



Educación en la identificación y clasificación de ríos temporales para luchar contra el cambio climático

Materiales de formación



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union





Agradecimiento

Esta publicación ha recibido financiación de la Comisión Europea en virtud del acuerdo de subvención número 2022-1-IT02-KA220-HED-000086223, proyecto de asociación de cooperación Erasmus+ *RIVERTEMP: Educación en categorización e identificación de ríos temporales para luchar contra el cambio climático*.

Descargo de responsabilidad

El apoyo de la Comisión Europea a la elaboración de esta publicación no constituye una aprobación de su contenido, que refleja únicamente las opiniones de los autores, y la Comisión no se hace responsable del uso que pueda hacerse de la información aquí difundida.

Aviso de derechos de autor



Esta obra está bajo la **licencia** Creative Commons **Reconocimiento-No comercial 4.0 Internacional**. Usted es libre de copiar, compartir, adaptar y utilizar el material con fines no comerciales, si cumple las siguientes condiciones:

- **Atribución:** Debe dar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que Right to Remain le respalda a usted o a su uso.
- **No comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales.

MÓDULO 1: Introducción a los ríos temporales e intermitencia de flujo

rivertemp

 Co-funded by
the European Union



Este módulo te introducirá a los ríos temporales. Junto con las definiciones comprenderás los conceptos básicos de la intermitencia de ríos, difusión de ríos temporales y la variabilidad espacio-temporal. Comenzarás a descubrir cómo clasificar ríos basándote en la intermitencia del flujo y finalmente comprender los retos que estos ríos representan para la hidrología.

¡COMENCEMOS!

1. OBJETIVOS. RESULTADOS DE APRENDIZAJE. INTRODUCCIÓN

 Objetivos y resultados de aprendizaje

 Introducción

2. DEFINICIÓN DE RÍO TEMPORAL, PREVALENCIA Y CLASIFICACIONES PROPUESTAS

 Definición de Río Temporal

 Prevalencia global de los ríos temporales

 Clasificación de los ríos temporales (TRs) basada en la intermitencia del flujo

3. IMPORTANCIA DE LOS RÍOS TEMPORALES (TRS) PARA LA SOCIEDAD Y METODOLOGÍAS DE MONITOREO

 Cómo monitorear la presencia de agua y las condiciones hidrológicas

4. REFERENCIAS

 Referencias

5. PON A PRUEBA TUS CONOCIMIENTOS BÁSICOS SOBRE RÍOS TEMPORALES (TRS)

 Test

6. CIERRE

 Cierre

Objetivos y resultados de aprendizaje



Los **4 Objetivos y Resultados de aprendizaje** del módulo 1 son los siguientes:



Haz clic en los botones para ver la información.

