmósfera.

A medida que el vapor de agua asciende en la atmósfera el aire es más frío transforma el vapor en gotas de agua mediante el proceso de **condensación**. Cuando el suelo está frío, el vapor de agua puede condensarse en gotitas cerca del suelo formando niebla y si la temperatura es lo suficientemente fría se forman cristales de hielo, en vez de gotas de agua líquida.

En las nubes las gotas o los cristales de hielo aumentan de tamaño y se vuelven pesados para sostenerse en el aire, por lo tanto, caen al suelo en forma de lluvia, nieve y otros tipos de precipitación.

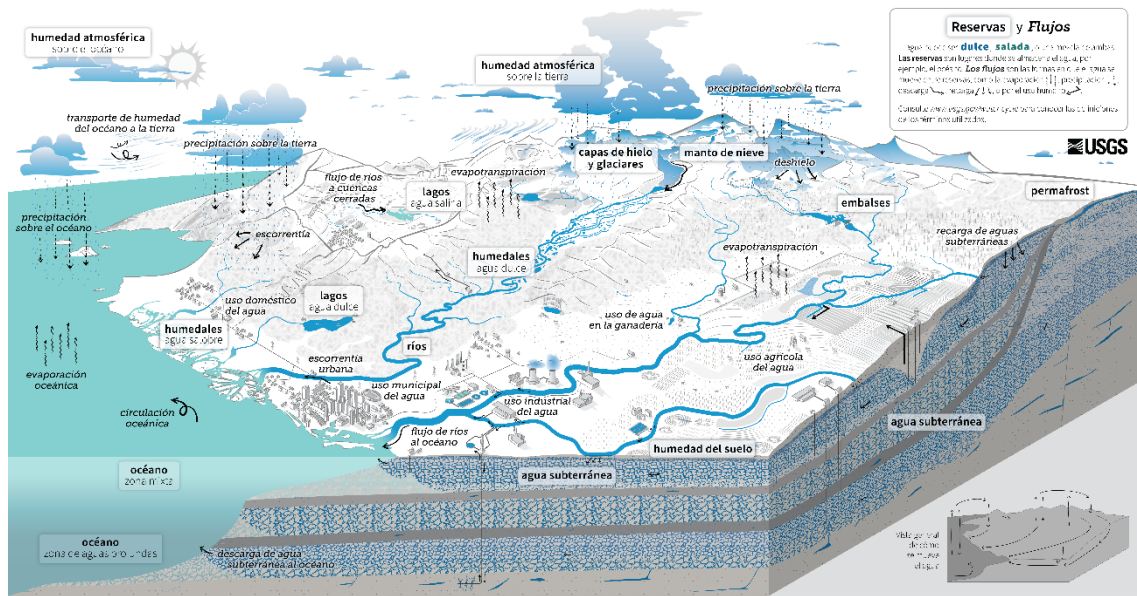
El agua vuelve a los océanos ya sea como precipitación que cae en el mar o como precipitación que cae sobre la tierra y luego fluye hacia el océano a través de los ríos. Parte del agua que cae con las **precipitaciones** se almacenan en ríos o lagos por bastante tiempo, pero en otros casos forma charcos temporarios que se evaporan rápidamente.

Parte de la nieve y el hielo que cae como precipitaciones puede almacenarse durante largos períodos en [glaciares](#) en las cimas de las montañas o en capas de hielo como en la Antártida.

Los océanos almacenan el 96% del agua. El agua del océano es salada, también se encuentra agua salada en algunos lagos salinos. El 4% restante es agua dulce que se almacena en forma líquida en [lagos](#), embalses artificiales, ríos y humedales. El agua en forma sólida se almacena en [glaciares](#) y en capas de hielo a gran altura o cerca de los polos. El suelo también puede almacenar agua congelada que recibe el nombre de permafrost. El agua líquida en el suelo se almacena como humedad del suelo. A mayor profundidad el suelo almacena agua subterránea en acuíferos que se encuentran dentro de grietas y poros de las rocas.

A medida que se mueve, el agua cambia de forma entre líquido, sólido y vapor. La circulación mezcla el agua en los océanos y transporta el vapor de agua en la atmósfera. En la atmósfera el agua se mueve por evaporación y la precipitación. El agua se mueve en la superficie terrestre a través del deshielo por la escorrentía y el flujo de agua en los ríos, lagos, etc. El agua se mueve hacia el suelo a través de la infiltración y recarga las aguas subterráneas. El agua subterránea fluye dentro de los acuíferos y puede regresar a la superficie a través de la descarga natural en los ríos, el océano y los manantiales.

La energía del sol y la fuerza de la gravedad impulsan el movimiento continuo del agua. La energía del sol evapora el agua líquida. La evapotranspiración es la principal forma en que el agua se mueve hacia la atmósfera desde la superficie terrestre y los océanos. La gravedad hace que el agua fluya hacia abajo sobre la tierra. Hace que la lluvia, la nieve y el granizo caigan desde las nubes.



El Ciclo del Agua

El ciclo del agua es un proceso que ocurre en la atmósfera, en la tierra y en el océano. El agua se evapora de los océanos, lagos y ríos, se condensa en las nubes y cae como lluvia o nieve. El agua que cae en la tierra puede infiltrarse en el suelo y convertirse en agua subterránea, o puede correr por la superficie hacia los ríos y lagos. El agua que cae en el océano se evapora y se convierte en vapor de agua que se eleva a la atmósfera.

El agua que se evapora de los océanos, lagos y ríos, se condensa en las nubes y cae como lluvia o nieve. El agua que cae en la tierra puede infiltrarse en el suelo y convertirse en agua subterránea, o puede correr por la superficie hacia los ríos y lagos. El agua que cae en el océano se evapora y se convierte en vapor de agua que se eleva a la atmósfera.

El agua que se evapora de los océanos, lagos y ríos, se condensa en las nubes y cae como lluvia o nieve. El agua que cae en la tierra puede infiltrarse en el suelo y convertirse en agua subterránea, o puede correr por la superficie hacia los ríos y lagos. El agua que cae en el océano se evapora y se convierte en vapor de agua que se eleva a la atmósfera.

El agua que se evapora de los océanos, lagos y ríos, se condensa en las nubes y cae como lluvia o nieve. El agua que cae en la tierra puede infiltrarse en el suelo y convertirse en agua subterránea, o puede correr por la superficie hacia los ríos y lagos. El agua que cae en el océano se evapora y se convierte en vapor de agua que se eleva a la atmósfera.

El agua que se evapora de los océanos, lagos y ríos, se condensa en las nubes y cae como lluvia o nieve. El agua que cae en la tierra puede infiltrarse en el suelo y convertirse en agua subterránea, o puede correr por la superficie hacia los ríos y lagos. El agua que cae en el océano se evapora y se convierte en vapor de agua que se eleva a la atmósfera.

Figura 2. Ciclo del agua. Fuente: USGS. Link con la imagen de mayor tamaño

<https://on.doi.gov/3oiyxPs>

Las actividades humanas alteran el ciclo del agua. En la figura 2 se ilustran diferentes usos humanos del agua que cambian el ciclo natural. Por ejemplo, un embalse que se forma cuando se construye una presa en un río, permite que el agua se acumule detrás de la presa formando un lago artificial. Otros ejemplos es el cambio de cursos de ríos, drenaje de humedales, uso de acuíferos, etc. Además, usamos esa agua en nuestros hogares y ciudades, para producir alimentos: la utilizamos para riego agrícola y pastoreo de ganado. También utilizamos agua en actividades industriales como generación de energía, minería y acuicultura entre otras. Al utilizar el agua afectamos la calidad. En áreas agrícolas y urbanas, el riego y la precipitación arrastran fertilizantes, pesticidas y otros contaminantes a ríos y aguas subterráneas. Las centrales eléctricas y las fábricas devuelven el agua a mayor temperatura y con contaminantes a los ríos. La escorrentía transporta productos químicos, sedimentos y aguas residuales a los ríos y lagos. El agua contaminada puede causar la proliferación de algas nocivas, propagar enfermedades y dañar ecosistemas naturales.

Preguntas de investigación orientadoras

¿De dónde viene el agua que cae del cielo en forma de lluvia o de nieve? ¿Cómo se forman las nubes?

¿Cómo afecta el derretimiento del hielo al nivel del mar? ¿Cómo afecta el derretimiento de los glaciares de montaña a ríos y lagos a corto y largo plazo?

¿Cómo las actividades humanas afectan el ciclo del agua?



Conceptos científicos

- Ciclo del agua
- Usos humanos del agua
- Disponibilidad de agua
- Calidad del agua
- Ecología

Materiales y herramientas

- Bolsa de plástico tamaño snack con cierre hermético zip
- Marcador permanente
- Agua a distintas temperaturas: fría (10°C o menos), temperatura ambiente (20°C) y caliente (30°C o 40°C)
- Taza medidora de líquidos
- Cuchara
- Cinta adhesiva fuerte
- Colorante para alimentos color azul
- Arena
- Piedras de 4 cm o menos (que entren en la bolsa)
- Cubitos de hielo
- Lámpara incandescente para proporcionar calor (o buscar una pared que reciba mucho sol durante el día)

Qué hacer y cómo hacerlo

• Inicio

Muestre a sus estudiantes las [precipitaciones actuales en el mundo](#), ¿está lloviendo ahora en su localidad o cerca de ella? Observen las diferencias en la intensidad de lluvia en los últimos 30 minutos, 24 hs y 7 días. ¿Llueve en los mismos lugares o la lluvia se desplazó hacia otros sitios?

Pídales a sus estudiantes que elaboren hipótesis de ¿dónde se origina el agua de lluvia y por qué cae?

• Desarrollo

Realicen el siguiente experimento para simular el ciclo del agua en zonas tropicales, templadas y frías.

Preparación:

1. En 3 bolsas de plástico dibuje el Sol, nubes, lluvia y marque el nivel del agua. Rotule a cada una: Zona tropical, Zona templada, Zona fría
2. Agregue colorante azul al agua de diferentes temperaturas.
3. Prepare cada bolsa:



Fig. 3. Preparación del experimento. Fuente: Science Buddies

- a. Zona tropical: agregue arena, piedras y el agua caliente coloreada
- b. Zona templada: agregue arena, piedras y el agua coloreada a temperatura ambiente
- c. Zona fría: agregue arena, piedras, agua fría coloreada y cubitos de hielo.

Las piedras representan las montañas. Elija piedras que queden por encima del nivel del agua. Una parte de la arena tiene que estar sumergida y otra por encima del agua representando los continentes.

Las tres bolsas deben tener la misma cantidad de agua, arena y piedras.

4. Cierre con cuidado cada bolsa, manteniéndola siempre vertical.
5. Pegue la bolsa con una cinta fuerte a una ventana o pared donde reciba el calor del sol o puede simular el sol con una lámpara. Si está nublado conviene utilizar una lámpara

Observación:

1. Observe la bolsa cada 1 o 2 horas para observar qué sucede
2. Registra lo que observas en las distintas bolsas. ¿Qué sucede en las bolsas de plástico? ¿Qué le sucede al agua? ¿En todas las bolsas ocurre lo mismo al mismo tiempo? ¿Qué ocurre con la bolsa que tenía cubitos?
3. ¿Puede explicar sus observaciones?
4. ¿Qué procesos observaste en tus experimentos que eran similares a la lluvia? ¿De dónde salió el agua de lluvia?
5. ¿Cambió el nivel del agua en las bolsas? ¿Dónde está el hielo luego de un tiempo?

Lee la introducción y explica los procesos que observó dentro de las bolsas.

1. ¿De qué manera imitó el ciclo del agua con el experimento?
2. ¿Por qué en algunas tomó más tiempo en producirse la lluvia?
3. ¿Qué ocurrió con el nivel del agua en la bolsa que tenía cubitos? ¿Qué podría ocurrir con el nivel del mar si se incrementa el derretimiento del hielo marino?



Para conocer las variaciones de la lluvia en los últimos años muestre el [mapa global de lluvias](#) y el de [nieve](#). Para analizarlos, consideren las siguientes preguntas:

1. ¿Observa variaciones estacionales?
2. ¿Los cambios son similares en los últimos años?
3. ¿Qué podría ocurrir si con el aumento de temperaturas debidas al cambio climático?

Analice el diagrama del [ciclo del agua con los usos](#) del agua considerando las siguientes preguntas: ¿qué actividades humanas requieren mayor cantidad de agua? ¿por qué cambia la calidad del agua después de usarla en actividades humanas?

Para profundizar, divida la clase en grupos, asigne a cada grupo un artículo para analizar:

- a) [Cómo la actividad humana está alterando los ciclos de lluvias y sequías en la cuenca del río Amazonas](#)
- b) [El calentamiento lleva a sequías y precipitaciones extremas más frecuentes e intensas](#)
- c) [Aumenta la evaporación de los lagos](#)
- d) [Satélites muestran cómo el ciclo del agua en la Tierra se acelera a medida que el clima se calienta](#)

Reúna los grupos y pídales que comenten el artículo analizaron. Genere un debate sobre los cambios en el ciclo del agua debido a las actividades humanas y el cambio climático.

Pregunte cómo utilizan el agua sus estudiantes y sus familias.

Analicen los impactos y las posibles medidas de mitigación.

- **Cierre**

Los estudiantes pueden realizar un poster del ciclo del agua y las alteraciones debido a las actividades humanas. También puede poner una sección con ideas para mitigar los impactos negativos.

Recursos sugeridos

Para conocer más, se sugieren los siguientes recursos:

Glaciares: Inventario de glaciares del mundo - Randolph Glacier Inventory <https://www.glims.org/maps/glims>

Ríos y lagos: Evaporación del agua en los lagos. Global Lake Evaporation Volume - GLEV <https://zeternity.users.earthengine.app/view/glev>

Ciclo del agua animado <https://youtu.be/3Cl6jCDWWYI>



Mapa global de nieve (Período: Marzo 2000 hasta Enero 2023)
https://earthobservatory.nasa.gov/global-maps/MOD10C1_M_SNOW

Mapa global de lluvias totales (Período: Junio 2000 hasta Abril 2023)
https://earthobservatory.nasa.gov/global-maps/GPM_3IMERGM

Mapa de precipitaciones actuales <https://gpm.nasa.gov/data/visualization/global-viewer>

Bibliografía

Cawdrey, K. (2023) *El calentamiento lleva a sequías y precipitaciones extremas más frecuentes e intensas*. NASA Ciencia. <https://cutt.ly/2wqpn5x1>

Lohner, S. (2020) *Make a Miniature Water Cycle Model*. Science Buddies. <https://www.sciencebuddies.org/stem-activities/water-cycle-in-bag>

Lohner, S. (2022) *Make a Water Cycle Model*. Science Buddies. <https://www.sciencebuddies.org/teacher-resources/lesson-plans/water-cycle-model>

NASA Earth Observatory (2010) *The Water Cycle*. <https://earthobservatory.nasa.gov/features/Water>

NASA Earth Observatory (2022) *Lake Evaporation on the Rise*. <https://earthobservatory.nasa.gov/images/150067/lake-evaporation-on-the-rise>

NASA Earth Observatory (2023) *GLOBAL Map: Total rainfall*. https://earthobservatory.nasa.gov/global-maps/GPM_3IMERGM

NASA-GPM (2023) *GPM IMERG Global Viewer*. <https://gpm.nasa.gov/data/visualization/global-viewer>

NASA-SVS (2015) *The Water Cycle: Following The Water*. <https://svs.gsfc.nasa.gov/10885>

NASA-SVS (2015) *The Water Cycle: Steaming The Air*. <https://svs.gsfc.nasa.gov/10885>

National Geographic (2022) *Cómo la actividad humana está alterando los ciclos de lluvias y sequías en la cuenca del río Amazonas*. <https://cutt.ly/KwqpR5wK>

O'Neill, I. J. and Lee, J. J. (2021) *Satélites muestran cómo el ciclo del agua en la Tierra se acelera a medida que el clima se calienta*. NASA Ciencia. <https://cutt.ly/qwqpmSyb>

Pratt, S. E. (2022) *Aumenta la evaporación de los lagos*. NASA Ciencia <https://ciencia.nasa.gov/aumenta-la-evaporacion-de-los-lagos>

Rowland, T. (2022) *How Do Melting Polar Ice Caps Affect Sea Levels?*. Science Buddies. <https://www.sciencebuddies.org/stem-activities/polar-ice-caps-melting>

USGS (2022) *The Water Cycle*. Water Science School. <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/water-cycle>

USGS (2023) *Water World*. Educational Resources. <https://www.usgs.gov/educational-resources/water-world>



Elaboración de un tubo para medir transparencia del agua

GLOBE		ODS Asociado/s	Tipo de Actividad/es
Esfera	Protocolos		
Hidrosfera	Transparencia del agua	3 (Salud y bienestar) 6 (Agua limpia y saneamiento)	Aplicación Motivación

Visión General

Los estudiantes aprenderán a fabricar un tubo de transparencia que podrán utilizar para la medición de transparencia en aguas poco profundas y en movimiento.

Requisitos previos

Ninguno

Nivel escolar

Secundaria

Objetivo general

Aprender a fabricar un tubo de transparencia casero, utilizando materiales que se pueden adquirir fácilmente y a bajo costo.

Objetivos didácticos

- Construir su propio instrumento con la orientación del docente
- Entender el concepto de escala y de unidades de medida
- Aplicar destrezas manuales en la elaboración de instrumentos
- Resolver un ejercicio práctico por medio del trabajo en grupo
- Entender los conceptos de precisión en los instrumentos científicos

Introducción - Contexto

La transparencia del agua puede medirse a través de dos técnicas diferentes dependiendo del curso de agua que se va a estudiar. Una es el disco de Secchi, que se utiliza donde hay aguas profundas y tranquilas, y se mide en el mismo cuerpo. La otra es el tubo de transparencia, que es usado una vez que se extrae el agua del cuerpo de agua con un balde, y se vierte inmediatamente en el tubo de transparencia. En este último caso, la luz penetra tanto por la superficie del tubo como por los lados, a diferencia del disco de Secchi donde la luz penetra en el cuerpo de agua únicamente por la

superficie. Si bien ambas técnicas miden la transparencia del agua, no son comparables entre sí debido a las diferencias anteriormente mencionadas. Ver figura 1.



Fig. 1.

Preguntas de investigación orientadoras

- ¿Qué tipo de escala debo usar para la medición?
- ¿Hay materiales más adecuados que otros para la fabricación del tubo? ¿Por qué?
- ¿Tendrá la misma utilidad que un tubo comprado?
- ¿Cómo influye la precisión en la elaboración de instrumentos de medición?
- ¿Cuál es el objetivo de colocar un disco de Secchi en el fondo del tubo?

Conceptos científicos

- El agua es un disolvente.
- Con el tiempo, el agua puede deteriorar algunos materiales.
- Los distintos materiales poseen propiedades específicas y pueden ser más o menos duraderos
- Escalas / unidades de medida

Materiales y herramientas

- Un tubo de acrílico, plástico transparente, policarbonato o similar
- Regla milimetrada
- Hojas de acetato
- Cinta adhesiva de 5 cm de ancho (2 pulgadas)
- Regatón (o recatón) de goma, tapón u otro objeto para sellar la parte inferior del tubo



- Tijera o trincheta
- Marcador permanente negro de punta fina
- Plancha de telgopor (espumaplast, icopor o unicep dependiendo del país) o madera
- Opcional: pintura negra y pincel
- Pegamento adecuado para el material que utilizemos
- Opcional: taladro con mecha para madera o hierro

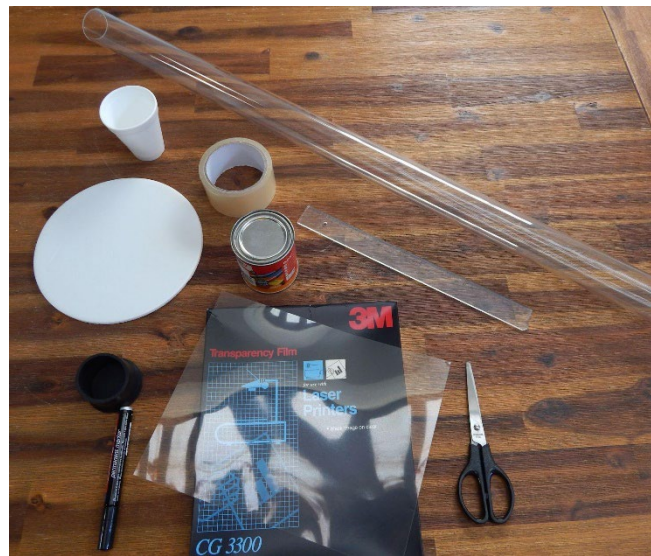


Fig. 2: Materiales

Qué hacer y cómo hacerlo

Inicio - Plantee las preguntas orientadoras y luego explique los conceptos científicos que considere necesarios para comenzar la actividad.

Desarrollo - 1. Tome un tubo de acrílico, plástico transparente o PVC, dependiendo de lo que puedan conseguir en donde vive. En este caso se usará un tubo de acrílico de 5 cm de diámetro y 1 m de longitud comprado en una fábrica de acrílicos. También podría usarse un tubo de plástico transparente que venden en algunos países como envases de los tubos de luz o algo similar que sea lo suficientemente rígido para sostener el agua cuando esté lleno.

El tubo deberá tener 60 cm como mínimo y hasta 120 cm como máximo. Siempre es ideal que tenga entre 100 y 120 cm, para que, cuando las aguas son muy claras y no tienen prácticamente partículas, se pueda medir exactamente los centímetros de transparencia. En ese caso, si usáramos un tubo corto de 60 cm, seguramente la transparencia exceda la longitud del tubo, y cuando se haga la medición, se deberá indicar “más de 60 cm” y no se podrá determinar exactamente cuántos centímetros de transparencia tenía el cuerpo de agua.

2. Se pueden utilizar distintos métodos para armar la regla del tubo de transparencia.

Método A. Tome una hoja de acetato y usando una regla milimetrada, marque los centímetros y los milímetros sobre la hoja con un marcador negro permanente de punta fina. Marque primero los cm y luego cada cinco milímetros. Para poder marcar los 10 milímetros de un 1 cm, el marcador tendría que ser extremadamente fino para que no se junten todas las marcas en una. Se deberá utilizar un marcador que no se borre con



el agua ya que este instrumento estará expuesto a ella interna y externamente (ver figura 3).

Método B. Fotocopie una regla transparente en una hoja de acetato, luego solo habrá que cortar el tramo y repetirlo a lo largo de la longitud del tubo. En el ejemplo de la figura 4 se ve la fotocopia real de una regla de 30 cm numerada, y los demás tramos son fotocopias tapando la numeración para poder agregarlos a continuación del primer tramo hasta completar el largo total del tubo.

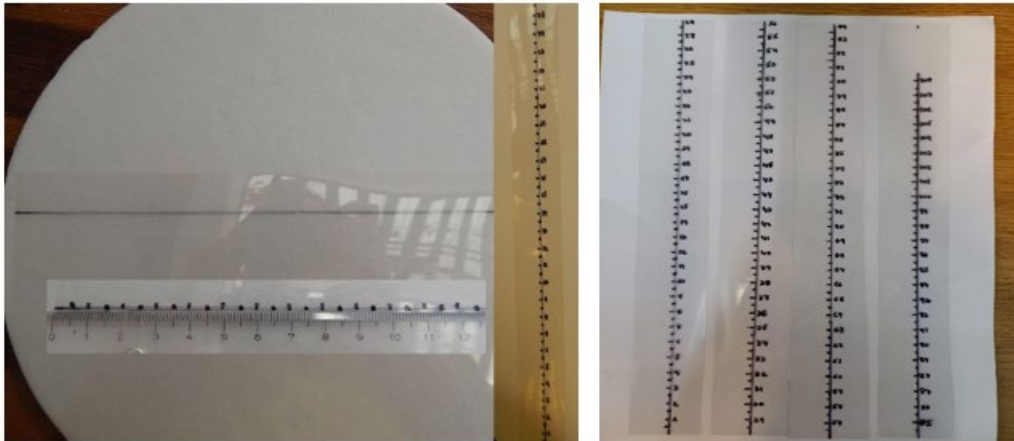


Fig. 3

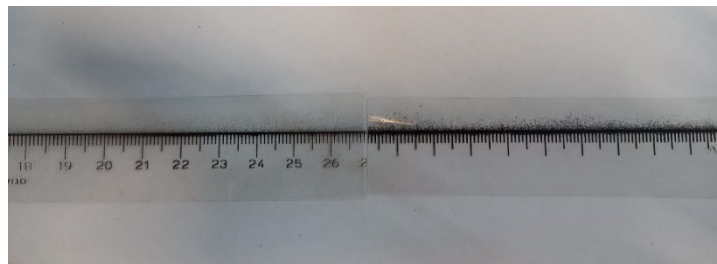


Fig. 4

Método C. Dibuje la regla directamente sobre el tubo de transparencia con el marcador permanente usando una regla de guía.

Nota: *Tenga cuidado de mantener la escala exacta en el caso de imprimir una regla descargada de internet. Generalmente cuando se imprime en papel o en hoja de acetato, la escala no mantiene el tamaño real, pese a que lo aclare el archivo de donde se descargó. Una vez impresa la hoja, chequee la medida del centímetro con una regla real.*

3. En los dos primeros métodos, luego se recortan las reglas impresas en el acetato en franjas de 2,5 a 3 cm de ancho como máximo.

4. Tome el regatón de goma o tapón que hayan conseguido para sellar el fondo del tubo de transparencia, y pruébelo en el tubo. Deberá tener un diámetro adecuado para que calce justo al diámetro del tubo de transparencia (5 cm en este caso) para que no se escape el agua.



5. Cuando coloque el regatón, notará que tiene 3 o 4 centímetros de alto, lo que hará que algunos centímetros de tubo queden dentro del regatón y no penetre la luz en ese tramo. Una solución para que la superficie del disco de Secchi que va pintada en el fondo del tubo, quede a la altura de donde termina el regatón es marcar el tubo con un marcador permanente a esa altura para luego pegar la regla a partir del borde marcado de modo que el centímetro cero coincida con el borde. (Ver figuras 5 a 7)

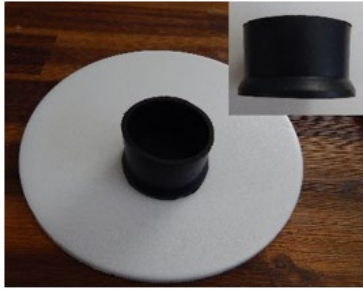


Fig. 5



Fig. 6

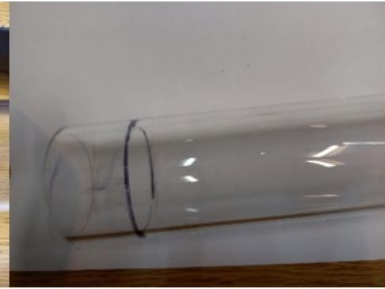


Fig. 7

6. Ahora hay que rellenar esos centímetros que quedan bajo la marca donde llega el borde del regatón con algún material que no se estropee con el agua, para que en su parte superior pueda ser pintado el disco de Secchi. Una solución es cortar discos de telgopor del diámetro interior del tubo y pegarlos entre sí como si fuera una oblea hasta lograr la altura de la línea pintada con marcador (ver figuras 8 a 11). Una vez pegados, se prueban en el regatón para ver si ocupan toda la altura que se necesita. Si hacen falta más discos, se agregarán más hasta lograr esa altura (figuras 12 y 13)

7. A continuación, pinte el disco de Secchi sobre el disco que queda en la superficie, con pintura acrílica o marcador permanente negro. Para ello marque con una escuadra los cuatro cuadrantes, y pinte dos de los cuadrantes opuestos (figuras 14 a 16). También podría utilizarse para el relleno del regatón algún otro material como un tapón plástico o acrílico o un suplemento de madera previamente impermeabilizado con pintura.



Fig. 8



Fig. 9



Fig. 10

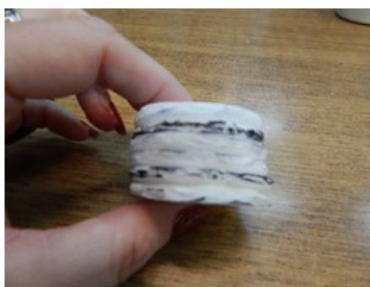


Fig. 11



Fig. 12



Fig. 13



Fig. 14

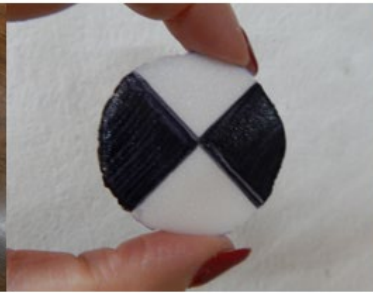


Fig. 15



Fig. 16

8. En este punto coloque el suplemento dentro del regatón, y luego ajuste el tubo de transparencia al regatón y el suplemento. Si hay dudas de que no quede ajustado y pueda escurrirse el agua, puede colocarse algún tipo de cemento de contacto (para goma y acrílico) o silicona entre la pared externa del tubo y el regatón (figuras 17 a 19).

9. Alinee las reglas de acetato sobre el tubo, una a continuación de la otra a partir del borde del regatón (centímetro cero) teniendo cuidado de respetar los centímetros completos en las uniones de las reglas. Pegue las reglas con cinta adhesiva ancha de unos 5 cm al tubo de transparencia alineadas en una sola línea recta.



Fig. 17



Fig. 18



Fig. 19

10. Un paso opcional incluye hacer una perforación de 5 o 6 mm de diámetro, a uno o dos centímetros por encima de la marca del regatón para que funcione como válvula de desagüe, de esta forma cuando llene el tubo con agua, si se excede, con la válvula puede ir desagotando de a poco el agua hasta no ver más el disco en el fondo. Puede hacerse con un taladro y una mecha que sirva para madera o hierro. No es imprescindible este paso ya que igualmente se puede ir llenando el tubo de a poco hasta no ver más el disco.

Cierre - Se sugiere practicar el uso del tubo de transparencia introduciendo distintas variables a la medición para que los estudiantes entiendan la importancia de realizarlo correctamente para obtener datos de calidad:

- con el tubo fabricado y uno comprado si se tiene para determinar cuán preciso es el instrumento fabricado.
- practicar las mediciones a la sombra (ejemplo debajo de un árbol), al sol y a la sombra proyectada por sus propios cuerpos para comprobar si hay diferencias entre las condiciones de observación.
- realizar las observaciones en un día o momento nublado y luego con el cielo despejado para entender si incide la luz solar en la mayor transparencia del agua.
- experimentar las mediciones cuando se toman cada 10-15 min. para entender cómo incide la velocidad con que se asientan las partículas del agua en el fondo del tubo de transparencia y cuán rápido se deja de ver el disco de Secchi.



Explicar a los estudiantes que es fundamental realizar las tres mediciones de transparencia en las mismas condiciones exactamente para obtener mediciones válidas y estandarizadas.

Preguntas frecuentes:

¿Es lo mismo utilizar el tubo de transparencia que el disco de Secchi? No, en realidad ambos instrumentos se utilizan en distintos cuerpos de agua. Si el agua es profunda y quieta, usted usará un disco de Secchi para sus mediciones de transparencia. Si el agua es poco profunda o corriente, usará un tubo de transparencia (o tubo de turbiedad). Como en ambos casos se utilizan instrumentos diferentes, los datos obtenidos no son comparables entre sí.



Indicador Ácido – Base Casero

GLOBE		ODS Asociados	Tipo de Actividad
Esferas	Protocolos Asociados		
Hidrosfera	pH	6 (Agua limpia y saneamiento)	Exploratoria
Pedósfera	PH		

Visión General

Las mediciones de pH indican directamente la habitabilidad de un cuerpo de agua para la vida acuática. Es interesante seguir anualmente los parámetros del ciclo del agua, así como el pH para luego hacer comparaciones entre diferentes cuerpos de agua.

Tiempo

2 clases

Requisitos previos

Conocimiento básico de ecosistemas, redes tróficas, poblaciones, meteorología, corrientes marinas, calidad de agua y TIC. Habilidad para interpretar imágenes satelitales y mapas. Habilidad para localizar puntos usando latitud y longitud.

Nivel escolar

Estudiantes últimos años de primaria, secundaria.

Objetivo general

Desarrollar las habilidades de los estudiantes a través de lecciones de química implicando el tema de pH.

Objetivos didácticos

- Identificar la metodología empleada para la obtención de indicadores ácido-base a partir de repollo morado y pétalos de rosas rojas.
- Clasificar diferentes sustancias o productos de la vida cotidiana como ácidos, básicos o neutros, por medio de un indicador ácido-base.

Introducción

Para indicar el valor del pH de una disolución se utilizan diversas técnicas e instrumentos, algunos más precisos que otros, pero que permiten caracterizar una sustancia ácida, básica o neutra. Dentro de los procedimientos e instrumentos usados



se encuentra el papel indicador universal, los pH-metros, colorímetros y aquellos que son elaborados de forma casera como los indicadores de pH caseros.

El pH es una propiedad química que mide el grado de acidez o alcalinidad de las soluciones acuosas. Por definición se considera que el pH es el logaritmo negativo de la actividad de los protones (H⁺) en una solución acuosa.

El pH usa una escala de medición cuyo rango de fluctuación es de 0 a 14. Se basa en el principio de que la constante de equilibrio de la disociación del agua es 10⁻¹⁴.

Los ácidos y bases son sustancias que representan gran importancia en campos como la industria farmacéutica, alimentaria, biotecnológica, entre otros. Muchos procesos están condicionados por un pH específico y alguna variación, causaría su alteración. Todas las sustancias presentan un valor de pH específico y de acuerdo con esto se deriva su utilidad.

En los suelos el pH es una propiedad química de mucha importancia porque indica qué tan ácida o alcalina es la solución del suelo, que es de donde las raíces y los microorganismos del suelo toman sus nutrientes.

Para indicar el valor del pH de una disolución se utilizan diversas técnicas e instrumentos, algunos más precisos que otros, pero que permiten caracterizar una sustancia ácida, básica o neutra. Dentro de los procedimientos e instrumentos usados se encuentra el papel indicador universal, los pH-metros, colorímetros y aquellos que son elaborados de forma casera como los indicadores de pH caseros.

Muchas sustancias, tanto naturales como sintéticas, presentan una coloración que depende del pH de las disoluciones en las que se disuelven. Algunos de estos compuestos, que han sido empleados durante siglos para determinar la acidez o la alcalinidad del agua, se utilizan todavía como indicadores ácido-base.

Los indicadores ácido-base son sustancias orgánicas débilmente ácidas o básicas, que presentan diferentes colores cuando se encuentran en su forma protonada o desprotonada, esto significa que cambian su color en función del pH.

Preguntas de investigación orientadoras

- ¿De qué manera funcionan los indicadores o medidores de pH?
- ¿Cuál es la manera correcta de medir el pH?
- ¿Qué indica la coloración en el medidor?

Conceptos científicos

- Ecosistemas
- Cambios en las poblaciones de algunas especies
- Interrelaciones de materia y energía en los ecosistemas
- Corrientes oceánicas
- Riesgos ambientales y vulnerabilidad



Materiales y herramientas

1. 200 gramos de repollo morado
2. 200 gramos de rosas rojas. (5 o 6 rosas)
3. 2 vasos de precipitado de 500 ml.
4. 2 mortero y pistilo
5. 5 vasos de vidrio
6. 2 pipetas de 10 mL.
7. 1 embudo de filtración
8. 1 papel filtro
9. 1 termómetro
10. 2 matraces
11. 2 frascos o botellas oscuras.

Qué hacer y cómo hacerlo

1. Inicio

Cada grupo de estudiantes de alrededor de 4 integrantes se organizará para la realización de esta práctica. El docente podrá organizar la cantidad de integrantes de los grupos dependiendo el número de estudiantes por curso y las condiciones con las que cuenta en el salón de clases o laboratorio de la institución.

2. Desarrollo

1. Con ayuda de la balanza pesar la cantidad indicada anteriormente del repollo morado.
2. Cortar las hojas del repollo en pedazos pequeños e ir adicionándolas en el mortero.
3. Humedecer las hojas de repollo adicionando 20 ml de agua; macerar con ayuda del pistilo.
4. Colocar en el vaso de precipitado 200 ml de agua y calentar hasta alcanzar el punto de ebullición.
5. Cuando el agua llegue al punto de ebullición adicionar el contenido del mortero y dejar hervir durante 15 minutos.
6. Posteriormente el contenido del vaso de precipitado se baja de la llama y se deja en reposo hasta que el contenido alcance la temperatura ambiente.
7. Filtrar el contenido para separar las sustancias sólidas del extracto obtenido.
8. Almacenar en un recipiente de vidrio o plástico oscuro en una nevera, para ser utilizado en la siguiente sesión.

Para la preparación del indicador ácido-base de pétalos de rosas rojas se debe repetir el proceso utilizado con el repollo morado.



3. Cierre

Cada uno de los grupos tomará los tubos de ensayo y con ayuda de la cinta de enmascarar enumerará los tubos de ensayo de uno a doce de acuerdo con el orden de las sustancias utilizadas. A continuación, se sugiere el orden de las sustancias.

1. Vinagre
2. Aspirina
3. Bicarbonato de sodio
4. Jabón líquido
5. Crema dental
6. Peróxido de Hidrógeno
7. Hipoclorito de Sodio – (Clorox)

Cada uno de los grupos de tomar 3 ml de cada una de las sustancias y adicionarlas en los tubos anteriormente marcados.

Adicionar 3 ml de agua en cada uno de los tubos marcados.

En cada uno de los tubos se adicionará 3 ml de indicador ácido- base obtenido a partir del repollo morado.

Analice las siguientes situaciones y conteste las siguientes preguntas:

¿Qué colores presentan las diferentes sustancias?

Cuando se adiciona agua en cada uno de los tubos, ¿las sustancias sufren algún cambio?

¿De qué depende el color de los indicadores ácido-base casero?

Cuando se adiciona el indicador ácido-base en cada uno de los tubos, ¿qué coloración presentará?

¿El tipo de coloración depende de la sustancia en la que se encuentra el indicador?

Recursos sugeridos

Para conocer más sobre este fenómeno, se sugieren los siguientes recursos:

El Juego del pH https://www.globe.gov/documents/10157/381040/hydro_chap_es.pdf

Protocolo de pH https://www.globe.gov/documents/10157/381040/hydro_chap_es.pdf

Bibliografía

Rincón C, Harol. Propuesta didáctica para el aprendizaje del concepto de pH en estudiantes de básica secundaria, Universidad Nacional de Colombia, 2020.



La materia orgánica retiene el agua

GLOBE		ODS Asociados	Tipo de Actividad
Esferas	Protocolos Asociados		
Hidrosfera	Oxígeno disuelto, Conductividad, pH, Transparencia.	6 (Agua limpia y saneamiento) 15 (Vida de ecosistemas terrestres)	Exploratoria
Atmósfera	Precipitación		
Biosfera	Cobertura Terrestre		
Pedósfera	Caracterización del suelo Infiltración del suelo		

Visión General

El agua fluye incansablemente, se mantiene en movimiento con las inclinaciones de la tierra, con los vientos, las mareas y con el viento, como vapor de agua. Sin embargo, gracias a las plantas y especialmente a nuestros bosques y páramos, el agua se detiene y fluye a tierras más secas aguas abajo.

A través de esta actividad descubrirás cómo el agua es retenida por las cubiertas vegetales en el suelo, esta es una idea clave para entender la importancia de los bosques y los páramos en la conservación de las corrientes de las fuentes hídricas.

Tiempo

1 clase

Requisitos previos

Conocimiento básico de ecosistemas, ecología, conservación y meteorología.

Nivel escolar

Estudiantes de primaria básica.

Objetivo general

Evaluar la capacidad de retención de agua por parte de la materia orgánica presente en el suelo.

Objetivos didácticos

- Entender la importancia de los bosques y los páramos en la conservación de las corrientes de las fuentes hídricas.
- Evaluar el desempeño de retención de agua de la materia orgánica.

Introducción

Los organismos presentes en el suelo, incluyendo los microorganismos, usan los residuos de las plantas y los animales y los derivados de la materia orgánica como alimentos. A medida que se descomponen los residuos y la materia orgánica, los nutrientes en exceso (nitrógeno, fósforo y azufre) son liberados dentro del suelo en formas que pueden ser usadas por las plantas. Los productos de desecho producidos por los microorganismos contribuyen a la formación de la materia orgánica del suelo.

La adición continua de residuos de plantas y otra materia orgánica por medio de su transformación por los organismos del suelo, proporciona capacidad para la autorrecuperación del suelo. Las sustancias pegajosas sobre la piel de las lombrices y aquellas producidas por los hongos y bacterias ayudan a aglutinar las partículas. La parte viva del suelo es responsable de mantener la disponibilidad de agua y aire, proveer nutrientes a las plantas, destruir a los agentes contaminantes y mantener la estructura del suelo. Esto contribuye a la renovación de la porosidad mediante los procesos de excavación de túneles y formación de sustancias pegajosas asociadas con la actividad biológica. Consecuentemente, el suelo puede almacenar más agua y actuar como sumidero de dióxido de carbono.

Los materiales orgánicos presentes en la superficie del suelo pueden proporcionar la amortiguación física contra el impacto de las gotas de lluvia y la insolación directa. La descomposición de las raíces muertas provee canales descendentes a través de los cuales el agua puede rápidamente alcanzar los niveles más bajos de la zona radical. Los organismos mesoaerobios tales como las lombrices de tierra crean túneles y canales con el mismo resultado. El ciclo del agua dentro del ecosistema del suelo disminuye en su efectividad, si los procesos antes descritos se vieran afectados.

Preguntas de investigación orientadoras

¿Cuál es la importancia de los suelos orgánicos como los bosques y los páramos en la retención del agua?