1



2

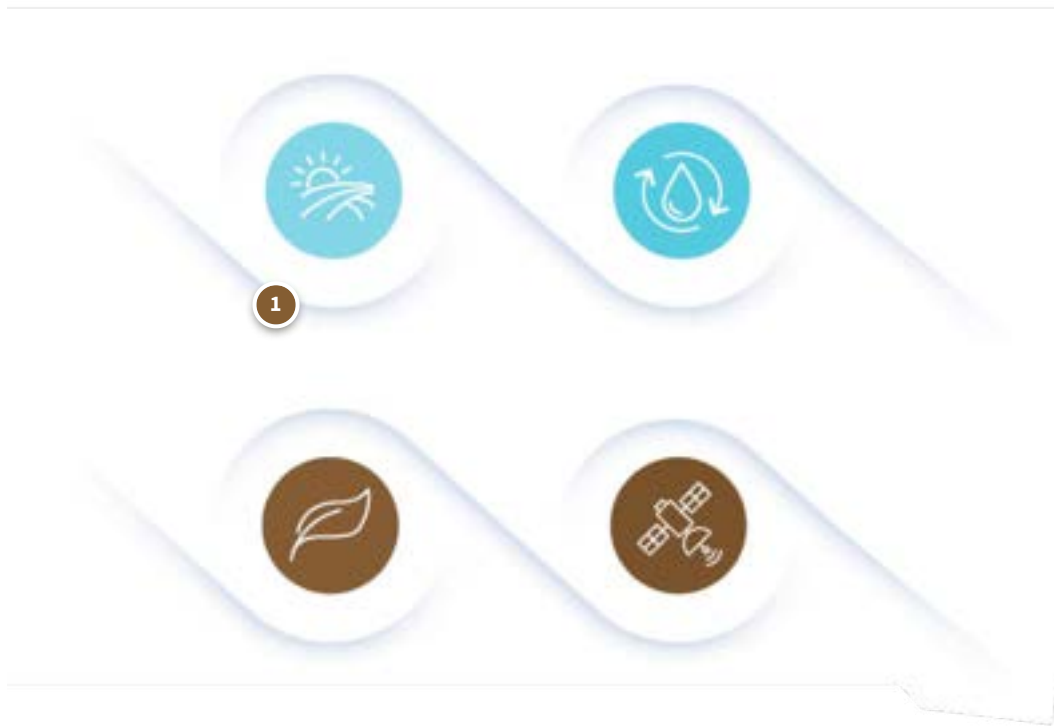


3



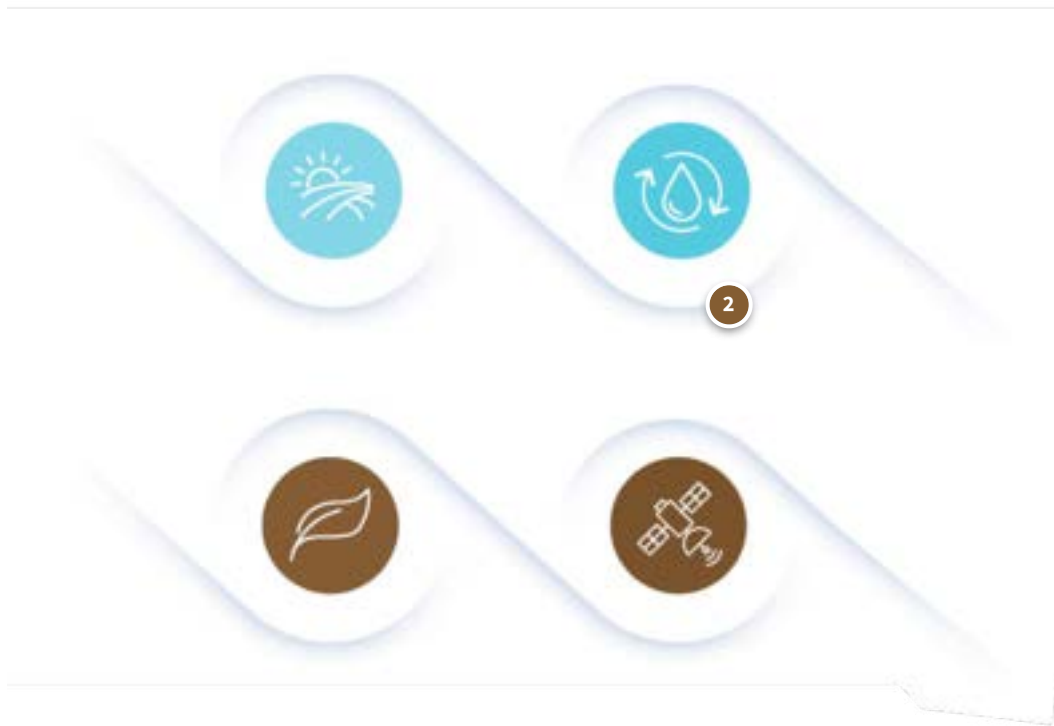
4





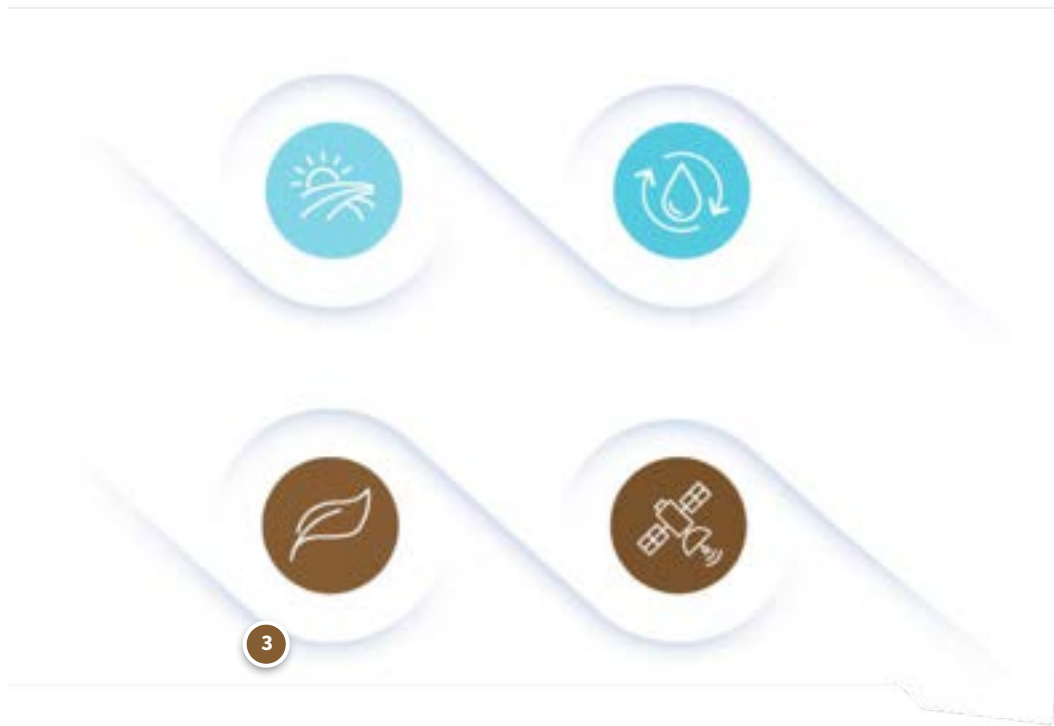
1

Redefinición del **concepto de río**, incluyendo los principios básicos de la intermitencia del flujo.



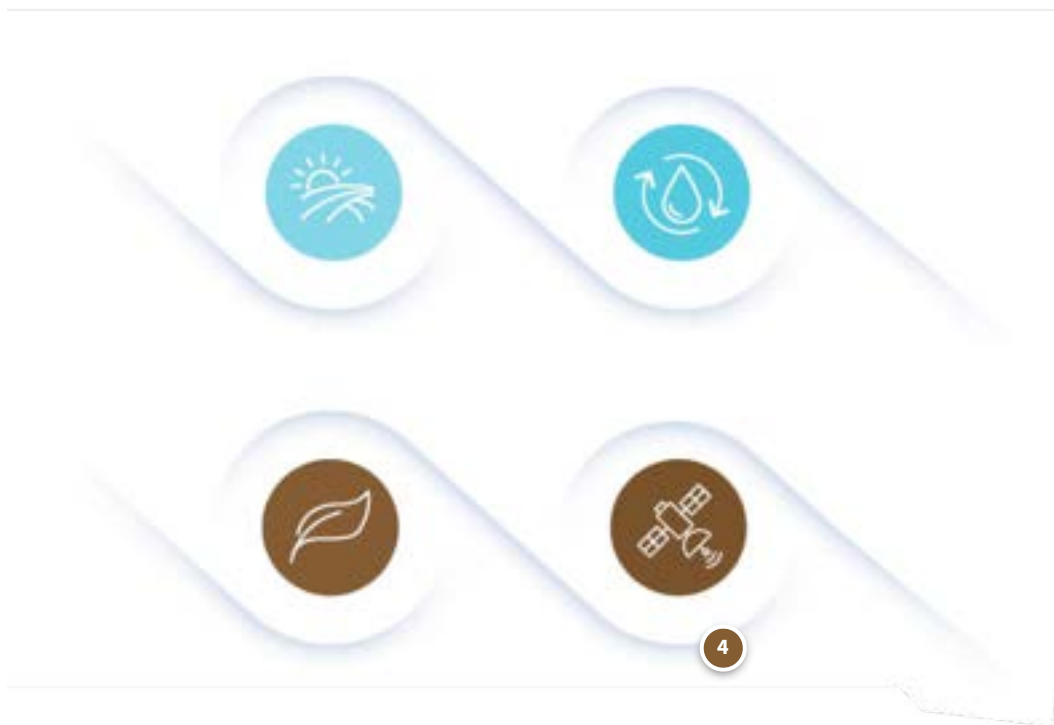
2

Prevalencia y variabilidad espacio-temporal de los ríos temporales (**TRs**).



3

Reconocimiento y clasificación de las **condiciones hidrológicas de los ríos temporales.**



4

Introducción a las **imágenes satélite** como instrumento de monitoreo.

CONTINUAR

Introducción

¿Qué sabes sobre **los ríos temporales?**



Antes de comenzar, el siguiente cuestionario te introducirá en los temas del curso mediante cinco

Presta atención, puede que empieces a cuestionar tus

sencillas preguntas de opción múltiple.

conocimientos básicos sobre los ríos.

CONTINUAR



Haz clic en la imagen para ampliarla.

Observa atentamente la siguiente imagen.

¿En qué fotos reconoces un río?



Selecciona las opciones que consideres correctas:

(posibilidad de múltiple respuesta)

☐ Foto 1

☐ Foto 2

☐ Foto 3

☐ Foto 4

☐ Foto 5

☐ Foto 6

SUBMIT

SIGUIENTE PREGUNTA



Selecciona las opciones que consideres correctas:

¿En qué zona climática están presentes los TRs (ríos temporales)?

- ☐ Todos los climas
- ☐ Clima Tropical
- ☐ Clima Templado
- ☐ Clima Continental
- ☐ Clima Polar

SUBMIT

SIGUIENTE PREGUNTA



Selecciona las opciones que consideres correctas:

Recientes estudios hidrológicos estiman que los ríos temporales representan...

- ☐ del 5% al 15 % de la red fluvial global
- ☐ del 20% al 30% de la red fluvial global
- ☐ del 30% al 45 % de la red fluvial global
- ☐ del 50% al 60 % de la red fluvial global

SUBMIT

SIGUIENTE PREGUNTA



Selecciona las opciones que consideres correctas:

Las intermitencias de un río temporal resultan en una menor calidad del ecosistema fluvial y en servicios ecosistémicos deficientes que este puede ofrecer.

☐ Verdadero

☐ Falso

SUBMIT

SIGUIENTE PREGUNTA



Selecciona las opciones que consideres correctas:

El desafío de la nueva generación de gestores del agua es transformar todos los ríos temporales en condiciones perennes.

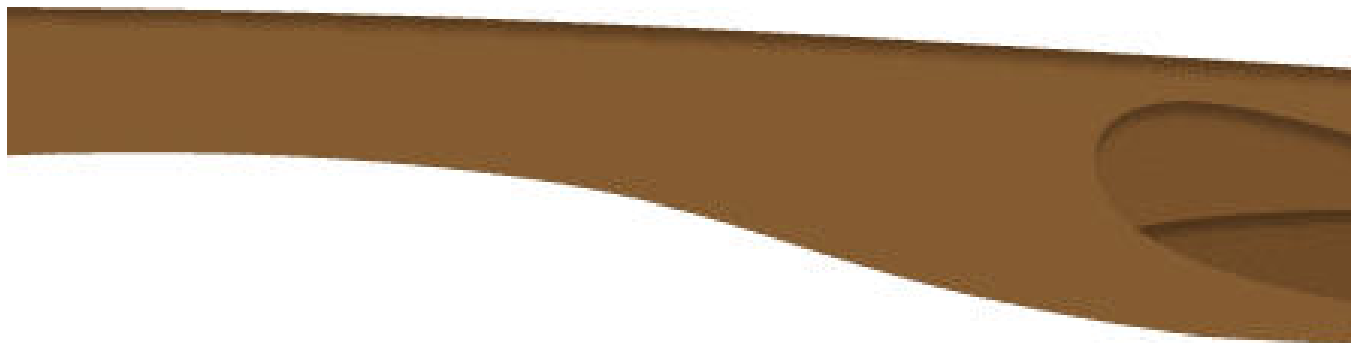
☐ Verdadero

☐

Falso

SUBMIT

CONTINUAR





El módulo se divide en dos partes:

1. Definición de ríos temporales, prevalencia y clasificaciones propuestas.
2. Importancia de los ríos temporales para la sociedad y metodologías de monitoreo.

CONTINUAR

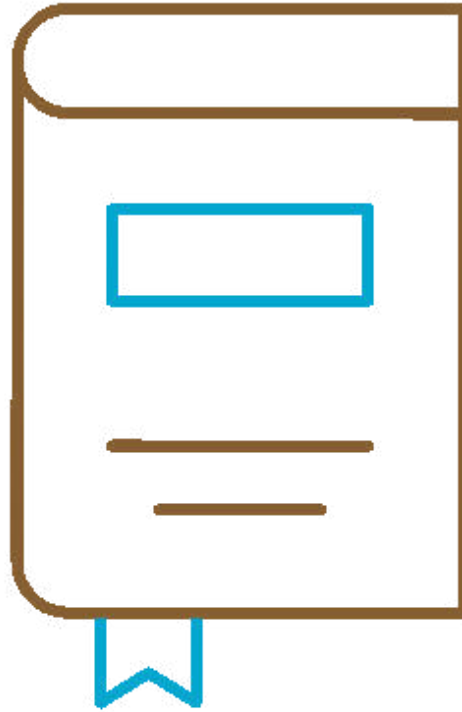
Definición de Río Temporal



—

RIVERTEMP

DEFINICIÓN DE RÍO TEMPORAL, PREVALENCIA Y CLASIFICACIONES
PROPUESTAS



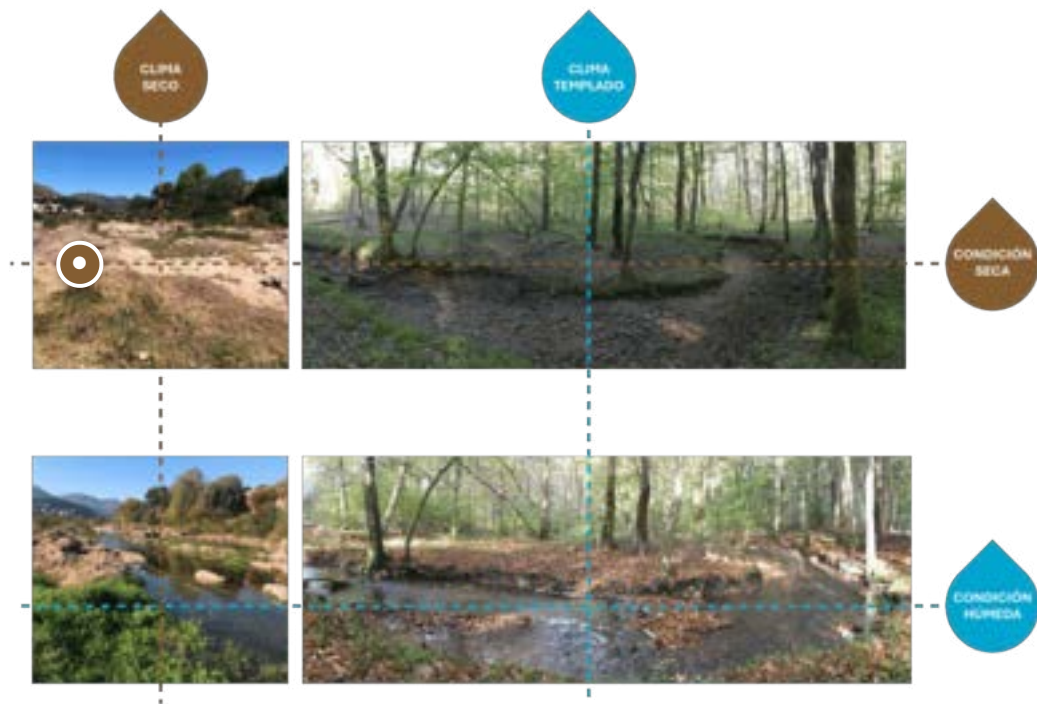
Definición:

Los Ríos Temporales (**TRs**), o ríos no perennes, son cursos de agua ubicuos caracterizados por la presencia de **períodos sin flujo**, representados por cauces secos o la presencia discontinua de agua durante algunos períodos del año.