Conceptos científicos

- Ecología
- Conservación
- Cambio Climático
- Precipitación

Materiales y herramientas

- 1 embudo



- Piedritas gruesas
- Piedritas delgadas
- Tierra
- Hojas secas
- Hojas verdes
- Papel filtro de café
- 1 envase
- 1 vaso grande con agua
- 1 vaso grande vacío

Qué hacer y cómo hacerlo

Cubre el fondo del embudo con un filtro de papel.

Llena el fondo del embudo con piedras gruesas y luego con piedras delgadas.

Agrega el contenido del vaso de agua a través del embudo. Por el otro lado del embudo coloca el otro vaso, anota el tiempo en que pasa el agua y calcula la cantidad de agua que llega al segundo vaso.

Llena de nuevo el embudo. Haz el fondo de la misma manera con un filtro de papel, luego con piedritas gruesas y delgadas, luego adiciona tierra, después hojas secas y verdes.

Agrega el agua de un vaso, teniendo cuidado que no se te riegue por fuera.

Coloca el segundo vaso en la boca del embudo, cuenta el tiempo que se demora en pasar el agua y calcula el volumen del agua que llega al segundo vaso.

Para observar:

¿En cuál caso corrió más rápido el agua? ¿Por qué?

¿En cuál caso corrió más despacio el agua? ¿Por qué?

¿En cuál caso llegó menos agua al segundo vaso? ¿Por qué?

Bibliografía

Reyez Gómez, Maritza and Barreto, Luis (2011) Efecto de la materia orgánica del suelo en la retención de contaminantes. *Épsilon*: Iss. 16, Article 3. Disponible en: <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1149&context=ep>

Ubeda, José., Delgado, Yader. (2018) La infiltración del agua en los suelos y componentes artificiales y materia orgánica que se utilizan en ellos para la agricultura, *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*.



Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua

GLOBE		ODS Asociados	Tipo de Actividad
Esferas	Protocolos Asociados		
Hidrosfera	Oxígeno disuelto, Conductividad, pH, Temperatura, Transparencia	6 (Agua limpia y saneamiento)	Exploratoria

Visión General

Al hablar de Indicadores biológicos de la Calidad del Agua, observamos que sólo unos pocos organismos pueden satisfacer estos requerimientos, y se considera a los macroinvertebrados acuáticos como los mejores bioindicadores de la calidad del agua. En esta actividad los estudiantes realizarán muestreos de macroinvertebrados acuáticos en ambientes naturales, utilizarán una clave para identificar familias y evaluarán la calidad del agua a partir de los organismos recolectados.

Tiempo

2 clases

Requisitos previos

Conocimiento básico de ecosistemas, redes tróficas, poblaciones, meteorología, calidad de agua.

Nivel escolar

Estudiantes de secundaria.

Objetivo general

Realizar una evaluación de la calidad del agua utilizando macroinvertebrados acuáticos como indicadores de los recursos hidrobiológicos.

Objetivos didácticos

- Identificar los macroinvertebrados acuáticos presentes en un cuerpo de agua.
- Evaluar la calidad del agua usando los macroinvertebrados como bioindicadores.



Introducción

Los índices biológicos se utilizan complementariamente a los análisis físicoquímicos, aunque con su aplicación es imposible identificar los agentes contaminantes existentes, sus ventajas son que no se limitan al momento de toma de la muestra; permiten descubrir cambios producidos a lo largo del tiempo, ya que los organismos vivos presentan adaptaciones evolutivas a unas determinadas condiciones ambientales y tienen unos límites de tolerancia a las diferentes alteraciones de las mismas, lo que permite tener una cierta visión histórica de los acontecimientos ocurridos en un período de tiempo, en función de la dinámica de las comunidades biológicas presentes.

Así, por ejemplo, si en una zona determinada de un río se encuentran valores altos de oxígeno, poca turbiedad, bajo color y baja conductividad, pero la fauna presente está dominada por oligoquetos, moluscos y quironómidos, no hay duda de que en dicho sitio la mayor parte del tiempo predominan condiciones de alta contaminación y que los momentos de cese de ésta son tan breves, que son insuficientes para provocar cambios significativos en la estructura de la comunidad.

Existen numerosos índices biológicos basados en comunidades de algas, macrófitas, bacterias, peces y varios grupos de invertebrados. Sin embargo, los métodos biológicos más desarrollados y extendidos entre la bibliografía especializada son los que se basan en la composición de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, que son aquellos organismos que tienen un tamaño superior a 0,3 mm de longitud y carecen de columna vertebral, como cangrejos, insectos (larvas, pupas y adultos de algunos órdenes), moluscos, turbelarios, anélidos, entre otros. Con la presencia/ausencia de estos organismos se pueden calcular índices bióticos, que son sistemas de clasificar la calidad del agua otorgando una puntuación. Los métodos biológicos, nunca excluyentes de la calidad físicoquímica, son relativamente sencillos, rápidos y de bajo costo, lo que los hace idóneos para el monitoreo, vigilancia y control de las cuencas hidrográficas.

Conceptos científicos

- La bioindicación para la evaluación de la calidad del agua
- Macroinvertebrados acuáticos.
- Tipos de hábitat de los macroinvertebrados acuáticos.
- Modos de vida de los macroinvertebrados acuáticos

Materiales y herramientas

1. Red de malla metálica o plástica de aproximadamente 1,0 m²
2. Red de mano triangular o tipo "D-net"
3. Balde
4. Bolsas o recipientes plásticos
5. Alcohol al 70%
6. Marcadores o rotuladores
7. Bandejas blancas
8. Pinzas de punta fina
9. Lentes de aumento (lupa)
10. Estereomicroscopio (opcional)

Qué hacer y cómo hacerlo

1. Muestreo

Para coleccionar la mayor diversidad posible de macroinvertebrados, es indispensable explorar cuidadosamente el sitio de muestreo, con el fin de cubrir todos los hábitats posibles, es decir, sustrato de fondo (arena, piedras, lodo, restos de vegetación); plantas acuáticas (flotantes, emergentes y sumergidas); raíces de árboles, etc. Para obtener resultados comparables, el esfuerzo de muestreo debe cubrir un área entre 10 y 20 m² y hacerse durante 20 o 30 min.

No se deben realizar muestreos después de lluvias intensas, ya que puede haber pérdida de organismos locales o encontrarse otros arrastrados por la corriente. En ríos grandes debe hacerse el muestreo en ambas orillas, pues la fauna puede ser diferente debido a la sombra, meandros, composición del fondo y eventual contaminación.

Si se trata de corrientes con sustratos pedregosos, el método cualitativo más utilizado es el de red de pantalla, es decir, sólo se determina la diversidad de especies, pero no su abundancia por unidad de área. Consiste en una red de malla metálica o plástica de aproximadamente 1,0 m² sujeta a cada lado por dos palos de 1,5 m de longitud. Mientras una persona sostiene la malla sobre el fondo del río, otra remueve el fondo en contra de la corriente; los organismos removidos quedan atrapados en la malla con el sustrato.

Las orillas con vegetación son por lo regular muy ricas en fauna de macroinvertebrados. Allí viven especialmente larvas de odonatos, hemípteros, moluscos y crustáceos. Lo más utilizado para estos sitios es el muestreo cualitativo con una red de mano triangular o tipo "D-net". Con la ayuda de estas redes se hace un barrido a lo largo de las orillas con vegetación, atrapando de esta forma los organismos allí existentes.

Para todos los métodos anteriores, se recomienda tomar cinco réplicas, tratando de cubrir diferentes puntos de la sección transversal del curso hídrico.

Las muestras recolectadas por los diferentes métodos se lavan, preferiblemente en un balde limnológico, con malla en el fondo (menor de 0,5 mm) y los organismos se llevan luego al laboratorio almacenados en bolsas o recipientes plásticos con alcohol al 70%, debidamente rotulados, para su separación, identificación y conteo.

2. Tratamiento de las muestras

Las muestras se colocan en bandejas blancas, bien iluminadas, y con la ayuda de pinzas de punta fina se extraen los organismos presentes teniendo cuidado de no maltratarlos. El sustrato se va removiendo cuidadosamente de un extremo al otro

de la bandeja, hasta asegurarse de que no queden organismos. Debe tenerse en cuenta que cuando no se tiene suficiente experiencia, muchos organismos pueden pasar inadvertidos, bien sea por su tamaño o por estar camuflados con los restos de vegetación o sustratos minerales. Este trabajo debe ser realizado o supervisado por personas debidamente entrenadas. Las muestras se conservan en alcohol al 70%, en frascos debidamente rotulados.

3. *Identificación de los macroinvertebrados acuáticos*

Los macroinvertebrados se identifican en estereomicroscopio con la ayuda de la literatura existente para este fin.

Método BMWP

El índice Biological Monitoring Working Party (BMWP) fue creado en Inglaterra en 1970, como un método simple y rápido para evaluar la calidad del agua usando los macroinvertebrados como bioindicadores; para la aplicación del índice sólo se requiere llegar hasta el nivel de familia y los datos son cualitativos, es decir, da información de la presencia o ausencia de los organismos. El índice permite estimar la calidad de un ecosistema acuático a partir de la valoración de las especies acuáticas que habitan en el mismo; se atribuye a cada especie un valor determinado de acuerdo con su tolerancia a la contaminación que va de 1 a 10, de manera que las familias más tolerantes obtienen una menor puntuación que aquellas que requieren una mejor calidad de las aguas en que viven. La suma de los valores obtenidos para cada familia en un punto de muestreo dará el grado de contaminación del mismo. Cuanto mayor sea la suma, menor es la contaminación del punto estudiado.



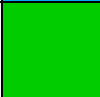


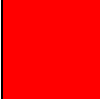
Puntajes asignados a las diferentes familias de macroinvertebrados acuáticos para la obtención del BMWP

Familia	Puntaje
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blephariceridae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gripopterygidae, Lampyridae, Odontoceridae, Perlidae, Polymitarcyidae, Polythoridae, Psephenidae	10
Coryphoridae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gomphidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Limnephilidae, Oligoneuriidae, Philopotamidae, Platystictidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae	9
Atyidae, Calamoceratidae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydraenidae, Hydroptilidae, Leptoceridae, Naucoridae, Palaemonidae, Pseudothelphusidae, Trichodactylidae, Saldidae, Sialidae, Sphaeriidae	8
Ancylidae, Baetidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Crambidae, Dicteriadidae, Dixidae, Elmidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydrobiidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Lestidae, Ochteridae, Pyralidae	7
Aeshnidae, Ampullariidae, Caenidae, Corydalidae, Dryopidae, Dugesiidae, Hyriidae, Hydrochidae, Limnichidae, Lutrochidae, Lymnaeidae, Megapodagrionidae, Mycetopodidae, Pleidae, Staphylinidae	6



Ceratopogonidae, Corixidae, Gelastocoridae, Gyrinidae, Libellulidae, Mesoveliidae, Nepidae, Notonectidae, Planorbidae, Simuliidae, Tabanidae, Thiaridae	5
Belostomatidae, Chrysomelidae, Curculionidae, Ephydriidae, Glossiphoniidae, Haliplidae, Hydridae, Muscidae Scirtidae, Empididae, Dolichopodidae, Hydrometridae, Noteridae, Sciomyzidae	4
Chaoboridae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Stratiomyidae, Tipulidae.	3
Chironomidae (cuando no es la familia dominante), Isotomidae, Culicidae, Psychodidae, Syrphidae	2
Haplotaxida, Tubificidae	1

Clasificación de las aguas y su significado ecológico de acuerdo con el índice BMWP

Clase	Calidad	Valor del BMWP	Significado	Color
I	Buena	≥150	Aguas muy limpias	
		123-149	Aguas no contaminadas	
II	Aceptable	71-122	Ligeramente contaminadas: se evidencian efectos de contaminación	
III	Dudosa	46-70	Aguas moderadamente contaminadas	
IV	Crítica	21-45	Aguas muy contaminadas	
V	Muy Crítica	<20	Aguas fuertemente contaminadas, situación crítica	

Recursos sugeridos

Para conocer más, se sugieren los siguientes recursos:

Guía para la identificación de invertebrados acuáticos:
http://www2.udec.cl/~lpalma/Palma2013_Guia_identificacion_Macroinvertebrados_preview.pdf

Cartilla de identificación de macroinvertebrados acuáticos: Guía para el monitoreo participativo:



https://www.researchgate.net/publication/342248615_Cartilla_de_identificacion_de_macroinvertebrados_acuaticos_Guia_para_el_monitoreo_participativo

Bibliografía

Alvarez-Arango, Luisa. (2005). Metodología para la utilización de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Andino Guarderas, Patricio & Espinosa, Rodrigo & Guevara, Esteban & G., Tatiana. (2017). Cartilla de identificación de macroinvertebrados acuáticos: Guía para el monitoreo participativo.



Microbiología del Agua

GLOBE		ODS Asociado/s	Tipo de Actividad/es
Esfera	Protocolos		
Atmósfera	Precipitaciones	6 (Agua limpia y saneamiento)	Exploratoria
Hidrosfera	Temperatura del agua. pH. Alcalinidad. Conductividad eléctrica. Transparencia. Salinidad. Nitratos.	7 (Energía asequible y no contaminante)	
Paquete	Agricultura ENSO Océanos Ríos y lagos Ciclo del agua. Calidad del agua Suelos Meteorología	12 (Producción y consumo responsables) 13 (Acción por el clima) 14 (Vida submarina) 15 (Vida de ecosistemas terrestres)	

Visión General

A través de esta actividad los estudiantes comprenden que el agua de un río o cualquier cuerpo de agua pueden estar limpias, pero no ser potables, ya que no están tratadas. Los alumnos construirán un microscopio casero y podrán observar dos muestras de agua: una del grifo y la otra de un río.

Tiempo

1 clase

Requisitos previos

Conocimiento básico de ecosistemas, ecología, microbiología.

Nivel escolar

Estudiantes de primaria y secundaria.

Objetivo general

- Comprender la importancia de los microorganismos presentes en el agua y el comportamiento en su ambiente.
- Comprender la relación que existe entre calidad de agua y salud humana.



Objetivos didácticos

- Acercar al estudiante a la comprensión de la microbiología del agua.
- Diseñar un modelo sencillo de microscopio.

Introducción

El agua, elemento esencial para el hombre, animales y plantas, frecuentemente actúa como vehículo de transmisión de microorganismos.

Las normas internacionales, establecen o recomiendan requisitos de calidad para el agua de consumo humano. En general, la normativa establece que el agua es apta bacteriológicamente para consumo si se encuentra exenta de microorganismos patógenos de origen entérico y parasitario intestinal.

Para estudiar la relación que existe entre calidad de agua y salud humana, es necesario introducir el concepto de microbiología, y a partir de ello valorar la presencia de organismos microscópicos en agua potable, los efectos de competencia y/o sinérgicos de las distintas especies y la posibilidad de aplicar tecnologías de desinfección.

La variabilidad microbiológica de las aguas naturales abarca numerosos organismos e incluye células eucariotas (algas, protozoarios y hongos), células procariotas (bacterias) y virus (microorganismos con capacidad de síntesis nula).

La importancia de conocer los microorganismos presentes en los cuerpos de agua y el comportamiento en su ambiente radica en la posibilidad implementar tecnologías que logren su eliminación y de esta manera controlar enfermedades de origen hídrico.

Preguntas de investigación orientadoras

- ¿Cuál es la calidad microbiológica del agua de nuestra escuela?
- ¿Cómo las actividades humanas afectan los cuerpos de agua?

Conceptos científicos

- Usos humanos del agua
- Disponibilidad de agua
- Calidad del agua
- Ecología
- Microbiología

Materiales y herramientas

- 1 puntero láser verde de largo alcance
- Muestra de agua de un charco o río
- Muestra de agua del grifo
- Objeto para hacer de soporte
- 2 jeringas grandes
- Gomas elásticas
- Cinta adhesiva



Qué hacer y cómo hacerlo

Inicio

Tienes dos muestras de agua transparentes que a simple vista parecen iguales y limpias. Los estudiantes deben averiguar si son potables.

Elija la superficie en donde proyectar la imagen, puede ser la pared, si es blanca y lisa. De lo contrario, puede colocar en ella una pantalla o papel blanco grande.

Desarrollo

Realicen el siguiente experimento para construir un microscopio casero:

1. Crea una estructura con el soporte y las gomas elásticas o la cinta adhesiva para mantener la jeringuilla colocada en posición vertical.
2. Toma una muestra de agua con la jeringa.
3. Fija la jeringa con gomas elásticas o cinta adhesiva.
4. Presiona la jeringa de manera que quede una gota colgando, pero no caiga.
5. Coloca el puntero láser alineado con la gota de agua de manera que la atraviese, a una distancia de 1 o 2 cm.
6. Mantén pulsado el botón del puntero ayudándote de una goma elástica que lo presione y asegúrate de que atraviesa la gota y se proyecta la imagen.
7. Apaga la luz.
8. ¿Qué observaron? Aparecerán pequeños microorganismos moviéndose. Lograron ampliar por 1000 la imagen.
9. Repita lo mismo usando la otra jeringa y agua del grifo. ¿Qué observaron? En principio no debería observar microorganismos.
10. Puede añadir una tercera muestra de agua del grifo con algún colorante de alimentos para darle apariencia de no potable. En principio, no debería presentar microorganismos. También puede añadir unas gotas de hipoclorito de sodio (Lejía – Clorox) al agua del río y observar si tiene menos o ningún microorganismo.

Cierre

A partir de la observación los estudiantes podrán construir su propio catálogo microbiológico de especies. Pida a sus estudiantes que dibujen los microorganismos observados. Adicionalmente, pueden clasificarlos e identificarlos de acuerdo con sus características (Forma, Tamaño, Tipo de Movimiento)

Bibliografía

Marín Galvín, R. (2019). Físicoquímica y microbiología de los medios acuáticos: tratamiento y control de calidad de aguas. Ediciones Díaz de Santos.

Apella, M. C., & Araujo, P. Z. (2005). Microbiología de agua. Conceptos básicos. Tecnologías solares para la desinfección y descontaminación del agua, 33-50.

CanalEduca. Actívate Por el Agua 2023:
<https://www.fundacioncanal.com/canaleduca/wp-content/uploads/2020/02/activate-por-el-agua.pdf>



El sargazo en las costas

GLOBE		ODS Asociados	Tipo de Actividad
Esferas	Protocolos Asociados		
Biósfera	Cobertura terrestre (en las costas)	6 (Agua limpia y saneamiento) 13 (Acción por el clima)	Exploratoria
Hidrosfera	Temperatura del agua, Oxígeno disuelto, Salinidad, Nitratos, Transparencia, pH.		
Paquete	Océanos	14 (Vida submarina)	

Visión General

Se analiza información de imágenes satelitales procesadas con el Índice de Algas Flotantes y mapas para determinar los impactos del crecimiento de sargazo a escala local y regional. Se compara información actual con el evento de floración masiva ocurrido en 2018. Los estudiantes analizan los impactos locales y regionales; los posibles usos comerciales del sargazo y exploran formas de participación de ciencia ciudadana.

Tiempo

3 o 4 clases

Requisitos previos

Conocimiento básico de ecosistemas, redes tróficas, poblaciones, meteorología, corrientes marinas, calidad de agua y TIC. Habilidad para interpretar imágenes satelitales y mapas. Habilidad para localizar puntos usando latitud y longitud.

Nivel escolar

Estudiantes últimos años de primaria, secundaria y universitarios

Objetivo general

Analizar el fenómeno “Gran cinturón de Sargazo del Atlántico” y sus impactos en las costas del Caribe.

Objetivos didácticos

- Conocer el impacto del fenómeno “Gran cinturón de Sargazo del Atlántico” en las costas del Caribe en las actividades humanas, la salud y el ambiente.



- Interpretar imágenes satelitales procesadas con el Índice de Algas Flotantes y mapas de diferentes áreas costeras del Caribe.
- Analizar las temporadas anuales de florecimientos masivos de sargazos y comparar con los años de mayor impacto.
- Explorar información sobre posibles contribuciones como científicos ciudadanos

Introducción

Las macroalgas denominadas sargazo o “alga marina” es un conjunto de especies pertenecientes al género *Sargassum* que incluyen grandes algas marrones o verde negruzcas que contienen vesículas llenas de gas que les permite flotar. El sargazo es muy abundante y forma grandes masas flotantes en océano abierto que pueden extenderse por muchos kilómetros. Históricamente se encontraba en un área entre el Golfo de México y en el Océano Atlántico Norte formando el Mar de los Sargazos. El sargazo proporciona hábitat, alimento, refugio y zonas de reproducción a muchas especies marinas como peces, tortugas marinas, aves marinas, cangrejos, camarones y otras. Algunas especies viven toda su vida en este hábitat como el pez sargazo, otros solo viven en las primeras etapas de su vida, entre ellos, peces de importancia comercial como mahi mahi, jureles y serviolas. Cuando el sargazo pierde su flotabilidad se hunde llegando al lecho marino proporcionando energía en forma de carbono a los peces e invertebrados de las profundidades marinas, contribuyendo a la red alimentaria de las profundidades.