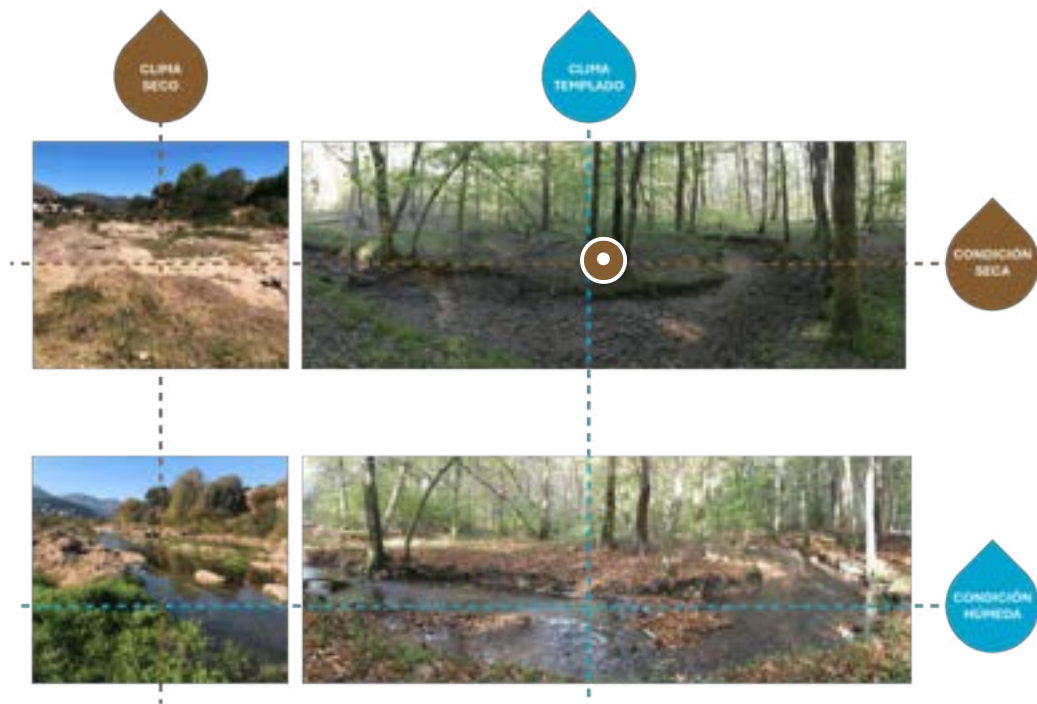


Haz clic en los botones para ver la información.

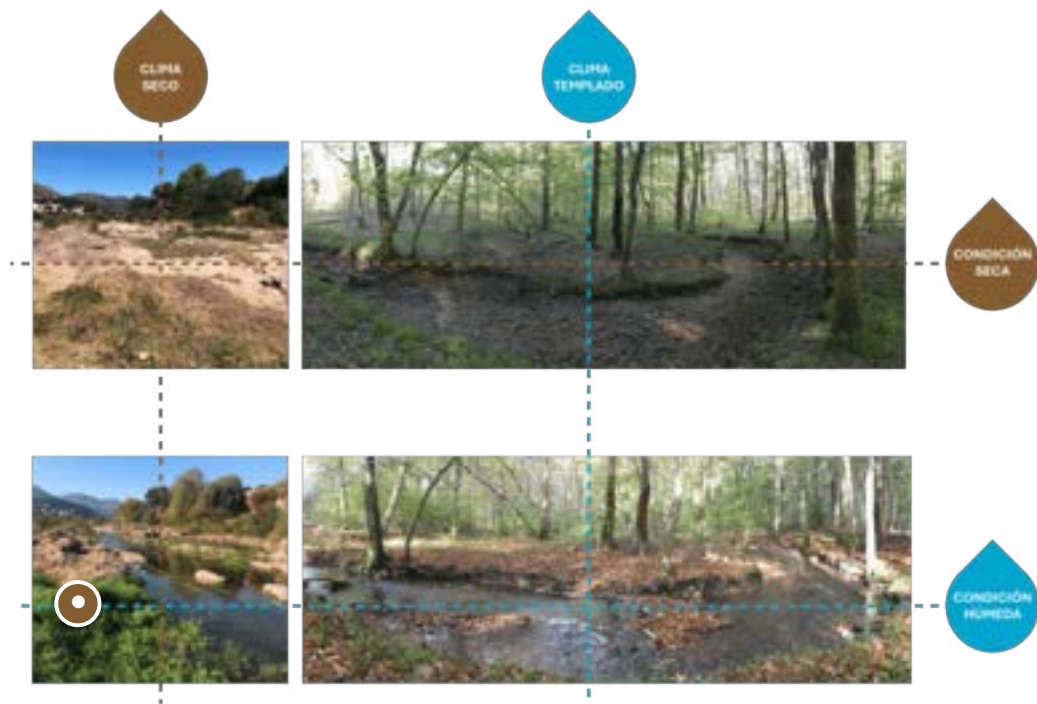




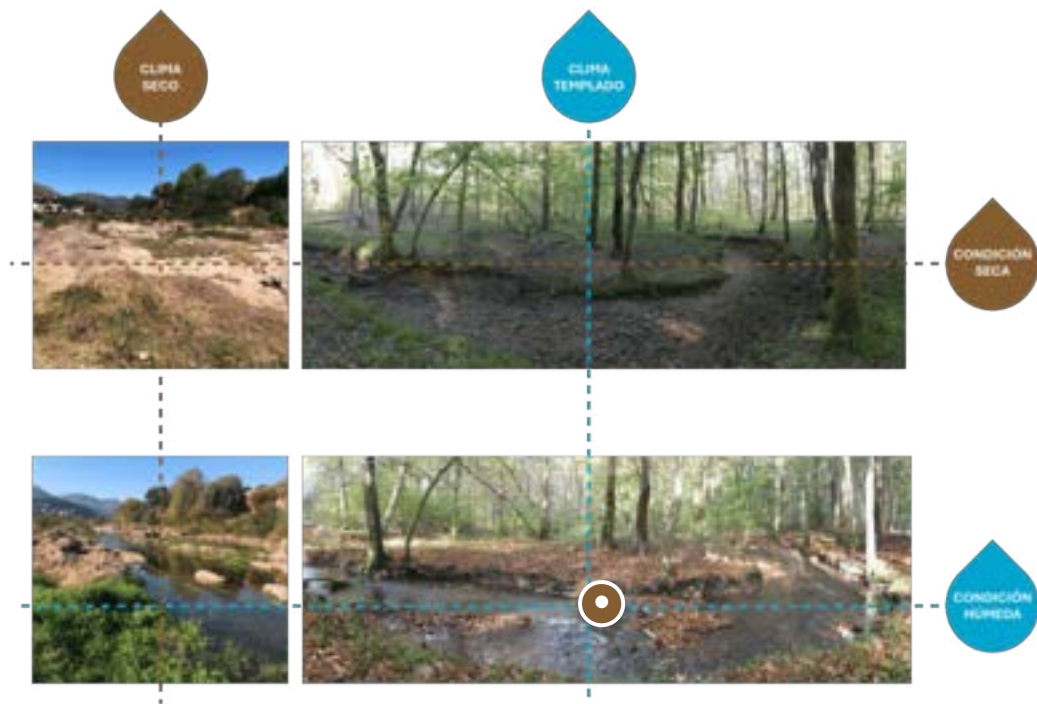
(Haz clic para ampliar)



(Haz clic para ampliar)



(Haz clic para ampliar)