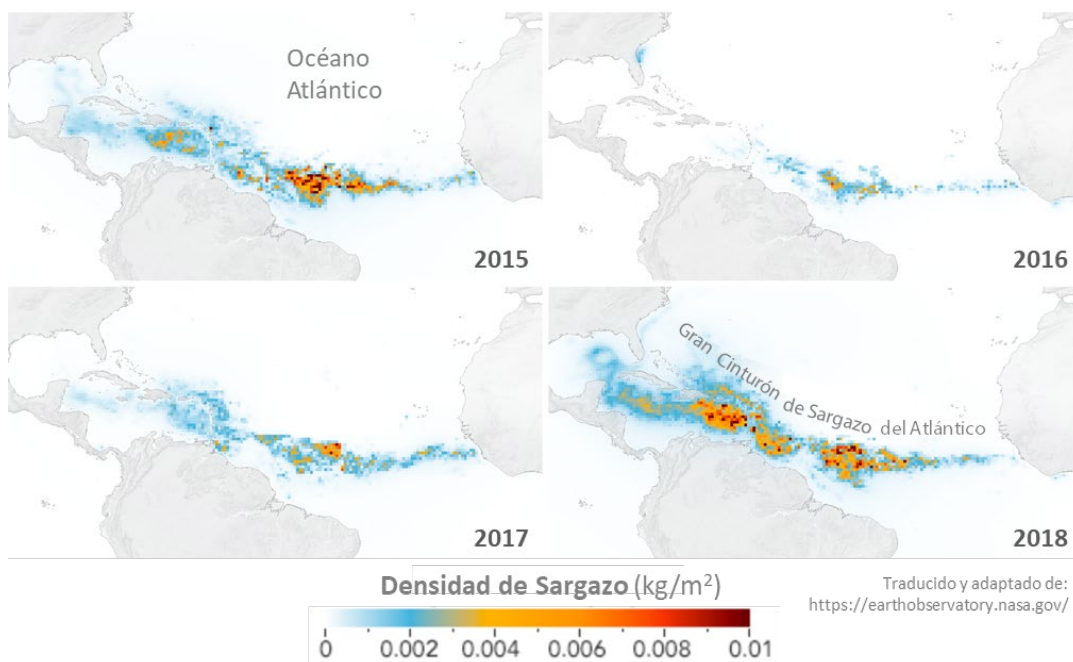


Fig. 1. Cambios en las densidades de sargazo

La presencia de sargazo en las costas del Caribe ha sido constante en el tiempo, pero a partir de 2011 comenzaron a llegar cantidades masivas de sargazo transportadas por las corrientes afectando a diferentes localidades a lo largo del año. En los años siguientes se incrementaron las floraciones alcanzando dimensiones nunca antes vistas en 2018. Los científicos denominaron “Gran cinturón de Sargazo del Atlántico” a este fenómeno. Estas floraciones generaron impactos económicos (en: turismo, pesca,



actividades náuticas), ambientales (perturbación de especies marinas porque al hundirse en grandes cantidades puede asfixiar a los corales, manglares y pastos marinos, también produce erosión de playas) e incluso sanitarias (la descomposición de las algas libera gases, entre ellos sulfuro de hidrógeno que emite un olor similar a huevos podridos y se han detectado casos de náuseas, dolores de cabeza, erupciones cutáneas y dificultades respiratorias). Ver el [video](#) “*El sargazo enferma al caribe mexicano*” y los artículos “[El Caribe se une contra el sargazo](#)” y “[¿Podrá la ciencia resolver el problema de las algas en las playas del Caribe?](#)”



Fig. 2. Recolección de sargazo en las costas de México. Fuente: <https://quintanaroooy.com>

Las imágenes satelitales brindan un aporte valioso al monitoreo de algas y a la predicción de su arribo a las costas. Los muestreos directos en el océano también son de gran relevancia para conocer la calidad del agua. Si bien se requiere más investigación sobre las grandes floraciones de sargazo, los científicos sugieren que este cinturón de algas se forma por el aporte de nutrientes clave. En primavera y verano principalmente por la descarga del río Amazonas, pero también el Orinoco y otros ríos que agregan nutrientes, que pueden haber aumentado en los últimos años debido al incremento de la deforestación y el uso de fertilizantes en las cuencas. En el invierno se produce el afloramiento de nutrientes desde las aguas profundas a las superficiales frente a la costa occidental de África donde crece el sargazo. Luego las corrientes oceánicas transportan el sargazo hacia diferentes regiones. La salinidad y las temperaturas también influyen en el crecimiento del sargazo. Para detectar el sargazo en imágenes satelitales y monitorear sus movimientos se utiliza el Índice de Algas Flotantes (conocido por sus siglas en inglés como FAI - Floating Algae Index), recientemente se incorporó el índice AFAI (Alternative Floating Algae Index) y se están desarrollando otros específicos para diferenciar el sargazo de otras algas flotantes.

Gestionar grandes cantidades de sargazo es un desafío económico, de infraestructura y de equipamiento para su recogida, transporte y almacenamiento. Se están explorando formas de aprovechar el sargazo en la industria química y alimentaria con la producción de geles, como fertilizantes, biogás, forraje, extracción. Las principales dificultades para su aprovechamiento es la variación anual del volumen de sargazos que llega a las costas y su rápida descomposición.

Preguntas de investigación orientadoras

- ¿Qué es el sargazo y cuál fue su área histórica de distribución?
- ¿Cuál es el rol del sargazo en los ecosistemas marinos?



- ¿Qué impacto tienen los fenómenos de floraciones masivas? ¿Qué es el “Gran cinturón de Sargazo del Atlántico”?
- ¿Cuáles son las posibles causas de las floraciones masivas de sargazo?
- ¿Cómo varían los sitios y las densidades de sargazo que llega a las costas a lo largo del año?
- ¿Cuál es la tendencia de la variación anual?
- ¿El sargazo afectó a tu localidad? ¿Qué impactos detectaste?

Conceptos científicos

- Ecosistemas
- Cambios en las poblaciones de algunas especies
- Interrelaciones de materia y energía en los ecosistemas
- Corrientes oceánicas
- Riesgos ambientales y vulnerabilidad

Materiales y herramientas

Video:

El País (2019) *El sargazo enferma al caribe mexicano*. YouTube <https://youtu.be/qFcrIfDoYXw>

Artículos:

1. Guzmán Hormazábal, L. (2019) *El Caribe se une contra el sargazo*. SciDev.Net <https://bit.ly/3deu6yX>
2. Jolley, A. (2021) México: ¿Podrá la ciencia resolver el problema de las algas en las playas del Caribe? National Geographic. <https://bit.ly/3JDdLQB>

Imágenes satelitales procesadas con el Índice de Algas Flotantes (conocido por sus siglas en inglés como FAI - Floating Algae Index) del monitoreo online de sargazo:

1. CERMES. Sargassum. Outlook Bulletin. <https://bit.ly/3SCZEPh>
2. NOAA. AOML (2022) *Experimental Weekly Sargassum Inundation Report*. <https://bit.ly/3SvKATC>
3. SIMAR (2022) Cobertura diaria del Sargazo (acumulado de 7 días previos) <https://bit.ly/3QpZE3b>
4. USF (2022) CARICOOS. *Imágenes de Algas Flotantes (Sargazo)* <https://bit.ly/3zFCGP1>
5. USF. OOL (2022) *Satellite-based Sargassum Watch System (SaWS)*. <https://bit.ly/3PcDPDb>

Qué hacer y cómo hacerlo

1. Inicio

1. Miren el [video](#) “*El sargazo enferma al caribe mexicano*” y lean los artículos “[El Caribe se une contra el sargazo](#)” y “[¿Podrá la ciencia resolver el problema de las algas en las playas del Caribe?](#)”

2. Desarrollo



1. Pregunte a sus estudiantes sobre el rol del sargazo en los ecosistemas marinos y luego realicen un mapa conceptual con las ideas expresadas.
2. Divida la clase en pequeños grupos para analizar imágenes satelitales procesadas con el Índice de Algas Flotantes. Asigne una zona a cada grupo para analizar:
 - Consulte las imágenes de las últimas imágenes en [CARICOOS](#) y las imágenes de meses anteriores en [sitio web del laboratorio de oceanografía óptica de USF](#). (Utilice el calendario para elegir las fechas). Puede descargar las imágenes para verlas en Google Earth con más detalle.
 - Para ver el área del Golfo de México consulte en [SIMAR](#)
 - ¿Se observan cambios en los últimos días?
 - Consulte los mapas de los [informes semanales](#), correspondientes a las mismas fechas de las imágenes analizadas y del [boletín trimestral](#) de sargazo.
 - ¿Durante qué meses ocurren las mayores concentraciones y en qué meses disminuyen? ¿Qué explicaciones puede sugerir para esos cambios?
 - ¿El sitio analizado tiene grandes variaciones de concentración de sargazos?
 - Compara la imagen actual del sitio analizado con cualquier día de Julio y Agosto de 2018. ¿Qué cambios puedes visualizar?
3. Reúna los grupos y realice una puesta en común de los sitios analizados.
4. ¿Todos los sitios recibieron sargazos? ¿Alguna región permaneció sin cambios?
5. ¿Las densidades de sargazos variaron de un sitio a otro? ¿A qué puede atribuirse esta variación?
6. Existen diferencias en las densidades de sargazo entre el mar abierto y las costas.

Cierre

Complete el mapa conceptual anterior con los ejemplos de sitios analizados y la comparación con el año 2018.

Si su escuela está en una región afectada por este fenómeno, puede mostrar algunos proyectos de ciencia ciudadana donde sus estudiantes puedan participar en forma voluntaria u organice la participación como una extensión de esta actividad. Para ver opciones de participación consulte la publicación “Sargassum White Paper – Turning the crisis into an opportunity” (desde la [página 43](#) en adelante)

Preguntas frecuentes

¿Cómo puedo observar las balsas de sargazo en mar abierto y en las costas desde imágenes satelitales? Se utiliza el Índice de Algas Flotantes (conocido por sus siglas en inglés como FAI - Floating Algae Index), recientemente se incorporó el índice AFAI (Alternative Floating Algae Index) y se están desarrollando otros específicos para diferenciar el sargazo de otras algas flotantes.

¿Dónde encuentro imágenes satelitales procesadas con el índice FAI? En CARICOOS y en los boletines del Optical Oceanography Laboratory (OOL)

¿Dónde encuentro mapas con el historial de eventos de llegada de sargazo en las costas del Caribe? En SIMAR



Recursos sugeridos

Cómo extensión de esta actividad los estudiantes pueden buscar proyectos de ciencia ciudadana para unirse a ellos, ya sea identificando especies de sargazo que llegan a su localidad o informando el estado de las costas.

Para conocer más sobre este fenómeno, se sugieren los siguientes recursos:

LANOT (2022) *Visualizador de Sargazo* <https://bit.ly/3p6btjm>

NADIS app (en desarrollo) – Descarga de Google Play <https://bit.ly/3P8ehHF>

NOAA (2022) *CoastWatch OceanViewer* (Seleccionar Sargassum Insitu) <https://cwcgom.aoml.noaa.gov/cgom/OceanViewer/>

UNEP-CEP (2021) *Sargassum White Paper – Turning the crisis into an opportunity*. Ninth Meeting of the Scientific and Technical Advisory Committee (STAC) to the Protocol Concerning Specially Protected Areas and Wildlife (SPA) in the Wider Caribbean Region. Kingston, Jamaica. <https://bit.ly/3A4AP7A>

Tutoriales de: [Worldview](#), [EO Browser](#), [Story Map](#)

Bibliografía

Bach, L. T., Tamsitt, V., Gower, J., Hurd, C. L., Raven, J. A., & Boyd, P. W. (2021). Testing the climate intervention potential of ocean afforestation using the Great Atlantic Sargassum Belt. *Nature communications*, 12(1), 1-10. <https://www.nature.com/articles/s41467-021-22837-2>

Johns, E. M., Lumpkin, R., Putman, N. F., Smith, R. H., Muller-Karger, F. E., Rueda-Roa, D. T., Hu, C., Wang, M., Brooks, M. T., Gramer, L. J. & Werner, F. E. (2020). The establishment of a pelagic Sargassum population in the tropical Atlantic: biological consequences of a basin-scale long distance dispersal event. *Progress in Oceanography*, 182, 102269. <https://bit.ly/3A32Exj>

Lapointe, B. E., Brewton, R. A., Herren, L. W., Wang, M., Hu, C., Mcgillicuddy, D. J., Lindell, S., Hernández, F. J. & Morton, P. L. (2021). Nutrient content and stoichiometry of pelagic Sargassum reflects increasing nitrogen availability in the Atlantic Basin. *Nature communications*, 12(1), 1-10. <https://go.nature.com/3BN4zXR>

NASA Earth Observatory (2012) *Life in the Sargasso Sea*. <https://go.nasa.gov/3vlsG6w>

NASA Earth Observatory (2022) *Scientists Discover the Biggest Seaweed Bloom in the World*. <https://go.nasa.gov/3SBaxkW>

The GLOBE Program (2022) *Ocean Protocol Bundle*. <https://bit.ly/3vK1KmA>

Wang, M., Hu, C., Barnes, B. B., Mitchum, G., Lapointe, B., & Montoya, J. P. (2019). The great Atlantic sargassum belt. *Science*, 365(6448), 83-87. <https://par.nsf.gov/servlets/purl/10126160>

Invasión de plantas acuáticas

GLOBE		ODS Asociados	Tipo de Actividad
Esferas	Protocolos Asociados		
Hidrosfera	Temperatura del agua, pH, Oxígeno disuelto, Conductividad eléctrica, Nitratos, Transparencia y Macroinvertebrados	6 (Agua limpia y saneamiento)	Exploratoria
Atmósfera	Temperatura del aire, Temperatura de superficie, precipitaciones	13 (Acción por el clima) 14 (Vida submarina)	
Biósfera	Cobertura terrestre	15 (Vida de ecosistemas terrestres)	
Paquete	Ríos y lagos		

Visión General

Se comparan series de imágenes satelitales de más de 20 años para observar cambios en la cobertura de jacinto de agua en embalses de áreas tropicales. Se analiza un caso con imágenes satelitales procesadas en falso color para realizar mediciones de superficies cubiertas por jacinto de agua. Los estudiantes analizan los impactos locales, posibles usos del jacinto de agua y exploran formas de gestión.

Tiempo

3 o 4 clases

Requisitos previos

Conocimiento básico de ecosistemas, redes tróficas, poblaciones, meteorología, calidad de agua y TIC. Habilidad para interpretar imágenes satelitales y mapas. Habilidad para localizar puntos usando latitud y longitud.

Nivel escolar

Estudiantes últimos años de primaria, secundaria y universitarios

Objetivo general

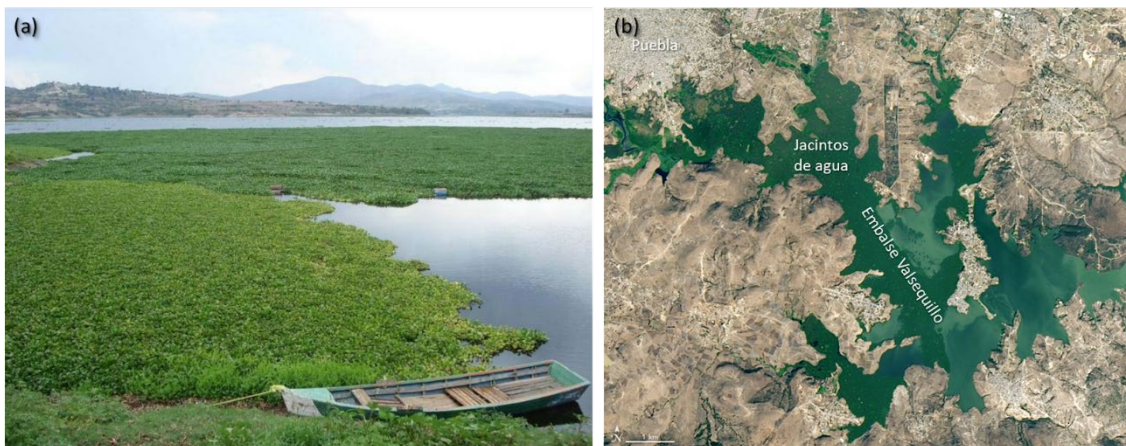
Analizar el fenómeno de la invasión de jacinto de agua en los embalses artificiales y sus impactos en las zonas tropicales.

Objetivos didácticos

- Conocer el impacto de la invasión de jacinto de agua en embalses artificiales en las actividades humanas, la salud y el ambiente.
- Analizar cambios observando series de imágenes desde el año 2000.
- Interpretar imágenes satelitales procesadas en falso color y realizar mediciones de superficie de distintos años en el embalse Valsequillo.
- Explorar variables que puedan influir en la invasión de jacinto de agua.

Introducción

El jacinto de agua, lirio o buchón de agua (*Eichhornia crassipes*) es una planta acuática que contiene cámaras de aire que le permiten flotar. Por sus flores moradas y blancas se lo utiliza en ornamentación de parques, jardines, etc. Es una especie originaria de las cuencas de los ríos Amazonas y De La Plata. Muchos cuerpos de agua en el mundo han sido colonizados por el jacinto de agua desde hace más de 50 años. La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) la incluyó en la lista de las 100 especies más invasoras del mundo. Esta planta, en condiciones favorables, se reproduce muy rápido y se estima que puede duplicar su masa en 2 semanas. (Ver video [Especies Invasoras Corpoboyaca: Buchón de agua](#)).



Fuente: Ultra Noticias - Mar 14, 2022 - <https://bit.ly/3Cnr0Dv>

Traducido de: NASA Earth Observatory - <https://earthobservatory.nasa.gov/>

Fig. 1. Foto de jacintos de agua en el Embalse Valsequillo, México (a). Imagen del satélite Landsat 8 tomada el 9 de enero de 2020 (b) que muestra la superficie del mismo embalse cubierta por jacintos de agua.

La investigación científica ha mostrado que los jacintos de agua han aumentado en embalses y lagunas de zonas tropicales en gran parte del mundo en las últimas décadas, a pesar de los esfuerzos por controlarlos (Ej. México, Colombia, España, varios países de África y Asia). (Ver video [Especies exóticas invasoras - Plantas acuáticas](#)). Este incremento está asociado a los cambios en la cobertura terrestre y los aportes de contaminantes a los cuerpos de agua producidos por escorrentías (desde áreas que fueron deforestadas, o se realiza fertilización de cultivos, se incrementa la urbanización y las aguas residuales, etc.) que aportan fósforo y nitrógeno al agua. La contaminación del agua con nutrientes favorece el crecimiento de estas plantas, pero el jacinto de agua incluso puede crecer en ambientes contaminados por metales pesados. Son capaces de retener cadmio, zinc, cobre, manganeso, mercurio, cromo y arsénico. Entre los principales problemas que provoca se puede mencionar la obstrucción de vías fluviales, centrales hidroeléctricas, redes de riego y drenaje, etc. También bloquean la



penetración de la luz solar debajo de la superficie del agua produciendo una disminución de oxígeno, alterando la estructura y función del ecosistema, por ej. la reproducción de invertebrados y peces que afecta a toda la red alimentaria, también puede avanzar hacia un proceso de eutroficación. Esto genera problemas socioeconómicos asociados a la acuicultura, pesca, turismo, producción de electricidad, abastecimiento de agua, etc. Con sus intrincadas ramas y raíces atrapan los plásticos, los retienen durante mucho tiempo y los transportan a grandes distancias. Además, los jacintos de agua proveen hábitat para el desarrollo de organismos vectores de enfermedades, por ejemplo, facilitan la reproducción de los mosquitos provocando el incremento de enfermedades como el dengue, fiebre amarilla, etc. que afectan las comunidades cercanas. Por estos problemas se utilizan diferentes métodos para su remoción (mecánicos, físicos y biológicos).

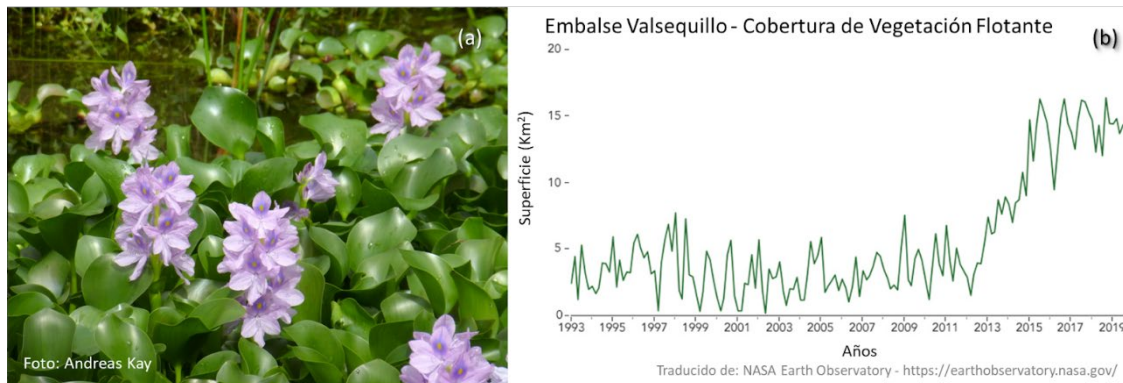


Fig. 2. Jacinto de agua en flor (a). Cambios en la cobertura de jacintos de agua flotantes en el Embalse Valsequillo, México.

Además de su uso ornamental, el jacinto de agua también se utiliza como biorremediador para remover metales pesados, insecticidas, de ambientes contaminados. Extraído del medio acuático se lo utiliza para producción de etanol, biogás, abono verde (compost) y como alimento para algunas aves de corral. (Ver video [Extracción y aprovechamiento del lirio acuático](#)).

Estudiar las invasiones de jacintos de agua es importante para diseñar sistemas de control. Las variaciones de temperatura provocan cambios en la densidad y extensión del jacinto de agua. No resiste heladas y temperaturas frías prolongadas menores a 5°C y cuando las temperaturas son superiores a 37°C su crecimiento se ve afectado. Las precipitaciones le aportan nutrientes por escorrentía y ayudan a la circulación de las plantas en lagos y embalses. Actualmente los jacintos de agua se han dispersado en las regiones tropicales, pero a raíz del cambio climático su distribución podría expandirse hacia latitudes que hoy son templadas y limitan su crecimiento. La rápida invasión de jacintos de agua en general está asociada a un problema de contaminación, incluso ocurre en su área de distribución nativa, en aguas poco profundas y contaminadas. La cobertura de jacintos de agua se puede detectar fácilmente en imágenes satelitales. En Google Earth Engine es posible analizar series temporales de imágenes satelitales Landsat para detectar cambios.

Preguntas de investigación orientadoras

- ¿Cuál fue el área histórica de distribución del jacinto de agua?



- ¿Qué impacto tienen las invasiones de jacintos de agua en los ecosistemas acuáticos? ¿Qué características tienen los ecosistemas que son invadidos por jacintos de agua?
- ¿Cuáles son las posibles causas de incremento de la superficie cubierta por jacintos de agua?
- ¿Cómo varían las densidades de jacinto de agua a largo del año?
- ¿Qué relación tienen la temperatura del aire, del agua y las precipitaciones con la superficie cubierta con jacintos de agua?
- ¿Qué tipos de cobertura terrestre (urbana, cultivos, industrias, etc.) existe alrededor de un embalse o lago donde se han producido invasiones de jacintos de agua?
- ¿Cuál es la tendencia de la variación interanual?
- ¿El jacinto de agua está invadiendo los cuerpos de agua cercanos a tu localidad? ¿Qué impactos detectaste?

Conceptos científicos

- Ecosistemas
- Cambios en las poblaciones de algunas especies
- Interrelaciones de materia y energía en los ecosistemas
- Calidad del agua. Eutroficación.
- Riesgos ambientales y vulnerabilidad

Materiales y herramientas

Videos:

1. Comisión Federal de Electricidad (2022) *Extracción y aprovechamiento del lirio acuático*. YouTube <https://youtu.be/JCOeLO4oCx8>
2. Corpoboyacá (2021) *Especies Invasoras Corpoboyaca: Buchón de agua*. YouTube <https://youtu.be/l2dcwVTpllw>
3. PNUD México (2020) *Especies exóticas invasoras - Plantas acuáticas*. YouTube <https://youtu.be/xnBmof4c5Cw>

Artículos:

1. Rodríguez-Lara, J. W., Cervantes-Ortiz, F., Arámbula-Villa, G., Mariscal-Amaro, L. A., Aguirre-Mancilla, C. L., & Andrio-Enríquez, E. (2022). Lirio acuático (*Eichhornia crassipes*): una revisión. *Agronomía Mesoamericana*, 33(1). <https://bit.ly/3R1eayH>

Google Earth Engine Timelapse: Compilación de imágenes satelitales de varios años.

1. Embalse [Valsequillo](#), México. [Cambios observados desde satélite](#).
2. Embalse [Peñitas](#), México (con acuicultura). [Cambios observados desde satélite](#).

Imágenes satelitales procesadas en falso color para destacar el estado de la vegetación en el Embalse Valsequillo:

1. Imágenes Landsat 7 ETM+ L2 - Enero: [2000](#) – [2001](#) – [2002](#)
2. Imágenes Landsat 8-9 L1 – Enero: [2014](#) – [2015](#) – [2016](#)
3. Imágenes Sentinel 2 - Enero: [2017](#) - [2018](#) – [2019](#) – [2020](#) - [2021](#) - [2022](#)



Nota: Las imágenes están alojadas en [Sentinel Hub EO Browser](#) para realizar mediciones debe crear una cuenta gratuita. Chequee su idioma en arriba a la izquierda.

Herramientas generales: [Mentimeter](#) (crea nube de palabras) - [Cmap Cloud](#) (para hacer mapas conceptuales)

Qué hacer y cómo hacerlo

1. Inicio

1. Miren los videos “[Especies Invasoras Corpoboyaca: Buchón de agua](#)”, “[Especies exóticas invasoras - Plantas acuáticas](#)” y “[Extracción y aprovechamiento del lirio acuático](#)”

2. Desarrollo

1. Con la información de los videos y de la introducción realice una lluvia de ideas y posteriormente una nube de palabras o un mapa conceptual.
2. Observe en Google Earth imágenes recientes de los Embalses [Valsequillo](#) y [Peñitas](#). En el embalse Peñitas, observe el impacto del jacinto de agua en las jaulas flotantes destinadas a la acuicultura.
3. Utilizando Google Earth Engine Timelapse pídale a sus estudiantes que comparen los cambios observados desde satélite en [Valsequillo](#) y [Peñitas](#) (puede cambiar las imágenes automáticamente o detener cada año).
4. Divida la clase en grupos para analizar las imágenes satelitales del Embalse Valsequillo. (La resolución de las imágenes varía según el tipo de satélite. Los satélites lanzados recientemente tienen mejor resolución, pero las imágenes de Landsat 7 permiten conocer cómo estaba el embalse hace más de 20 años).
 - Distribuya a cada grupo 2 o 3 imágenes. (Para acceder al menú de herramientas en Sentinel Hub EO Browser debe iniciar sesión).
 - Imágenes de Enero de los años: [2000](#) – [2001](#) – [2002](#) - [2014](#) – [2015](#) – [2016](#) - [2017](#) - [2018](#) – [2019](#) – [2020](#) - [2021](#) - [2022](#)
 - Pida a sus estudiantes que utilicen la herramienta de regla para delimitar áreas cubiertas por jacinto de agua.
5. Reúna a todos los grupos y pídale que muestren los datos obtenidos en cada imagen satelital. Compare la superficie cubierta por jacinto de agua en los distintos años y analicen considerando las siguientes preguntas:
 - ¿Se observan tendencias de incremento o disminución de superficie cubierta?
 - ¿Qué años se destacan por tener menos cobertura de jacinto de agua? ¿Qué años tienen mayor cobertura?
 - ¿Qué variables podrían estar influyendo? (Considere variables ambientales y cambios en la cobertura terrestre alrededor del embalse, cambios en el tamaño de las ciudades, etc)
 - ¿Alguna zona del Embalse permaneció sin cobertura de jacintos de agua? ¿Alguna región permaneció sin cambios? ¿A qué puede atribuirse esa variación?

6. Cierre

Complete el mapa conceptual anterior con el ejemplo analizado y la comparación de imágenes satelitales de diferentes años.



Preguntas frecuentes

¿Cómo puedo observar la cobertura de jacinto de agua desde imágenes satelitales? Con Sentinel Hub EO Browser y la combinación de falso color destacando la banda infrarroja. También puede utilizar otras combinaciones de bandas como las del índice NDVI.

¿Dónde encuentro imágenes satelitales procesadas con falso color? En Sentinel Hub EO Browser puede buscar imágenes de cualquier lugar del mundo.

¿Qué fechas conviene para comparar imágenes satelitales? Los satélites landsat y sentinel pasan algunos días por un determinado sitio, no todos. Para ver mejor la superficie terrestre debe elegir imágenes con pocas nubes y comparar el mismo mes en diferentes años.

Tutorial de [Sentinel Hub EO Browser](#)

Recursos sugeridos

Cómo extensión de esta actividad puede comparar las imágenes con datos de temperaturas y precipitaciones para el sitio analizado, eventos significativos de reducción debidos a la gestión de jacinto de agua (por métodos de extracción manual, químico, biológico).

Para conocer más sobre este fenómeno, se sugiere la lectura del artículo:

Rodríguez-Lara, J. W., Cervantes-Ortiz, F., Arámbula-Villa, G., Mariscal-Amaro, L. A., Aguirre-Mancilla, C. L., & Andrio-Enríquez, E. (2022). Lirio acuático (*Eichhornia crassipes*): una revisión. *Agronomía Mesoamericana*, 33(1). <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8218098.pdf>

Bibliografía

Kleinschroth, F., Winton, R. S., Calamita, E., Niggemann, F., Botter, M., Wehrli, B., & Ghazoul, J. (2021). Living with floating vegetation invasions. *Ambio*, 50(1), 125-137. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13280-020-01360-6>

Kriticos, D. J., & Brunel, S. (2016). Assessing and managing the current and future pest risk from water hyacinth, (*Eichhornia crassipes*), an invasive aquatic plant threatening the environment and water security. *PloS one*, 11(8), e0120054. <https://bit.ly/3R0nJ1z>

Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S., & De Poorter, M. (2004). *100 de las especies exóticas invasoras más dañinas del mundo*. Grupo de Especialistas Especies Invasoras (GEEI) de la UICN, Auckland. <https://bit.ly/3KbZwT8>

NASA Earth Observatory (2020) *A Global Water Hyacinth Invasion*. <https://go.nasa.gov/3R1S3lr>

Wright, C. (28 June 2022). Remote Sensing Tracks Down “Plastic Plants” in Rivers. Researchers are using remote sensing to track floating mats of plastic trapped in water hyacinth plants. *EOS. AGU*. <https://bit.ly/3PCrx7y>

Retroceso de glaciares

GLOBE		ODS Asociado/s	Tipo de Actividad/es
Esfera	Protocolos		
Atmósfera	Temperatura del aire. Temperatura de superficie. Nubes. Precipitaciones.	6 (Agua limpia y saneamiento) 13 (Acción por el clima) 14 (Vida submarina) 15 (Vida de ecosistemas terrestres)	Exploratoria
Biósfera	Cobertura terrestre		
Pedosfera	Humedad. Temperatura del suelo. Tubo de hielo (Frost Tube)		
Hidrosfera	Temperatura del agua. pH. Alcalinidad. Conductividad eléctrica. Transparencia. Salinidad. Nitratos.		
Paquete	Ciclo del agua. Calidad del agua. Ríos y lagos.		

Visión General

Se analizan imágenes satelitales y mapas para determinar las fluctuaciones de los glaciares en los últimos 20 años o más. Se localizan los glaciares y las fluctuaciones y se comparan los impactos de aumento de temperatura en la extensión de los glaciares y en la formación de nuevos lagos.

Tiempo

4 o 5 clases

Requisitos previos

Conocimiento básico de ecosistemas, meteorología y de TIC. Habilidad para interpretar imágenes satelitales y mapas. Habilidad para localizar puntos usando latitud y longitud.

Nivel escolar

Estudiantes últimos años de primaria, secundaria y universitarios

Objetivo general

Comprender el impacto de la pérdida de hielo en los glaciares y los cambios en la interrelación entre las esferas del Sistema Tierra.



Objetivos didácticos

- Comparar información satelital de cobertura de nieve, radiación neta, temperatura de la superficie terrestre y fracción de nubes para establecer relaciones.
- Analizar casos de cambios en la cobertura de glaciares, la formación de nuevos cuerpos de agua debido al deshielo y su impacto en los ecosistemas y en las actividades humanas.
- Considerar el impacto de las actividades humanas en el cambio climático y en el retroceso de los glaciares.
- Esbozar hipótesis de posibles consecuencias en las actividades humanas a partir de la desaparición de los glaciares en algunas regiones.

Introducción

Las bajas [temperaturas](#) y las [precipitaciones níveas](#) son esenciales para la formación y mantenimiento de los [glaciares](#). Las capas de hielo más grandes se localizan en los [polos](#) y tienen relevancia por su influencia en la regulación del clima y su contribución a los cambios en el nivel del mar. En los Andes, los glaciares se encuentran por encima de la línea de nieve, donde las temperaturas frías mantienen el hielo durante todo el año. Los glaciares son considerados indicadores sensibles del cambio climático porque responden con rapidez a los cambios de temperatura y precipitaciones. El informe de la OMM (Organización Meteorológica Mundial) sobre el “*Estado del clima en América Latina y el Caribe 2021*” señala que se está acelerando el calentamiento en la región y los patrones de precipitación están cambiando. Como consecuencia de ello los glaciares de los Andes han perdido gran parte de su masa y se encuentran en retroceso. El WGMS (World Glacier Monitoring Service) monitorea algunos glaciares de referencia en el mundo y documenta las [fluctuaciones](#). El rápido retroceso de los glaciares tropicales se considera uno de los indicadores más visibles del calentamiento de la Tierra. El grado de retroceso de un glaciar es variable, pero los glaciares pequeños son más vulnerables. Muchos de los glaciares andinos ya han desaparecido y esta situación aumenta el riesgo de escasez de agua para las poblaciones, la producción, la generación de hidroelectricidad y los ecosistemas.

La formación de los glaciares depende de la latitud, la altitud y la precipitación anual. A medida que se acumula la nieve, comprime la que ya estaba depositada y crea una capa densa, llamada firn. Si continúa acumulándose nieve aumenta la presión y el firn se compacta más hasta convertirse en hielo de glaciar sólido que comienza a fluir por efecto de la fuerza de gravedad sobre su propia masa, o mediante deslizamiento o por deformación interna. Los glaciares tienen una zona de acumulación superior, donde se deposita la masa de nieve, y una zona de ablación inferior, donde se pierde la masa glaciar. El proceso de ablación puede ocurrir por el deshielo, la erosión, el viento y los desprendimientos frontales. El área entre las zonas donde la acumulación es igual a la ablación se denomina línea de equilibrio, es la zona que marca el límite entre la nieve nueva y la nieve antigua que queda expuesta tras el deshielo. Cuando ocurren períodos de mayor ablación o mayor acumulación de nieve, este equilibrio desaparece y el glaciar puede avanzar o retroceder.

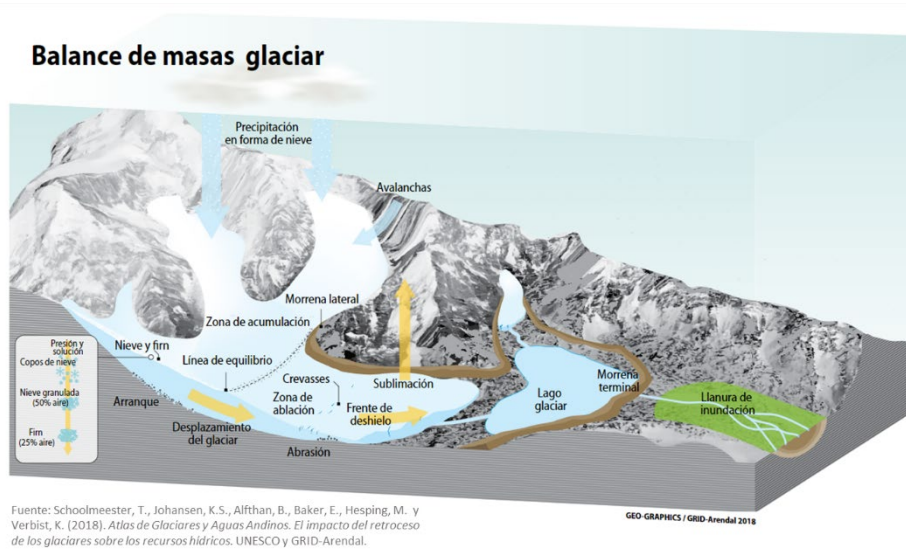


Fig. 1. Zonas de acumulación y ablación de nieve en un glaciár.

Se denomina albedo a la capacidad de las superficies para reflejar la radiación solar. Los glaciares, influyen en el clima mundial porque su capacidad reflectante de hielo y nieve es importante para regular la temperatura en la atmósfera. Las superficies oscuras tienen un albedo bajo, absorben más energía y se calientan. Las superficies blancas, como la nieve, tienen un albedo alto y reflejan gran parte de la energía solar nuevamente al espacio.

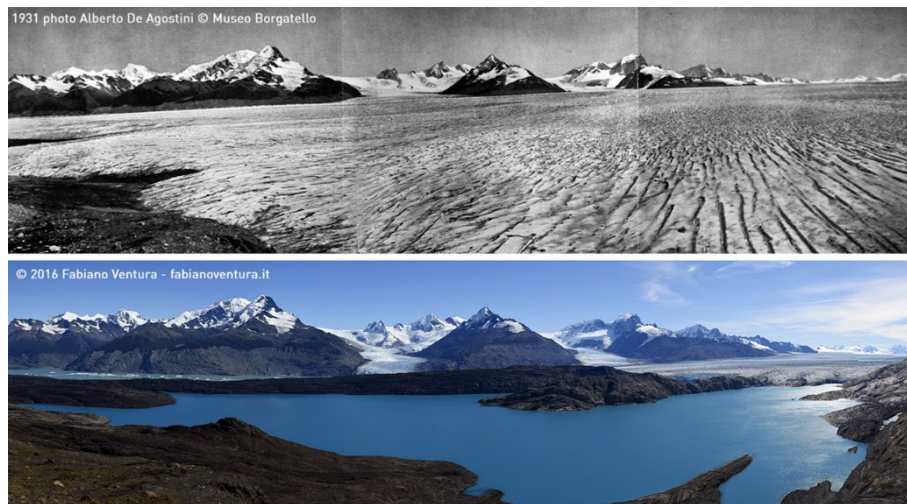


Fig. 2. Comparación de fotografías del Glaciár Upsala, en Argentina tomadas en los años 1931 y 2016.

El albedo alto de la nieve mantiene las superficies frías, pero al reducirse los glaciares queda expuesto el suelo oscuro que absorbe radiación, provoca calentamiento y potencia más el deshielo de la nieve circundante. Las partículas de hollín, también denominadas carbono negro recorren grandes distancias y se suelen depositar sobre los glaciares oscureciendo su superficie provocando mayor deshielo. Este fenómeno es más frecuente en los glaciares que se encuentran relativamente cerca de grandes ciudades.



Los glaciares aportan agua a la mayor parte de los grandes ríos de América del Sur. Las nacientes de las grandes cuencas, en las zonas altas de los Andes suelen recibir más precipitaciones que las planicies. Además, los glaciares y las zonas cubiertas de nieve, constituyen una reserva significativa de agua que se va liberando durante el deshielo y tienen especial importancia en las regiones con grandes variaciones estacionales y con niveles bajos de precipitación.

Es posible cuantificar el **retroceso** de los glaciares mediante la comparación de fotografías antiguas con las actuales como en el caso de la Figura 2 y también mediante imágenes satelitales como se muestra en la Figura 3.

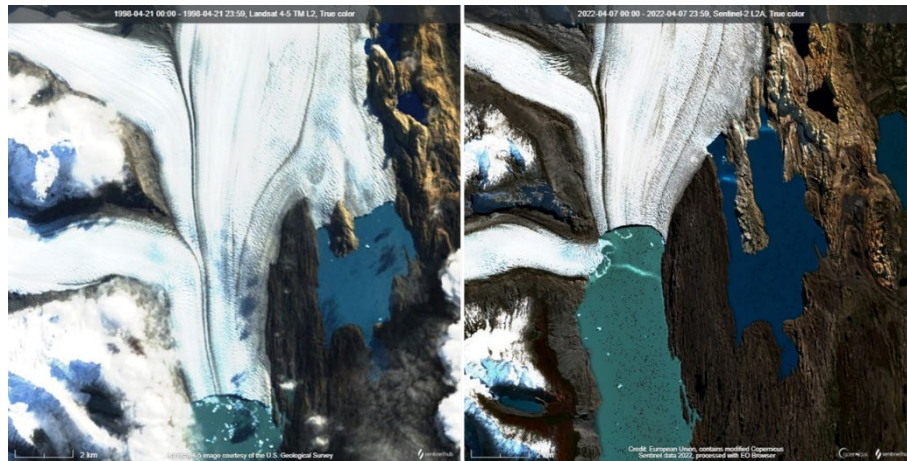


Fig. 3. Imágenes satelitales del **Glaciar Upsala**, en Argentina. La imagen reciente Sentinel-2 L2A de abril 2022 (derecha) muestra la pérdida de hielo en el frente del glaciar y en los bordes al compararla con la imagen Landsat 4-5 TM L2 de abril 1998 (izquierda)

La pérdida de hielo provoca la disminución del nivel de los ríos e incrementa los riesgos de sequías. En los lugares donde se ha documentado el caudal de los ríos durante largos períodos de tiempo pueden observarse estas tendencias.