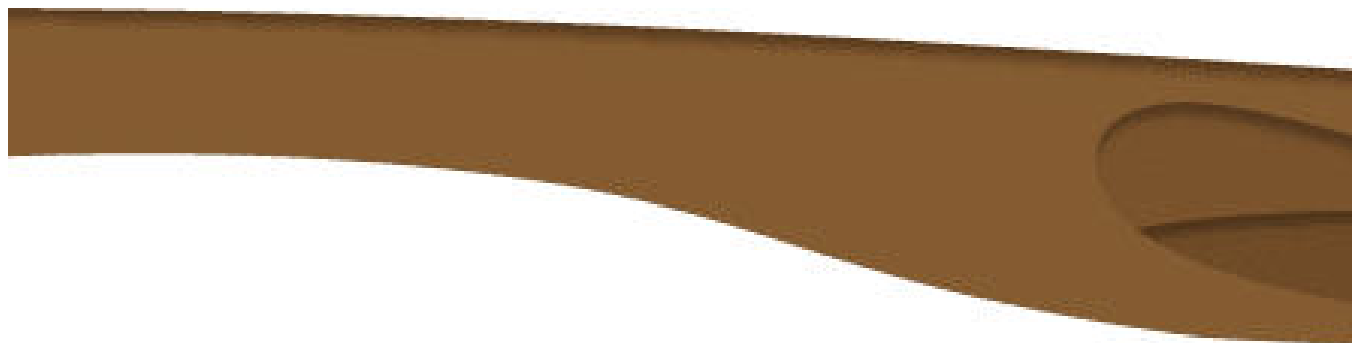
(Haz clic para ampliar)

Ríos temporales en sus condiciones seca y húmeda. Para clima seco: Río Palancia, Comunidad Valenciana, España (créditos de la foto: Isabelle Brichetto). Para clima templado: Río Clauge, Jura, Francia (Datry et al., 2017).





Datry, T., Singer, G., Sauquet, E., Capdevilla, D. J., Von Schiller, D., Subbington, R., ... & Zoppini, A. (2017). Science and management of intermittent rivers and ephemeral streams (SMIRES). Research Ideas and Outcomes, 3, 23 pp.



¿Qué significa?



Esto significa que **los TRs** son ríos que experimentan la ausencia de flujo de agua (cese del caudal) en el cauce **al menos un día al año..**

Esta definición incluye una **amplia gama de intermitencias:**

1

Cursos de agua cuasi perennes.

2

Ríos con presencia episódica de agua.

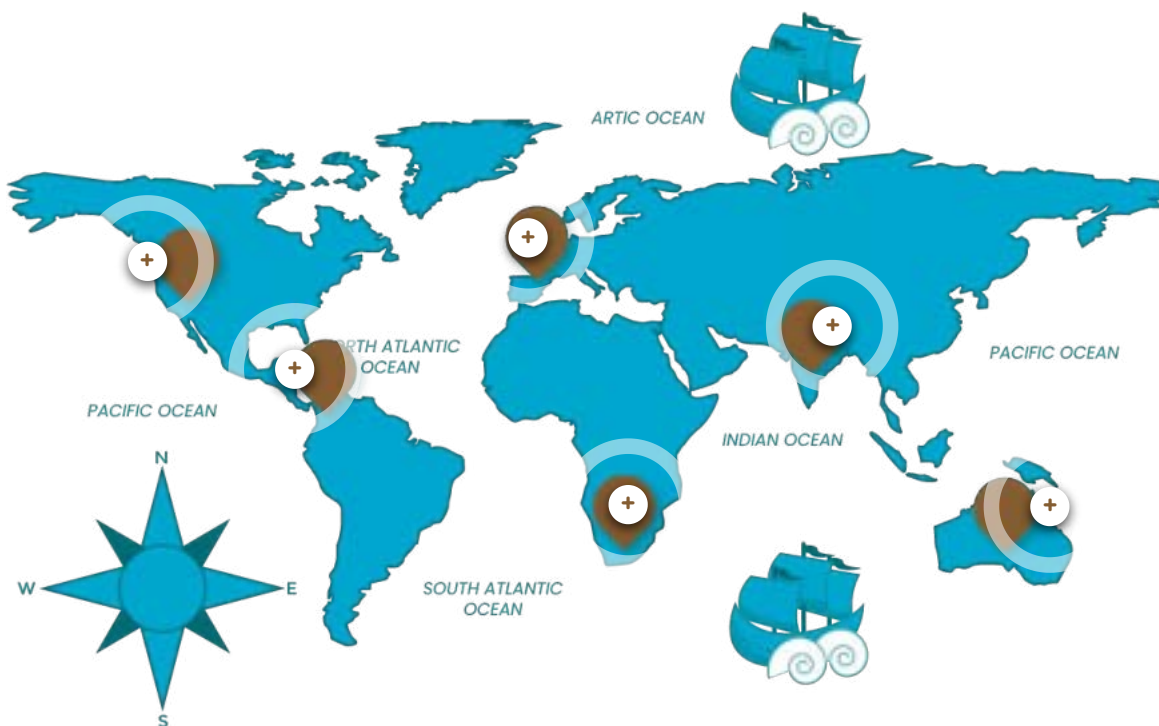
3

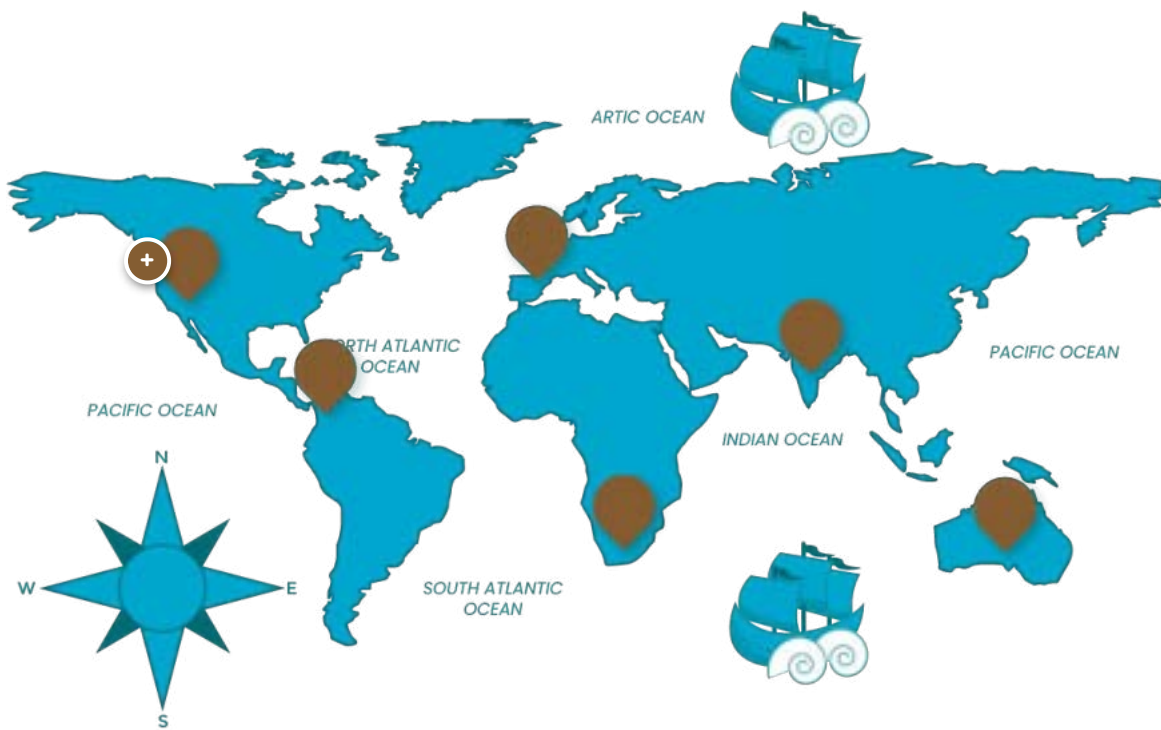
Cursos de agua estancada en los que el agua suele encontrarse únicamente en charcas o humedales.