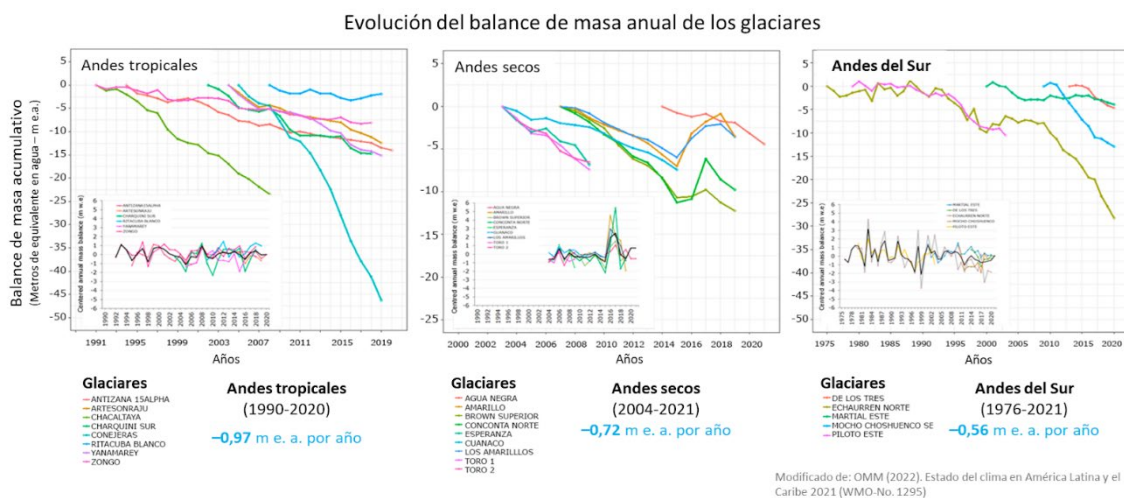


Fig. 4. Disminución del balance de masa anual en los glaciares andinos.



Para evaluar el estado de un glaciar, los glaciólogos miden el balance de masa anual que es el resultado de la [acumulación de nieve](#) (ganancia de masa) y el derretimiento (pérdida de masa) durante un año determinado. El balance de masas refleja las condiciones atmosféricas durante un año hidrológico. Al medir el balance de masas durante un largo período es posible observar las tendencias.

La figura 4 muestra las tendencias de las masas de hielo en los últimos años en la región de los Andes realizada por el WGMS (World Glacier Monitoring Service). Los glaciares de los Andes tropicales han perdido -0,97 (metros de equivalente en agua) entre 1990 a 2020. Los análisis a través de imágenes satelitales muestran importantes reducciones de la superficie de glaciares en las últimas décadas. Los Andes secos y los Andes del Sur también muestran la misma tendencia de retroceso. A futuro se prevé que los glaciares de todos los Andes continuarán retrocediendo y los cambios hidrológicos resultantes repercutirán en las comunidades y los ecosistemas. Por lo tanto, conocer y monitorear los cambios en la cobertura de hielo es el primer paso para comprender y diseñar medidas de mitigación de los impactos.

Preguntas de investigación orientadoras

- ¿Cómo cambia la extensión de los glaciares?
- ¿Qué tipo de cambios se observan?
- ¿Hay nuevos lagos alrededor de los glaciares?
- ¿A qué cuencas aportan agua los glaciares que está estudiando?
- ¿Qué relación hay entre la temperatura, la precipitación, la formación de una capa de hielo?
- ¿Cuál es el impacto de los cambios en la cobertura de hielo en los ecosistemas y en la vida de las personas?
- ¿Qué actividades humanas impactan en los glaciares a gran escala?
- ¿Cómo se pueden medir los cambios en la criosfera?

Conceptos científicos

- Ecosistemas
- Criosfera
- Cobertura terrestre
- Espectro electromagnético
- Imágenes satelitales – Falso color compuesto

Materiales y herramientas

- ArcGIS StoryMaps <https://storymaps.arcgis.com/>
- Mapas globales – Registros de los últimos años:
 1. Cobertura de nieve - <https://go.nasa.gov/3fYZPFQ>
 2. Radiación neta que recibe la superficie terrestre - <https://go.nasa.gov/2T2EwDJ>
 3. Temperatura de la superficie terrestre - <https://go.nasa.gov/3rQKN7T>
 4. Fracción de nubes que regulan la temperatura terrestre - <https://go.nasa.gov/2JavOOV>
- Casos de cambios en algunos glaciares:



Caso 1. Glaciares de la Sierra Nevada del Cocuy, Colombia:

1. Google Map - [Localización](#)
2. Google Earth (Secuencia [1985 a 2020](#))
3. Wordview ([comparación](#) 1986 y 2021)
4. EO Browser – (cambios estacionales): [Enero](#) - [Agosto](#)

Caso 2. Glaciar Quelccaya, Perú:

5. Google Map - [Localización](#)
6. Google Earth (Secuencia [1985 a 2020](#))
7. Wordview ([comparación](#) 1985 y 2022)
8. EO Browser – (cambios estacionales): [Abril](#) - [Septiembre](#)

Caso 3. Glaciares en Ancohumá (Cordillera Real), Bolivia:

1. Google Map - [Localización](#)
2. Google Earth (Secuencia [1985 a 2020](#))
3. Wordview ([comparación](#) 1986 y 2022)
4. EO Browser – (cambios estacionales): [Mayo](#) - [Septiembre](#)

Caso 4. Glaciar Upsala, Argentina:

1. Google Map - [Localización](#)
2. Google Earth (Secuencia [1985 a 2020](#))
3. Wordview ([comparación](#) 1985 y 2022)
4. EO Browser – (cambios estacionales): [Abril](#) - [Septiembre](#)

Caso 5. Glaciar Hielo Patagónico Sur (HPS-12), Chile:

1. Google Map - [Localización](#)
2. Google Earth (Secuencia [1985 a 2020](#))
3. Wordview ([comparación](#) 1985 y 2021)
4. EO Browser – (cambios estacionales): [Febrero](#) - [Septiembre](#)

Caso 6. Varios glaciares de Sierra de Sangra, en la frontera Chile y Argentina:

1. Google Map - [Localización](#)
2. Google Earth (Secuencia [1985 a 2020](#))
3. Wordview ([comparación](#) 1985 y 2022)
4. EO Browser – (cambios estacionales): [Febrero](#) - [Septiembre](#)

Material complementario para analizar todos los casos localizando cada glaciar en:

1. Inventario de Glaciares – [GLIMS](#) y registra los glaciares cercanos
2. Fluctuaciones de Glaciares – [WGMS](#) para conocer las fluctuaciones del hielo en los últimos años
3. Atlas de sequías – [SADA](#) para conocer la variación de humedad en largos períodos de tiempo. (Actualmente dispone de datos para algunos países)

Qué hacer y cómo hacerlo



- **Inicio**

Muestre a sus estudiantes el [mapa global de la cobertura de nieve](#) y observen los cambios para diferentes meses del año en el mundo. Compare el mismo mes en diferentes años.

Compare la cobertura de nieve con: a) [Radiación neta](#), b) [Temperatura de la superficie terrestre](#) y c) [Fracción de nubes](#). Vuelva a observar los cambios en los diferentes meses del año y el mismo mes en distintos años para establecer coincidencias.

Pida a sus estudiantes que anoten los años con mayores y menores coberturas de hielo. También registren las coincidencias de estos años con la radiación neta, la temperatura de superficie y la fracción de nubes.

Pida a sus estudiantes que realicen hipótesis sobre las posibles causas que producen cambios en la cobertura de nieve.

- **Desarrollo**

1. Divida la clase en grupos y asigne un caso a cada grupo para analizarlo.
 - a. Miren en Google Map la imagen satelital actual. ¿Qué ven en esa imagen (glaciares, bosque, ríos, lagos, plantaciones, ciudades, rutas, etc.)? A qué tipo de cobertura corresponden (Urbana, Suburbana, Rutas, Bosque, Pradera, Cultivos, Hielo, Rocas, Agua, etc)
 - b. Abra la secuencia de Google Earth y observe los cambios en cada año. Registre los mayores cambios. (Ej. cambios en la extensión del hielo, formación de lagos glaciares, cambios en la cobertura de vegetación, etc.)
 - c. Compare las imágenes Landsat (antiguas) y las imágenes Sentinel (actuales). Registre los cambios observados.
 - d. Compare imágenes recientes de Sentinel en EO Browser con las bandas combinadas para falso color compuesto ¿Qué cambios estacionales se observan en las imágenes? (Considere esta combinación de bandas destaca en rojo la vegetación y permite visualizar con mayor nitidez la nieve en el terreno).
2. Pida a sus estudiantes que elaboren una presentación sobre el caso analizado. Pueden hacer una historia con mapas (utilizando ArcGIS StoryMaps), o una presentación con diapositivas.
3. Reúna a todos los grupos y pídale que expliquen los casos analizados y comparen las similitudes entre los casos.
4. Si en su localidad hay glaciares cercanos o está en una cuenca donde la disponibilidad de agua depende del hielo de los glaciares puede utilizar las mismas herramientas para analizar su estado y los cambios en los últimos años. También puede complementar con mediciones en el terreno. Si no tiene glaciares cercanos puede analizar otros casos y compararlos. Recursos:
 - a. Localización de los glaciares en el mundo - GLIMS <https://www.glims.org/maps/glims> (Consulte en la bibliografía inventarios de glaciares e informes específicos en los diferentes países)
 - b. Fluctuaciones de glaciares – WGMS <https://wgms.ch/fogbrowser/>
 - c. Atlas de sequías – SADA <https://sada.cr2.cl/> (Este atlas tiene información para algunos países, pero se está actualizando para extenderse hacia otras regiones)

- **Cierre**



Debido a la relevancia de este problema es importante elaborar materiales de difusión. Los estudiantes pueden elaborar una historia con mapas (Story Map), un video, o flyers para postear en redes sociales resumiendo los casos analizados y destacando la importancia de los glaciares para los ecosistemas y para las comunidades.

Preguntas frecuentes

¿Dónde encuentro imágenes satelitales? – Worldview – EO Browser – Google Earth – Google Map

¿Dónde encuentro los glaciares? – GLIMS es una base de datos de los glaciares del mundo. Puede descargar los contornos de glaciares y colocarlos en Google Earth.

¿Dónde encuentro información de retroceso de glaciares? WGMS es una base de datos de fluctuaciones de glaciares en el mundo. Tiene información de algunos glaciares de referencia.

¿Dónde puedo consultar imágenes satelitales? – Worldview – EO Browser

Recursos sugeridos

Como extensión de esta actividad los estudiantes pueden consultar las imágenes satelitales de diferentes fechas y lugares para explorar otros glaciares. Las bases de datos GLIMS y WGMS tienen información específica. También existen inventarios nacionales de glaciares (ver en link de interés). Worldview y Google Earth almacenan imágenes desde la década de 1980.

Otros recursos:

Atlas de sequías <https://sada.cr2.cl>

Ciclo de nieve y hielo marino en los polos <https://svs.gsfc.nasa.gov/4995>

Fluctuaciones de Glaciares – WGMS <https://wgms.ch/fogbrowser/>

Inventario de Glaciares – GLIMS <https://www.glims.org/maps/glims>

Artículo:

Yanes, J. (2022) [Los glaciares desaparecen a un ritmo nunca visto](#). OpenMind BBVA.

Mapas globales de:

1. Cobertura de nieve desde el año 2000 - <https://go.nasa.gov/3fYZPFQ>
2. Temperatura de la superficie terrestre desde el año 2000 - <https://go.nasa.gov/3rQKN7T>

Link de interés:

Autoridad Nacional del Agua – ANA. Perú. Glaciares. <https://bit.ly/3CHhqLs>

Fundación Glaciares Chilenos <https://www.glaciareschilenos.org/>



Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Colombia.
Glaciares en Colombia. <https://bit.ly/3rFJwR1>

Inventario Nacional de Glaciares. IANIGLA. Argentina.
<https://www.glaciaresargentinos.gob.ar/>

Laboratorio de Glaciología. Chile. <https://glaciologia.cl/>

Videos:

NASA Climate Change (2021). *Global Warming from 1880 to 2021*. Youtube:
<https://youtu.be/haBG2Ilbwba>

NASA Climate Change (2021). *NASA: Aumento del nivel del mar*. Lista: Minuto de la Tierra. Youtube: https://youtu.be/kEtUE_kJ3wQ

NASA Climate Change (2021). *NASA: La Tierra tiene fiebre*. Lista: Minuto de la Tierra. Youtube: <https://youtu.be/R5RcCc3qWMY>

NASA Climate Change (2021). *NASA: Los sospechosos de siempre*. Lista: Minuto de la Tierra. Youtube: <https://youtu.be/CngOrBnRmxI>

NASA Climate Change (2022). *Climate Spiral*. Youtube: <https://youtu.be/jWoCXLuTIkI>

NASA Climate Change (2022). *Global Warming Broken Down by Latitude Zone: 1880-2021*. Youtube: <https://youtu.be/f6FMS7mJatM>

NASA Climate Change (2022). *Watching the Land Temperature Bell Curve Heat Up (1950-2020)*. Youtube: <https://youtu.be/1YigIVWMPHM>

Tutoriales de: [Worldview](#), [EO Browser](#), [Story Map](#)

Bibliografía

Andrés Ferrada, Duncan A. Christie, Francisca Muñoz, Alvaro González, René D. Garreaud & Susana Bustos (2021) *Explorador del Atlas de Sequías de Sudamérica*, <https://sada.cr2.cl> Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)².

Autoridad Nacional del Agua (2021). *Inventario nacional de glaciares y lagunas*. MDAyR. Lima, Perú. <https://bit.ly/3CFqhfB>

Autoridad Nacional del Agua (2021). *Reserva hídrica en los glaciares del Perú*. MDAyR. Lima, Perú. <https://bit.ly/3MgTCRO>

GLIMS and NSIDC (2005, updated 2018): *Global Land Ice Measurements from Space glacier database*. Compiled and made available by the international GLIMS community and the National Snow and Ice Data Center, Boulder CO, U.S.A. <https://www.glims.org/> - <https://www.glims.org/maps/glims>

NASA Earth Observatory (2000 to 2022) *Snow Cover*. Global Maps. https://earthobservatory.nasa.gov/global-maps/MOD10C1_M_SNOW



NASA Earth Observatory (2013) *Tropical Climate History...Shrinking*.
<https://go.nasa.gov/3yqLigu>

NASA Earth Observatory (2013) *Upsala Glacier Retreat*. <https://go.nasa.gov/3rGihWp>

NASA Earth Observatory (2016) *Glacier Change Threatens Andes Communities*.
<https://go.nasa.gov/3Vd2nAo>

NASA Earth Observatory (2016) *Retreat of the Sierra de Sangra Glaciers*.
<https://go.nasa.gov/3EpS1qX>

NASA Earth Observatory (2017) *Ice on the Move in Patagonia*.
<https://go.nasa.gov/3yqxcrx>

NASA Earth Observatory (2017) *North Patagonian Icefield*.
<https://go.nasa.gov/3RUW0Pu>

NASA Earth Observatory (2017) *South Patagonian Icefield*. <https://go.nasa.gov/3riKxri>

NASA Earth Observatory (2018) *Glacial Retreat at a Non-glacial Pace*.
<https://go.nasa.gov/3rGqC37>

NASA Earth Observatory (2018) *Melting Beauty: The Icefields of Patagonia*.
<https://go.nasa.gov/3EsBfaL>

NASA Earth Observatory (2019) *Is HPS-12 the Fastest Thinning Glacier?*
<https://go.nasa.gov/3ejpdWq>

NASA Earth Observatory (2022) *Chilean Volcano Low on Snow*.
<https://go.nasa.gov/3CkYd0y>

NASA Earth Observatory (2022) *Losing a Layer of Protection*.
<https://go.nasa.gov/3Vhsfej>

NASA Earth Observatory (2022) *Melting Glacier Exposes Ichthyosaur Fossils*.
<https://go.nasa.gov/3EuRzYC>

NSIDC (2022). *Sea Ice Index Daily and Monthly Image Viewer*.
https://nsidc.org/data/seaice_index

OMM (2022). *Estado del clima en América Latina y el Caribe 2021* (WMO-No. 1295)
 (State of the Climate in Latin America and the Caribbean 2021). Ginebra.
<https://bit.ly/3yt7WAP>

Schindler, T. L. (2022). *Global Snow Cover and Sea Ice Cycle at Both Poles*. SVS-NASA.
<https://svs.gsfc.nasa.gov/4995>

Schoolmeester, T., Johansen, K.S., Alfthan, B., Baker, E., Hespings, M. y Verbist, K.
 (2018). *Atlas de Glaciares y Aguas Andinos. El impacto del retroceso de los glaciares
 sobre los recursos hídricos*. UNESCO y GRID-Arendal.
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000266209>

The GLOBE Program (2022) *GLOBE Protocol Bundles*.
<https://www.globe.gov/es/web/earth-systems/>

WGMS (2021). *Global Glacier Change Bulletin No. 4 (2018–2019)*. Zemp, M.,
 Nussbaumer, S.U., Gärtner-Roer, I., Bannwart, J., Paul, F., and Hoelzle, M. (eds.),



ISC(WDS)/IUGG(IACS)/UNEP/UNESCO/WMO, World Glacier Monitoring Service,
Zurich, Switzerland. https://wgms.ch/downloads/WGMS_GGCB_04.pdf

Teledetección – Hidrósfera

GLOBE		ODS Asociado/s	Tipo de Actividad/es
Esfera	Protocolos		
Atmósfera	Temperatura del aire. Temperatura de superficie. Dirección y velocidad del viento. Precipitaciones. Humedad relativa	11 (Ciudades y comunidades sostenibles)	Exploratoria
Biósfera	Cobertura terrestre. Biometría. Fenología		
Pedósfera	Caracterización del suelo. Fertilidad. Humedad. pH. Temperatura	13 (Acción por el clima)	
Hidrósfera	Temperatura del agua. pH. Alcalinidad. Conductividad eléctrica. Transparencia. Salinidad. Nitratos.	14 (Vida submarina)	
Paquete	Agricultura Océanos Ríos y Lagos Suelos Ciudades Calidad del agua	15 (Vida de ecosistemas terrestres)	

Visión General

Se explican los conceptos básicos de teledetección para analizar imágenes satelitales de dos casos: la turbidez del agua del Río de La Plata en su desembocadura en el mar y el derretimiento del glaciar HPS-12 en Chile. Se utilizan imágenes satelitales procesadas con combinación de bandas e índices. Además, los estudiantes pueden probar diferentes combinaciones de bandas y aplicar otros índices específicos para destacar algunas características.

Tiempo

4 o 5 clases

Requisitos previos

Conocimiento básico de ecosistemas, fotosíntesis, meteorología, ondas, espectro electromagnético y de TIC. Análisis de gráficos de barra, línea e histogramas. Habilidad para interpretar imágenes satelitales y mapas. Habilidad para localizar puntos usando latitud y longitud.

Nivel escolar

Estudiantes de secundaria y universitarios



Objetivo general

Comprender la aplicación de las propiedades de las ondas, del uso de sensores en satélites y de imágenes satelitales para obtener información de la Tierra, procesarla para observar cambios, tendencias e interrelaciones entre biósfera, atmósfera, hidrósfera y pedosfera.

Objetivos didácticos

- Conocer los tipos de ondas electromagnéticas utilizadas por los sensores de los satélites para obtener información del sistema Tierra.
- Identificar cambios y tendencias en las imágenes satelitales.
- Aplicar combinaciones de las bandas asignando los colores Rojo (R), Verde (G) y Azul (B) para identificar características específicas sobre el terreno.
- Aplicar índices específicos para analizar distintas características en las imágenes satelitales.
- Analizar las variaciones de turbidez del agua en la desembocadura del río de La Plata.
- Analizar la velocidad del derretimiento del glaciar HPS-12, en Chile.

Introducción

Sensores remotos

Se denomina teledetección al proceso de adquirir información a distancia utilizando sensores remotos. Por ejemplo, una cámara fotográfica es un sensor que permite obtener información de algún objeto a distancia (cuando tomamos una fotografía), también nuestros ojos son sensores que nos permiten obtener información de nuestro entorno cuando miramos algo. Para estudiar la Tierra se utilizan sensores colocados en satélites, en la estación espacial internacional, en aviones, en drones, en globos y otros para detectar y registrar la energía reflejada o emitida. Fig. 1.



Fig. 1. Diferentes tipos de sensores remotos que obtienen información de la Tierra. Fuente: <https://svs.gsfc.nasa.gov/30892>



Los sensores remotos brindan una perspectiva global y gran cantidad de datos de atmósfera, hidrósfera, pedosfera y biósfera que, permiten conocer el estado actual, estudiar tendencias con la información histórica (ej. [Registro de 20 años de lluvia y nieve](#)) y utilizarlas para la toma de decisiones basadas en datos. La NASA tiene una [flota propia de satélites](#) que [orbitan la Tierra](#) y también algunos satélites operados en consorcio con otros países (varios de ellos pertenecen a la región de [América Latina y el Caribe](#)). Un ejemplo de esto es la Constelación Internacional de la Tarde ([International Afternoon Constellation](#)), formada por un grupo coordinado de satélites de diferentes países que recorren una órbita sincronizada con el sol, pasando aproximadamente a la 13:30 hora solar local, con diferencia de segundos a minutos entre sí (por este motivo se denomina Constelación de la Tarde). Esta constelación de satélites realiza observaciones casi simultáneas con una amplia variedad de sensores que son de gran utilidad para realizar investigaciones, emitir alertas, tomar decisiones, etc. Fig. 2.