Históricamente, los ríos temporales (TRs) se han **asociado con regiones de clima semiárido o árido**, donde las condiciones climáticas, hidrológicas o geomorfológicas contribuyen al secado de los ríos. Sin embargo, el fenómeno de secado de los ríos está ocurriendo **en todas las zonas climáticas del mundo**.



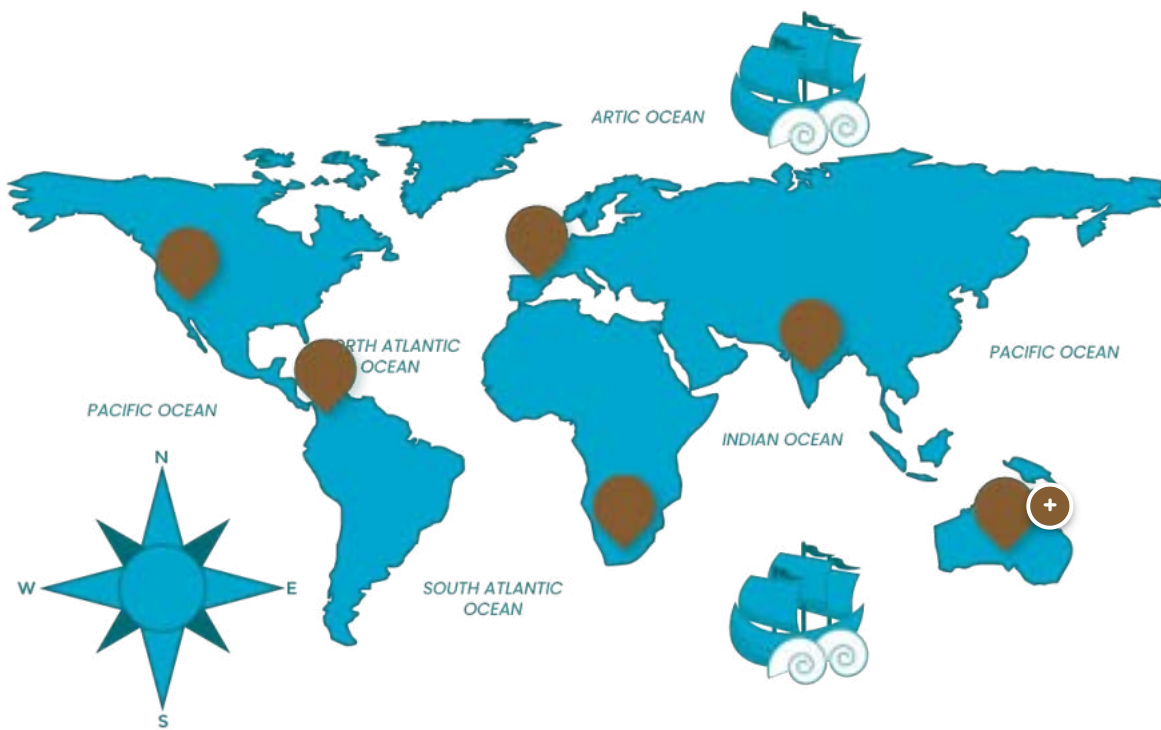
Haz clic en los botones para ver la información.





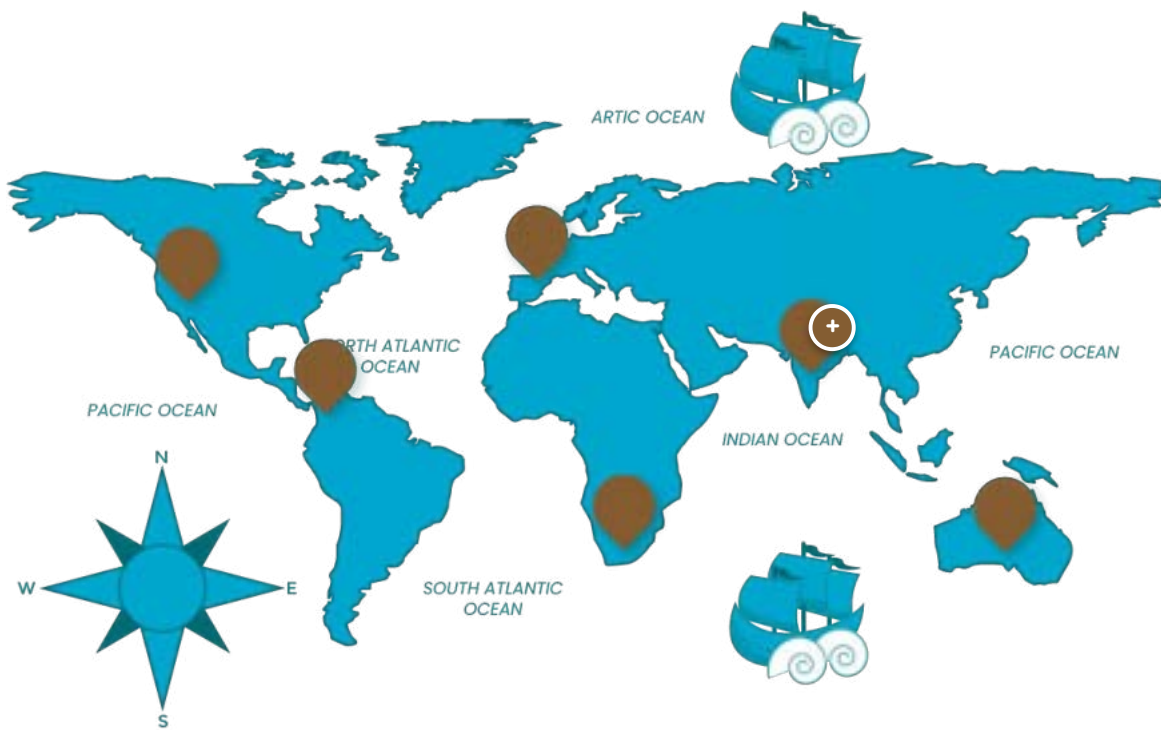
California (EE.UU.)





Australia





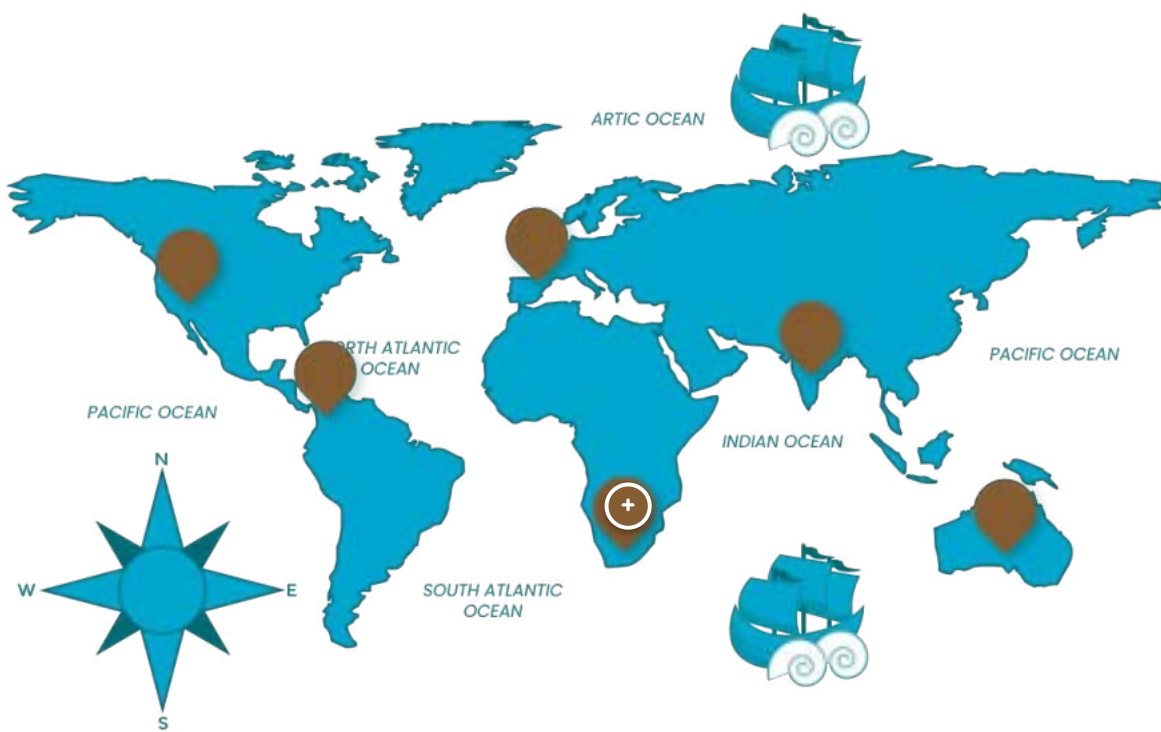
India





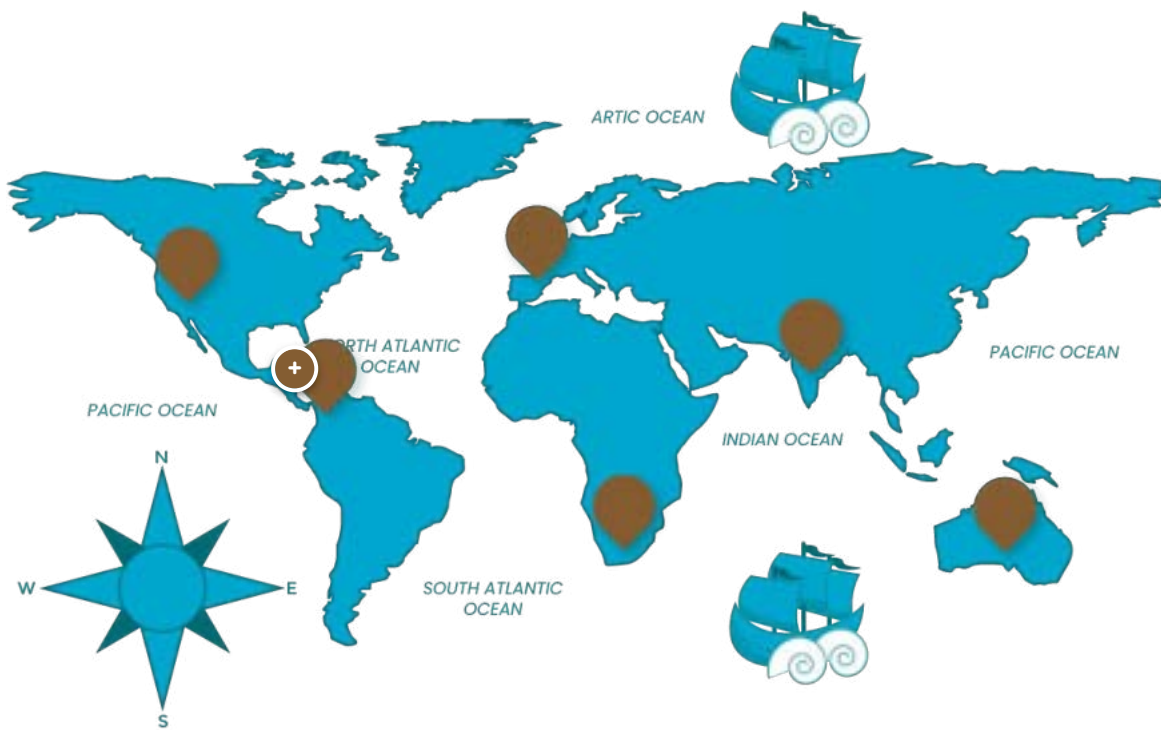
Europa





Sudáfrica



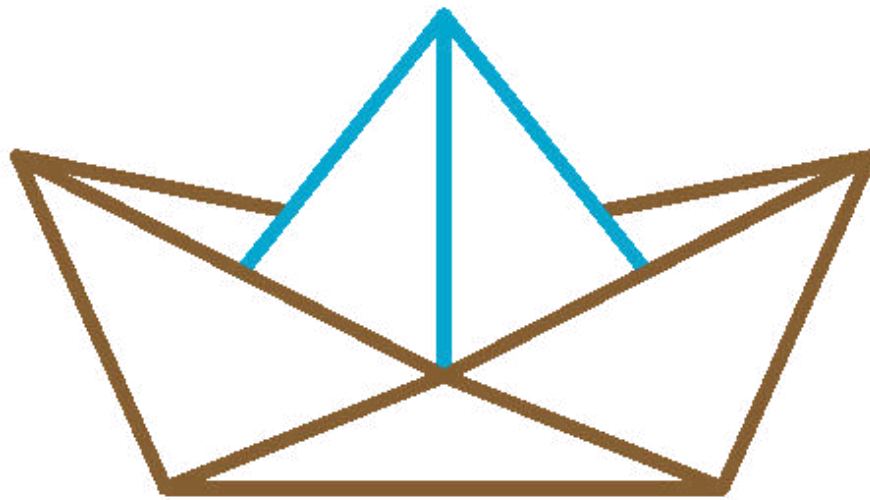


Colombia



Ejemplos de ríos temporales distribuidos por todo el mundo.