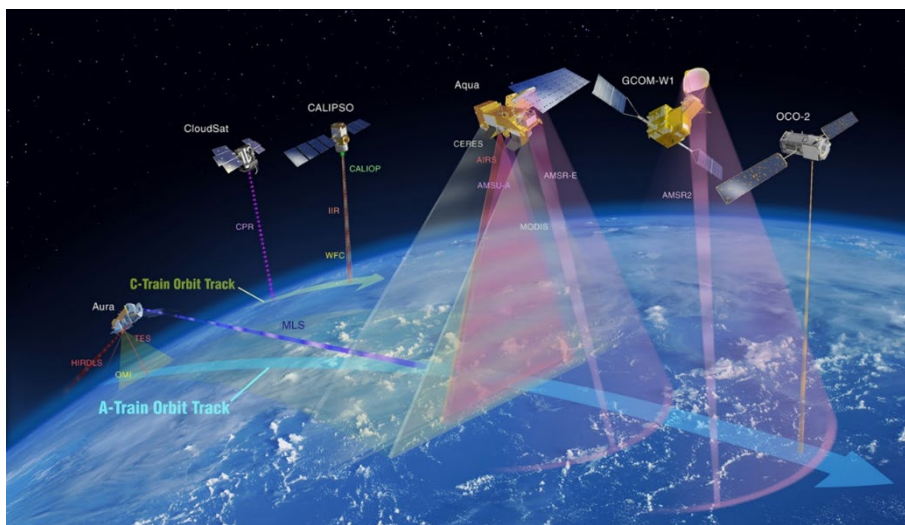


Fig. 2. Constelación Internacional de la Tarde (International Afternoon Constellation). Fuente: <https://atrain.nasa.gov/>

Algunos sensores son pasivos, es decir que detectan las ondas electromagnéticas que refleja la superficie terrestre cuando es iluminada por el sol, o cuando emite luz (ej. las luces nocturnas de las ciudades). La mayoría de los sensores pasivos operan en las porciones [visible](#), [infrarroja](#) y de [microondas](#) del [espectro electromagnético](#). Los sensores pasivos miden la [temperatura](#) de la superficie terrestre y marina, las propiedades de la [vegetación](#), de las [nubes](#), los [aerosoles](#), la [humedad del suelo](#) y otros. Pero tienen limitaciones, porque no pueden penetrar la densa capa de nubes que cubre regularmente los trópicos. Los sensores activos, emiten ondas que rebotan en la superficie terrestre y vuelven. La mayoría operan en la banda de [microondas](#) del [espectro electromagnético](#), que les da la capacidad de penetrar la atmósfera (ej. radar). Estos sensores se utilizan para medir los perfiles verticales de aerosoles, la [estructura forestal](#), la [precipitación](#) y los [vientos](#), la topografía de la superficie del mar y el hielo, entre otros.

El Sol es la principal fuente de energía observada por los satélites. Los distintos tipos de superficies reflejan diferente cantidad de energía solar. Se denomina albedo a la propiedad que tiene cualquier cuerpo de reflejar la radiación incidente. Por ejemplo, la nieve es una superficie clara y tiene un albedo alto (refleja hasta el 90% de la radiación solar entrante). El océano, es oscuro, con albedo bajo (refleja solo alrededor del 6% de la radiación solar entrante y absorbe el resto). Cuando se absorbe energía, se vuelve a



emitir, generalmente en longitudes de onda más largas. En el caso del océano, la energía absorbida la vuelve a emitir como radiación infrarroja. La cantidad de energía que las superficies reflejan, absorben o transmiten varía según la longitud de onda.

Bandas y firmas espectrales

Como la energía reflejada varía según el tipo de superficies se la puede utilizar para identificar diferentes características de la Tierra, funciona igual que nuestras huellas digitales y se denomina firma espectral. Gracias a la firma espectral es posible identificar distintos tipos de rocas y minerales, agua clara y turbia, humedad del suelo, diferente tipo de vegetación, estado de la vegetación, etc). Fig. 3.

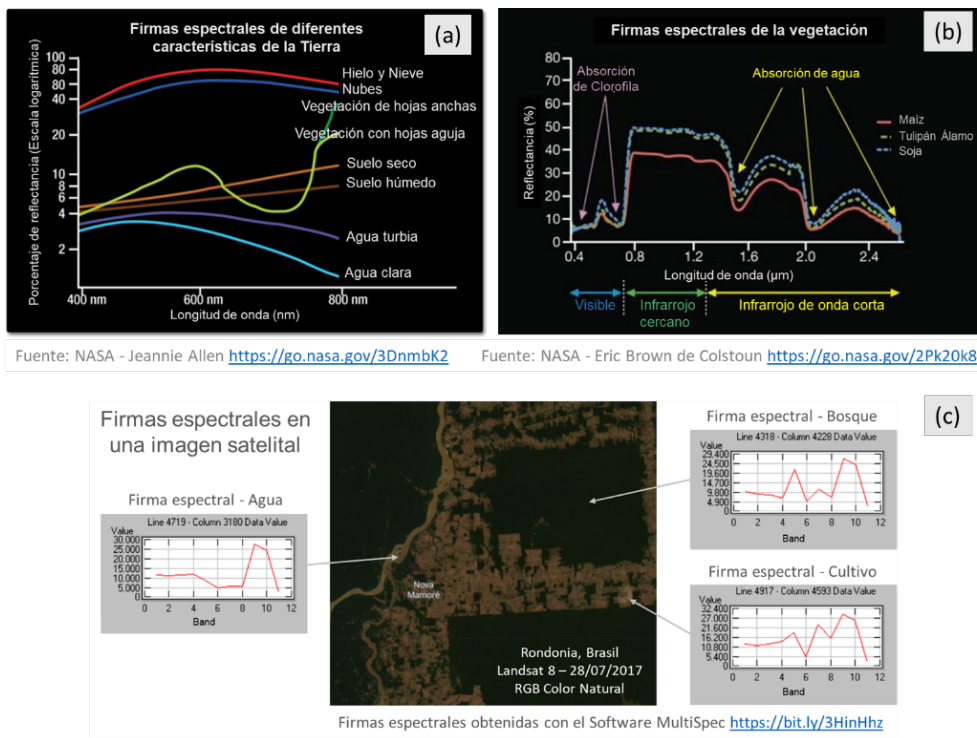


Fig. 3. Firmas espectrales: (a) de diferentes características de la Tierra. (b) de vegetación. (c) Ejemplos de firmas espectrales en distintos píxeles de la imagen satelital de Rondonia, tomada por el satélite Landsat 8 el 27/07/17.

Una imagen digital está formada por píxeles (o cuadros) cuyo color representa un número cada uno. Por lo tanto, una imagen es una matriz de números en escala de grises que varían entre 0 (blanco) y 255 (negro). Cualquier otro valor dentro de ese rango, es una variación de gris. (Fig. 4)

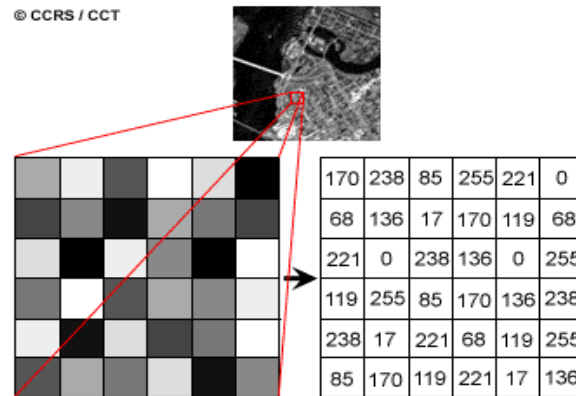


Fig. 4. Imagen satelital y matriz numérica de una banda de imagen satelital Landsat 7. Cada pixel (o cuadro) representa una superficie de terreno de 30m x 30m y un determinado color de brillo. Fuente: <https://www.nrcan.gc.ca/>

Cada imagen satelital tiene múltiples bandas que representan distintas longitudes de onda del espectro electromagnético [Fig. 5 (a)]. Los sensores de la mayoría de los satélites utilizan desde el infrarrojo hasta el ultravioleta, incluyendo la luz visible. Las bandas representan datos de las regiones visibles, y del infrarrojo (infrarrojo de onda corta, infrarrojo cercano e infrarrojo medio). [Fig. 5 (b)] Cuando combinamos las bandas en una imagen RGB para obtener un color similar al natural estamos trabajando con tres matrices, una por canal de color: Rojo (Red), Verde (Green) y Azul (Azul). [Fig. 5 (d)] Como en el caso de las imágenes en escala de grises, 0 representa la ausencia absoluta de color y 255 la presencia total de la tonalidad correspondiente a un canal en particular. Para observar otros aspectos que se reflejan en bandas infrarrojas u otras en longitudes de onda que nuestros ojos no las perciben, se le asignan uno de los colores RGB y se obtiene el falso color. [Fig. 5 (c)]

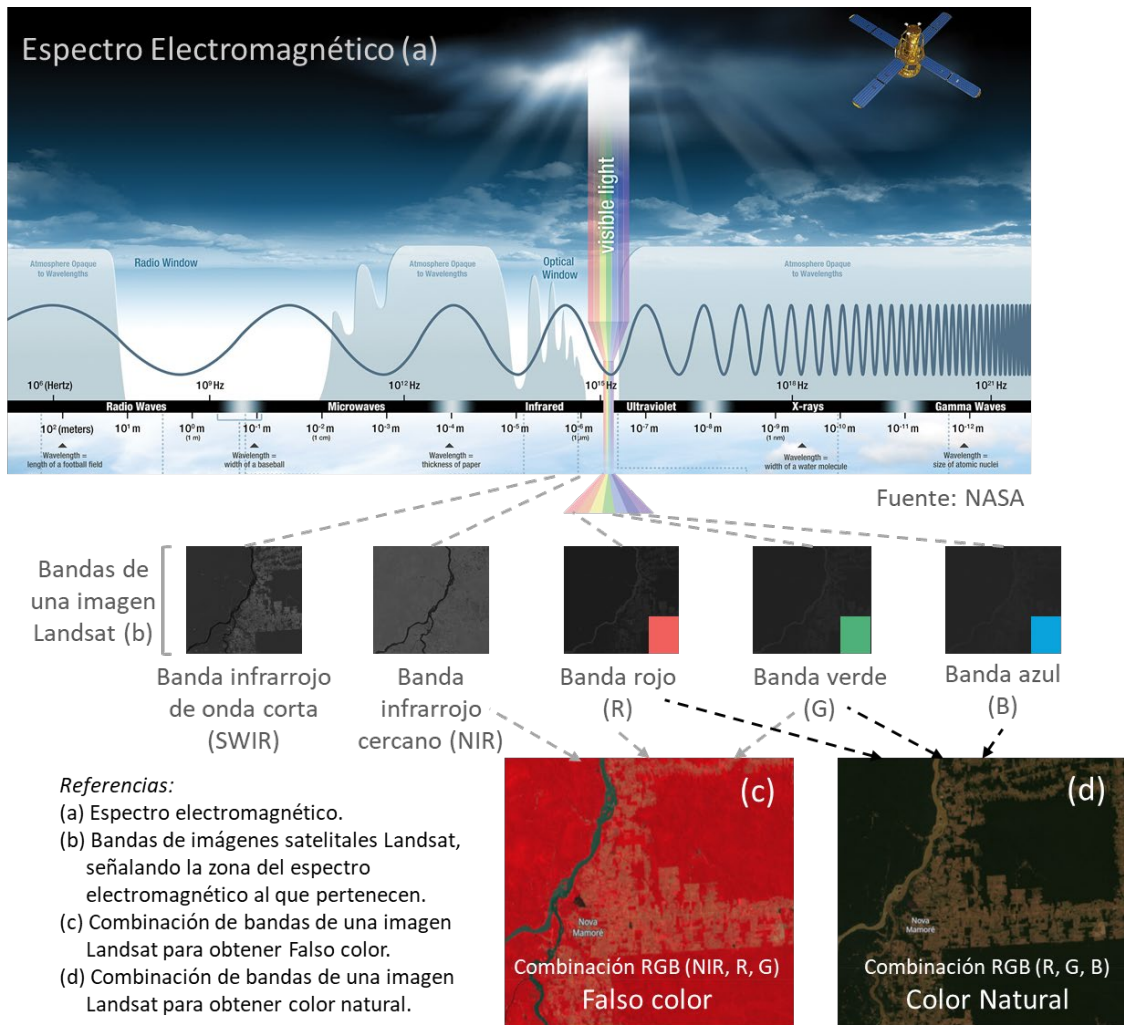


Fig. 5. Combinación de bandas de imágenes satelitales Landsat para visualizar diferentes aspectos. Fuentes: NASA y Landsat.

Índices

Como las imágenes satelitales son matrices, es posible realizar cálculos con ellas para detectar otros aspectos no visibles con la combinación de colores. Los índices se obtienen a partir de cálculos con las matrices que forman cada banda de las imágenes satelitales. Este cálculo se realiza utilizando algún [software](#) específico y como resultado se obtiene una nueva imagen donde se destacan gráficamente los píxeles relacionados con el parámetro que estamos midiendo. Ej. Los índices de vegetación destacan parámetros de las coberturas vegetales: densidad, índice de área foliar, actividad clorofílica y otros. Por ejemplo, los detalles de los cambios en la cobertura vegetal se analizan fácilmente al aplicar índices. El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (conocido por sus siglas en inglés como [NDVI](#) - Normalized Difference Vegetation Index) es el más utilizado, pero existen varios [índices similares](#). El NDVI permite estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación basándose en la medición de la intensidad de la radiación de algunas bandas del espectro electromagnético que la vegetación emite o refleja. Las bandas varían según el tipo de satélite. Algunos visualizadores generan automáticamente los índices más comunes. Los valores altos del NDVI indican una vegetación saludable, los valores bajos indican que la vegetación se está secando (puede ser por estrés hídrico, enfermedades, incendios, etc). Fig. 6.

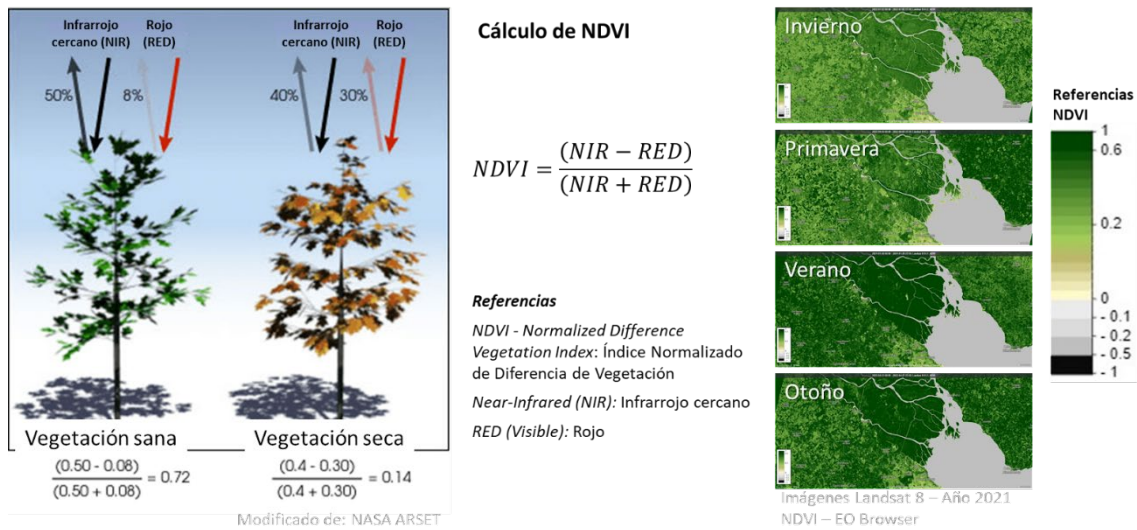


Fig. 6. Cálculo e imágenes satelitales del Delta del Río Paraná procesadas con el índice NDVI. Los cambios estacionales en la vegetación se detectan con distintas intensidades de color.

Se han desarrollado índices espectrales para analizar diferentes aspectos en imágenes satelitales que tiene aplicación en ecología, agricultura, desastres (inundaciones, incendios, etc.), recursos acuáticos, geología, etc. Todos utilizan cálculos utilizando diferentes bandas de las imágenes satelitales.

Preguntas de investigación orientadoras

- ¿Por qué varía la turbidez del agua a lo largo del año? ¿Tiene relación con las precipitaciones y la temperatura?
- ¿Cuáles son las causas del derretimiento de los glaciares? ¿Cuáles son las consecuencias?
- ¿Por qué se utilizan diferentes combinaciones de bandas e índices específicos permiten para visualizar algunas características de la cobertura terrestre?

Conceptos científicos

- Ecosistemas. Ríos. Lagos. Glaciares
- Cobertura terrestre.
- Ondas y espectro electromagnético.
- Gráficos. Histogramas
- Imágenes satelitales

Materiales y herramientas

1. ArcGIS StoryMaps <https://storymaps.arcgis.com/>
2. Worldview <https://worldview.earthdata.nasa.gov/>
3. EO Browser App <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>

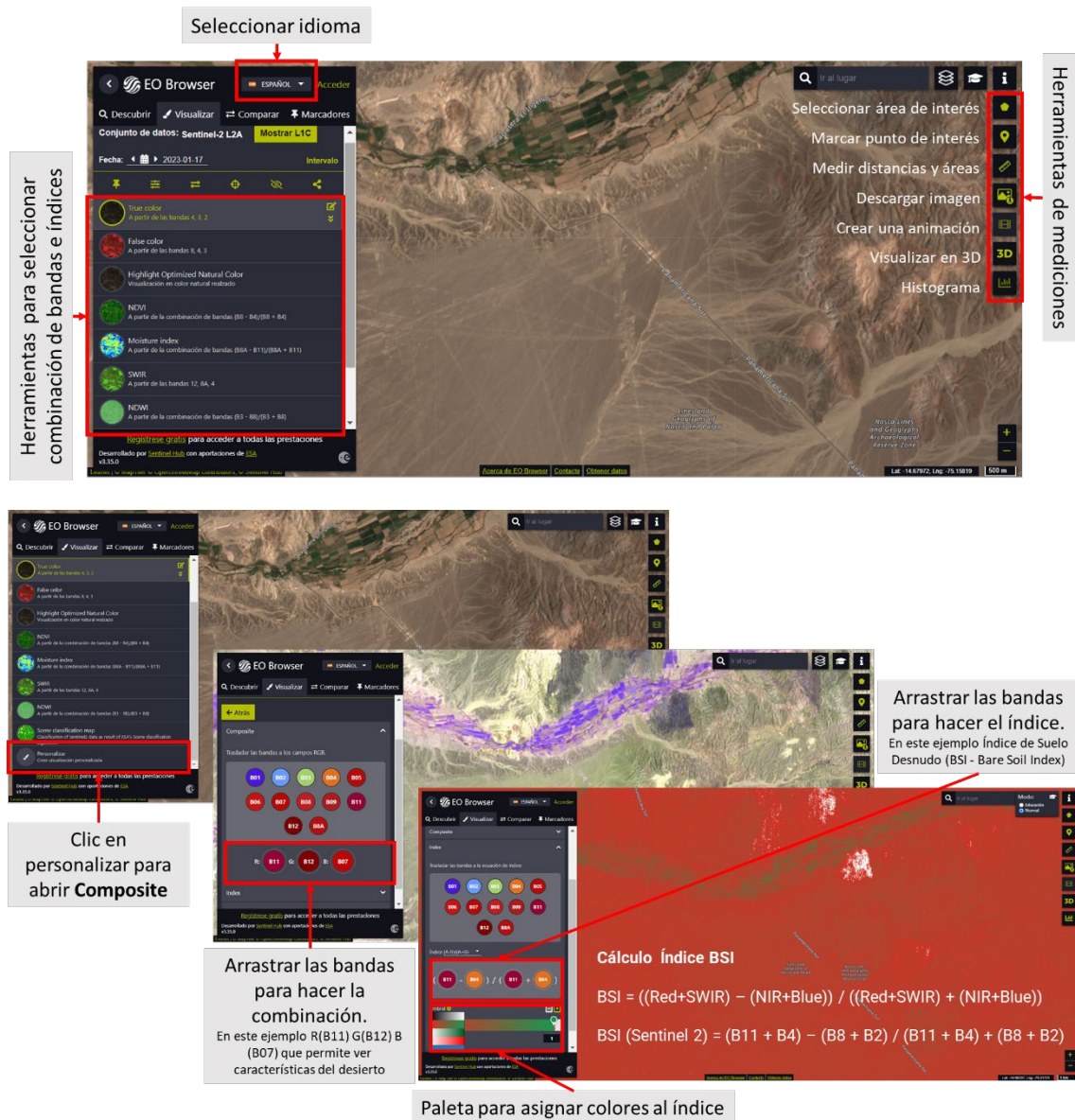


Fig. 7. Infografía de herramientas de EO Browser App.

Análisis de casos:

Caso 1: Turbidez en la desembocadura del Río de la Plata.

- Google Map - [Localización](#)

Worldview

- Compare imágenes de [2000 y 2022](#)
- Turbidez estacional ([Julio y Diciembre](#))
- Condiciones ambientales. a) Promedio mensual de [Precipitaciones](#) b) [Temperatura de la superficie terrestre](#) y c) [Temperatura del agua](#)
- Genera un [video](#) en Worldview con cada grupo de datos consultados.

EO Browser (consultar herramientas en la Fig. 7):

1. Imagen Sentinel 13/08/22: [False color](#), [True color](#)
2. Imagen Sentinel 06/12/22: [False color](#), [True color](#)



- Utilice la regla (a la derecha de la pantalla) para medir la dispersión de los sedimentos desde la desembocadura hacia el mar. Además, mida el área de sedimentos en el mar

En las imágenes de EO Browser realice lo siguiente:

1. Consulte las imágenes en falso color y analice los cambios estacionales.
2. Seleccione Highlight Optimized Natural Color (a la izquierda de la pantalla) y compare con las imágenes de falso color. (Considere que el albedo de los sedimentos es más alto en las longitudes de onda visibles).
3. Para hacer una nueva **combinación de bandas** vaya a personalizar (izquierda abajo) y seleccione **composite**.
 - a. Arrastre las bandas a los círculos para hacer la combinación RGB: (R) 3, (G) 4 y (B) 8.
 - b. Compare la nitidez con la que observa la descarga de sedimentos del río con respecto a las visualizaciones anteriores.
4. **Genere un índice.** Para mejorar el análisis utilice Índice de Turbidez Normalizado (NDTI - Normalized Difference Turbidity Index) que es sensible a los cambios en la turbidez de los cuerpos de agua.
 - a. Vaya a personalizar (izquierda abajo) y seleccione **Index**. Aparecerá la fórmula para colocar las bandas. En el sitio A (ubique la banda B4) y en el sitio B (ubique la banda B3) correspondiente al siguiente cálculo:

$$\text{NDTI} = (\text{RED} - \text{GREEN}) / (\text{RED} + \text{GREEN})$$

$$\text{NDTI (Sentinel 2)} = (\text{B4} - \text{B3}) / (\text{B4} + \text{B3})$$

- b. Luego vaya a **umbral** y seleccione una paleta de colores para colorear la imagen.
 - b. Consulte el **histograma** (a la derecha de la pantalla), abra el menú del índice que está observando (a la izquierda de la pantalla) para ver la referencia de los colores. Analice el histograma comparando los valores con los de la referencia.
 - b. Puede dibujar un área y hacer el mismo análisis para ese sector en particular.
 - b. Vaya a la regla y mida el área con sedimentos en cada imagen.
5. Realice una presentación comparando los resultados de ambas imágenes

Caso 2: Análisis del derretimiento del [glaciar HPS-12](#)

- Google Map - [Localización](#)
- [Climograma](#) del promedio de temperaturas y precipitaciones. (Opcional: Mapa de [Glaciares del mundo](#) y [cuencas hidrográficas](#))

Worldview:

1. Compare imágenes de [1985 y 2021](#).
 - Seleccione la regla (abajo a la derecha) y mida la distancia que retrocedió el glaciar en la imagen de 2021.
 - Seleccione el área (abajo a la derecha) y mida la superficie de hielo que se derritió.
 - Pueden cambiar de año y mes para medir el deshielo en otros períodos.



2. Descargue las imágenes más representativas o genere un [video](#) en Worldview con los datos analizados.

EO Browser (consultar herramientas en la Fig. 7)

1. Imagen Sentinel-2: Febrero 2020 - [True Color](#) y [Falso color](#)
2. Imagen Sentinel-2: Febrero 2021 - [True color](#) y [Falso Color](#)
3. Imagen Sentinel-2: Febrero 2022 - [True color](#) y [Falso Color](#)

En las imágenes de EO Browser, realice lo siguiente:

1. Consulte las imágenes de diferentes años y analice los cambios.
2. Seleccione el índice NDVI (a la izquierda de la pantalla) y luego el histograma (a la derecha de la pantalla). Compare los resultados de las imágenes. Si desea medir un área específica puede dibujar el área y luego seleccionar el histograma.
 - a. Realice lo mismo para los índices NDMI (Moisture Index – humedad del suelo), NDWI (para detectar masas de agua) y SWIR (para conocer el agua presente en la vegetación y el suelo).
 - b. Consulte el **histograma** (a la derecha de la pantalla), abra el menú del índice que está observando (a la izquierda de la pantalla) para ver la referencia de los colores. Analice el histograma comparando los valores con los de la referencia.
 - c. Puede dibujar un área y hacer el mismo análisis para ese sector en particular.
3. Para hacer la **combinación de bandas** vaya a personalizar (izquierda abajo) y seleccione **composite**.
 - a. Arrastre las bandas a los círculos para hacer la combinación para hacer la combinación RGB: (R) 11, (G) 8 y (B) 4.
 - b. Compare la nitidez con la que observa el área con vegetación con respecto a las visualizaciones anteriores.
4. **Genere un índice.** Es complejo diferenciar entre las nubes, la nieve y el hielo. Se han desarrollado índices para visualizar las diferentes coberturas, en este caso son de interés (**NDGI**) Normalized Difference Glacier Index y (**NDSII**) Normalized Difference Snow Ice Index. Ambos índices se utilizan para detectar glaciares y monitorear sus cambios.
 - a. Vaya a personalizar (izquierda abajo) y seleccione **Index**. Aparecerá la fórmula para colocar las bandas.

Para el NDGI (Normalized Difference Glacier Index), en el sitio A (ubique la banda B3) y en el sitio B (ubique la banda B4) correspondiente al siguiente cálculo:

$$\text{NDGI} = (\text{GREEN} - \text{RED}) / (\text{GREEN} + \text{RED})$$

$$\text{NDGI (Sentinel 2)} = (B3 - B4) / (B3 + B4)$$

- b. Luego vaya a **umbral** y seleccione una paleta de colores para colorear la imagen.

Para NDSII (Normalized Difference Snow Ice Index), en el sitio A (ubique la banda B3) y en el sitio B (ubique la banda B8) correspondiente al siguiente cálculo:

$$\text{NDSII} = (\text{GREEN} - \text{NIR}) / (\text{GREEN} + \text{NIR})$$

$$\text{NDSII (Sentinel 2)} = (B3 - B8) / (B3 + B8)$$



- c. Luego vaya a **umbral** y seleccione una paleta de colores para colorear la imagen.
 - c. Para ambos índices consulte el **histograma** (a la derecha de la pantalla), abra el menú del índice que está observando (a la izquierda de la pantalla) para ver la referencia de los colores. Analice el histograma comparando los valores con los de la referencia.
 - c. Puede dibujar un área y hacer el mismo análisis para ese sector en particular.
5. Realicen una presentación comparando los resultados de las visualizaciones generadas para los distintos años analizados.

Qué hacer y cómo hacerlo

• Inicio

Muestre a sus estudiantes los siguientes videos: a) [NASA: Misión a la Tierra](#), b) [La NASA muestra dos décadas de nieve y lluvia](#) y c) [El espectro electromagnético. Introducción](#). Realice una pequeña lluvia de ideas sobre cómo se utiliza la tecnología satelital para estudiar la Tierra y monitorear sus cambios.

• Desarrollo

1. Pida a los estudiantes que lean la introducción a esta actividad y realicen un mapa conceptual con la información. *(En la introducción se brindan los fundamentos básicos de la teledetección con links para ampliar la información o aclarar aspectos si es necesario).*
2. Divida la clase en grupos y asigne un caso a cada grupo para analizarlo.
 - a. Miren en Google Map la imagen satelital actual. ¿Qué ven en esa imagen (bosque, desierto, cultivos, ciudades, rutas, ríos, lagos glaciares, campos de hielo, etc.)?
 - b. Analicen las precipitaciones y temperaturas de ese lugar.
 - c. Analicen el evento en Worldview y realicen un video o descarguen las imágenes más representativas.
Nota: En WorldView pueden cambiar de mes y de año, abajo a la izquierda
 - d. Consulten las imágenes de EO Browser, analicen las combinaciones de bandas y los índices. Utilicen las combinaciones e índices que se indican (si lo desean pueden probar con diferentes bandas y analizar la visualización).
3. Pida a sus estudiantes que elaboren una presentación sobre el caso analizado. Pueden hacer una historia con mapas (utilizando ArcGIS StoryMaps), una presentación con diapositivas o un video.
4. Reúna a todos los grupos y pídale que expliquen los casos analizados.
5. Completen el mapa conceptual con las características principales de cada caso analizado.

• Cierre

Debido a la relevancia de ambos eventos es importante elaborar materiales de difusión. Los estudiantes pueden elaborar una historia con mapas ([Story Map](#)), un video, o flyers para postear en redes sociales resumiendo los casos analizados.

Preguntas frecuentes

¿Dónde encuentro imágenes satelitales? – Worldview – Google Earth – Google Map

¿Dónde encuentro información sobre condiciones ambientales globales y población?
[ResourceWatch](#) reúne información de diferentes fuentes.

Recursos sugeridos

Como extensión de esta actividad los estudiantes pueden consultar las imágenes satelitales de diferentes fechas y lugares para explorar otros sitios de interés e incluso diferentes eventos. Puede utilizar los protocolos del Programa GLOBE para realizar mediciones manuales en su entorno o descargar datos de mediciones realizadas por otras personas. También puede realizar mediciones ambientales para complementar la investigación en base a imágenes satelitales.

Sitios web

- NASA. (2023) Eyes on the Earth. <https://eyes.nasa.gov/apps/earth/#/> (satélites que toman imágenes de la Tierra)
- USGS (2021) *Common Landsat Band Combinations*. <https://on.doi.gov/3wAKJvd> (Combinaciones de bandas con imágenes Landsat)
- USGS (2022) *What are the best Landsat spectral bands for use in my research?* <https://on.doi.gov/3HEMdlf>
- GISGeography (2022) *Sentinel 2 Bands and Combinations*. <https://gisgeography.com/sentinel-2-bands-combinations/> (Combinaciones de bandas con imágenes Sentinel)

Videos:

- NASA Climate Change (2021) *How NASA Satellites Help Model the Future of Climate*. Youtube: <https://youtu.be/iAUFVUzZlhl>
- NASA Climate Change. (2021) *NASA: La humedad de la Tierra*. Youtube: <https://youtu.be/YPgmdRYrvjU>
- NASA Climate Change. (2021) *NASA: La Tierra tiene fiebre*. Youtube: <https://youtu.be/R5RcCc3qWMY>
- NASA Climate Change. (2021) *NASA: Las nubes*. Youtube: <https://youtu.be/R5YYdEATivg>
- NASA Climate Change. (2021) *NASA: Los vientos oceánicos*. Youtube: <https://youtu.be/MJSaIFy0CsE>
- NASA Climate Change. (2021) *NASA: Me llamo Aerosol*. Youtube: <https://youtu.be/Dr4Dkm1Ud1E>
- NASA Climate Change. (2021) *NASA: Misión a la Tierra*. Youtube: <https://youtu.be/M0HHZ9vRlpk>
- NASA Climate Change. (2021) *NASA: Problema de gas*. Youtube: <https://youtu.be/4ZvAEQLWDTs>
- NASA en Español (2020) *La NASA muestra dos décadas de nieve y lluvia*. Youtube: <https://youtu.be/HVxosovHlnw>
- ScienceAtNASA (2011) *Tour of the Electromagnetic Spectrum 3. Microwaves*. Youtube: <https://youtu.be/UZeBzTI5Omk> [Español. Traducido por: Antenas y Salud (2015) *El espectro electromagnético 3. Microondas*. Youtube: https://youtu.be/OCxFv_KDdZE]
- ScienceAtNASA (2011) *Tour of the Electromagnetic Spectrum 4. Infrared Waves*. Youtube: <https://youtu.be/i8caGm9Fmh0> [Español. Traducido por: Dpto. Electricidad



- Electrónica (2017) *El espectro electromagnético 4. Infrarrojo*. Youtube: <https://youtu.be/DgZKWfRRxKw>
- ScienceAtNASA (2011) *Tour of the Electromagnetic Spectrum 5. Visible Light Waves*. Youtube: <https://youtu.be/PMtC34pzKGc> [Español. Traducido por: Dpto Electricidad Electrónica (2017) *El espectro electromagnético 5. Luz visible*. Youtube: <https://youtu.be/BVbbkzygf94>]
 - ScienceAtNASA (2011) *Tour of the Electromagnetic Spectrum 6. Ultraviolet Waves*. Youtube: <https://youtu.be/QW5zeVy8aE0> [Español. Traducido por: Eldador (2011) *El espectro electromagnético 6. Luz ultravioleta*. Youtube: <https://youtu.be/IOKEbZgB2I>]
 - ScienceAtNASA (2011) *Tour of the Electromagnetic Spectrum. Introduction 1*. Youtube: <https://youtu.be/lwfJPc-rSXw> [Español. Traducido por: Antenas y Salud (2015) *El espectro electromagnético. Introducción 1*. Youtube: <https://youtu.be/K-up0o96Vhw>]

Otros recursos:

Tutoriales de: Worldview ([video corto](#), [video completo](#), [sitio web](#), [ideas para el aula](#))
EO Browser ([sitio web](#) o [video](#), [infografía](#)) , [Story Map](#)

Traducción automática: [Videos](#), [Sitios web](#)

Bibliografía

Brown, C. & Harder, C. (Ed.). (2016). *The ArcGIS® Imagery Book: New View, New Vision*. Esri Press. <https://bit.ly/3YocWRP>

Carvalho Resende, T., Stepanov, M., Bosson, J. B., Emslie-Smith, M., Farinotti, D., Hugonnet, R., ... & Berthier, E. (2022). *World Heritage Glaciers: Sentinels of Climate Change*. ETH Zurich. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000383551>

CIC (2022) *Comité Intergubernamental Coordinador de los Países de la Cuenca del Plata*. <https://cicplata.org/es/>

di Natale, J. (2022) *Todo tiene un porqué, en el Río de la Plata*. Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera. CIMA, CONICET, UBA. <http://www.cima.fcen.uba.ar/reportaje.php?n=15>

Dogliotti, A. I., Ruddick, K., & Guerrero, R. (2016). Seasonal and inter-annual turbidity variability in the Río de la Plata from 15 years of MODIS: El Niño dilution effect. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 182, 27-39. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272771416303729>

Esri. (2023) *Galería de índices*. ArcGIS Pro 3.0 <https://bit.ly/3DCLg3W>

Gibbens, S. (2017) *One of Earth's driest places experiences rare flower boom*. National Geographic. <https://on.natgeo.com/40hF0rO>

GIS en territorio (2023) *Cuencas hidrográficas*. <https://bit.ly/3jlOi5u>

GISGeography (2022) *100 Earth Shattering Remote Sensing Applications & Uses*. <https://gisgeography.com/remote-sensing-applications/>

GISGeography (2022) *Spectral Signature Cheatsheet – Spectral Bands in Remote Sensing*. <https://gisgeography.com/spectral-signature/>

GISGeography (2023) *What is Remote Sensing? The Definitive Guide*. <https://gisgeography.com/remote-sensing-earth-observation-guide/>



GLIMS and NSIDC (2005, updated 2018): *Global Land Ice Measurements from Space glacier database*. Compiled and made available by the international GLIMS community and the National Snow and Ice Data Center, Boulder CO, U.S.A. <https://www.glims.org/> - <https://www.glims.org/maps/glims>

Harder, C., & Brown, C. (2017). *The ArcGIS book: 10 big ideas about applying the science of where*. Esri Press. <https://bit.ly/3HWGrF7>

INA (2022) *Sedimentos en la Cuenca del Plata. Dinámica de Sedimentos en la Cuenca del Plata en el contexto de Cambio Climático*. Proyecto Claris. <https://www.ina.gov.ar/lha/index.php?seccion=16>

Mehta, A., Schmidt, C. Kuss, A. and Palacios, S. L. (2022) *Fundamentals of Remote Sensing*. NASA Applied Remote Sensing Training Program (ARSET). <https://go.nasa.gov/3WLT12K>

Morales, A. (2017) *16 programas gratuitos para trabajar con imágenes de satélite*. MappingGIS <https://bit.ly/3XLGJUL>

NASA Earth Observatory (2000 to 2022) *Snow Cover*. Global Maps. <https://go.nasa.gov/3JGtjoN>

NASA Earth Observatory (2012) *Sediment in the Río de La Plata*. <https://go.nasa.gov/3Dzy5AC>

NASA Earth Observatory (2014) *Why is that Forest Red and that Cloud Blue? How to Interpret a False-Color Satellite Image*. <https://go.nasa.gov/3Hfov75>

NASA Earth Observatory (2018) *Melting Beauty: The Icefields of Patagonia*. <https://go.nasa.gov/3EsBfaL>

NASA Earth Observatory (2019) *Is HPS-12 the Fastest Thinning Glacier?* <https://go.nasa.gov/3ejpdWq>

NASA EarthData (2023) *Data Pathfinders*. <https://go.nasa.gov/3HFmnGW>

NASA Science (2023) *Tour of the Electromagnetic Spectrum*. <https://science.nasa.gov/ems/>

NASA, Science Mission Directorate. (2010). *Anatomy of an Electromagnetic Wave*. NASA Science website: http://science.nasa.gov/ems/02_anatomy

NASA, Science Mission Directorate. (2010). *Infrared Waves*. NASA Science website: http://science.nasa.gov/ems/07_infraredwaves

NASA, Science Mission Directorate. (2010). *Introduction to the Electromagnetic Spectrum*. NASA Science website: http://science.nasa.gov/ems/01_intro

NASA, Science Mission Directorate. (2010). *Reflected Near-Infrared Waves*. NASA Science website: http://science.nasa.gov/ems/08_nearinfraredwaves

NASA, Science Mission Directorate. (2010). *Reflected Near-Infrared Waves*. NASA Science website: http://science.nasa.gov/ems/08_nearinfraredwaves

NASA, Science Mission Directorate. (2010). *The Earth's Radiation Budget*. NASA Science website: http://science.nasa.gov/ems/13_radiationbudget

NASA, Science Mission Directorate. (2010). *Ultraviolet Waves*. NASA Science website: http://science.nasa.gov/ems/10_ultravioletwaves



NASA, Science Mission Directorate. (2010). *Visible Light*. NASA Science website: http://science.nasa.gov/ems/09_visiblelight

NASA, Science Mission Directorate. (2010). *Visualizations: From Energy to Image*. NASA Science website: http://science.nasa.gov/ems/04_energytoimage

NASA, Science Mission Directorate. (2010). *Wave Behaviors*. NASA Science website: http://science.nasa.gov/ems/03_behaviors

NASA. Earth Data. (2023) *What is Remote Sensing?* <https://www.earthdata.nasa.gov/learn/backgrounders/remote-sensing>

Odenwald, S. (2012) *Remote Sensing Math*. NASA Goddard Spaceflight Center. https://www.nasa.gov/pdf/637834main_Remote_Sensing_Math.pdf

Odenwald, S. (2015) *Earth Math*. Space Math. NASA Goddard Spaceflight Center. https://www.nasa.gov/sites/default/files/files/Earth_Math_2015.pdf

Palacios, S. (2020) *Fundamentals of Aquatic Remote Sensing*. NASA Applied Remote Sensing Training Program (ARSET). <https://go.nasa.gov/3RkRUBe>

Pelto, M. (2017) *HPS-12, Chile Spectacular 13 km retreat 1985-2017*. AGU Blogosphere. <https://bit.ly/3YkpJVk>

Schoolmeester, T., Johansen, K.S., Alfthan, B., Baker, E., Hesping, M. y Verbist, K. (2018). *Atlas de Glaciares y Aguas Andinos. El impacto del retroceso de los glaciares sobre los recursos hídricos*. UNESCO y GRID-Arendal. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000266209>

The GLOBE Program (2022) *GLOBE Protocol Bundles*. <https://www.globe.gov/es/web/earth-systems/>

The IDB Project (2023) *List of available Indices*. Index DataBase. A database for remote sensing indices. <https://www.indexdatabase.de/db/i.php?&order=-rcount>

WGMS (2021). *Global Glacier Change Bulletin No. 4 (2018–2019)*. Zemp, M., Nussbaumer, S.U., Gärtner-Roer, I., Bannwart, J., Paul, F., and Hoelzle, M. (eds.), ISC(WDS)/IUGG(IACS)/UNEP/UNESCO/WMO, World Glacier Monitoring Service, Zurich, Switzerland. https://wgms.ch/downloads/WGMS_GGCB_04.pdf