CONTINUAR



Alta variabilidad

Los TRs se caracterizan por una gran variabilidad tanto espacial como temporal, experimentando períodos secos y húmedos con heterogeneidades a lo largo de los tramos del río.

¿Sabías que...?



Son comunes y ubicuos, representando **más del 50% de la red fluvial global.**

Debido a la combinación y sucesión continua de ecosistemas terrestres y acuáticos, **la biodiversidad de los ríos temporales (TRs) puede ser extremadamente alta.**

Estos cursos de agua proporcionan una variedad de beneficios y servicios ecosistémicos a nuestra sociedad, tales como:

- 1 La provisión de agua y materiales de madera.
- 2 La provisión de hábitats acuáticos y terrestres.
- 3 La regulación de los ciclos biogeoquímicos del nitrógeno, fósforo y carbono.
- 4 La provisión de corredores ecológicos para animales salvajes y domesticados.



Además de la provisión de los servicios ecosistémicos mencionados, **los procesos de secado y rehumedecimiento de los ríos** influyen en:



La
biodiversida
d



El
funcionamie
nto del
ecosistema

Sin embargo, debido a percepciones negativas y al haber sido históricamente pasados por alto por los hidrólogos, **los ríos temporales (TRs) están deteriorándose a un ritmo alarmante**, con

dificultades para ser reconocidos en la legislación como un **grupo de ríos con características y necesidades específicas.**



En los últimos años, sin una taxonomía oficial y universal, la literatura científica ha diferenciado epítetos para referirse a los ríos temporales (TRs) y a la intermitencia del flujo:



- 1 Episódico
- 2 Árido
- 3 Discontinuo
- 4 Seco
- 5 Efímero
- 6 Intermitente
- 7 Interrumpido
- 8 Irregular
- 9 No permanente
- 10 Estacional



En este curso, decidimos usar "**Temporal**", ya que ha sido ampliamente utilizado en las legislaciones europeas, aunque también "No perenne" o "Seco" son términos comúnmente utilizados.

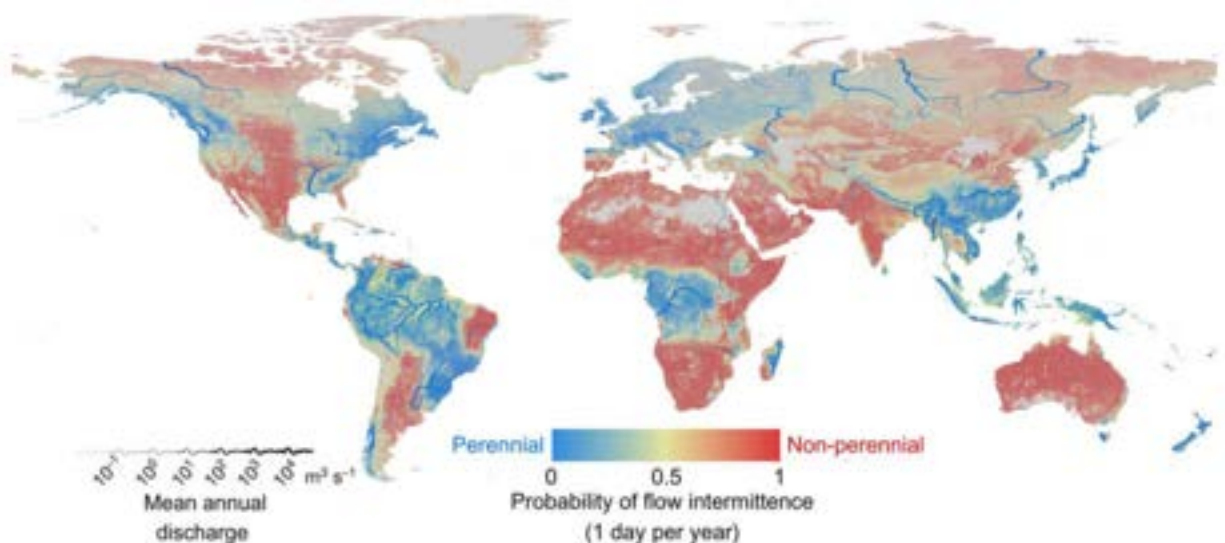
CONTINUAR

Prevalencia global de los ríos temporales

Los recientes análisis hidrológicos de Messenger et al. (2021), que intentaron cuantificar la presencia global de ríos no perennes en todo el mundo, concluyen que la condición de intermitencia del flujo es la norma en la Tierra y no la excepción, definiendo la intermitencia del río como el cese del flujo durante al menos un día al año, en promedio.



Haz clic en la imagen para ampliarla.



Distribución global de los ríos temporales. La intermitencia se define como el cese del flujo durante al menos un día al año, en promedio (**Datos de Messenger et al., 2021**)



Messenger, M. L., Lehner, B., Cockburn, C., Lamouroux, N., Pella, H., Snelder, T., ... & Datry, T. (2021). Global prevalence of non-perennial rivers and streams. *Nature*, 594(7863), 391–397.

Veamos la variable **Caudal Anual Medio (MAF)**,
que se obtiene dividiendo la suma de todos los
caudales diarios individuales entre el número de
caudales diarios registrados durante el año:



MAF > 0,1

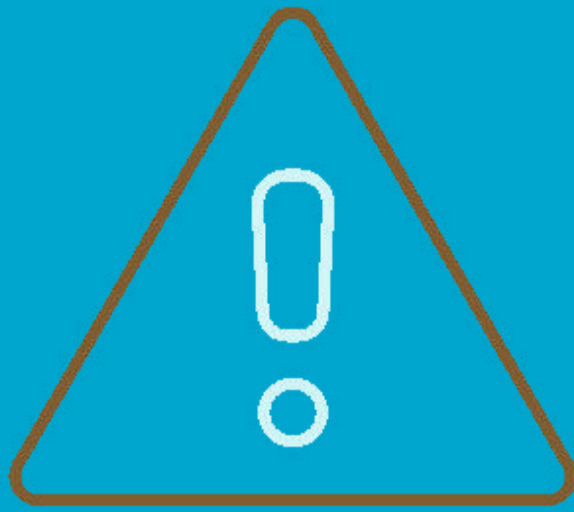
Si consideramos ríos con MAF > 0.1 m³/s, las estimaciones informan un porcentaje de ríos temporales (TRs) alrededor del **41%**,



MAF < 0,1

Pero si también se incluyen los ríos de bajo orden (con MAF inferior a 0.1 m³/s) incluido, el porcentaje asciende a más del **50%** con una estimación conservadora.





IMPORTANTE

Estos resultados plantean una **pregunta muy importante** para nuestra percepción general de los ríos, ya que **la condición más común es la intermitencia** o cese del flujo, mientras que **una condición de flujo perenne es menos común en la Tierra.**

¿Es la clasificación entre ríos perennes y ríos temporales fija?



Ten en cuenta que la separación entre ríos perennes y no perennes no es estable a lo largo del tiempo. Diferentes factores pueden influir en un cambio significativo de una condición a otra,

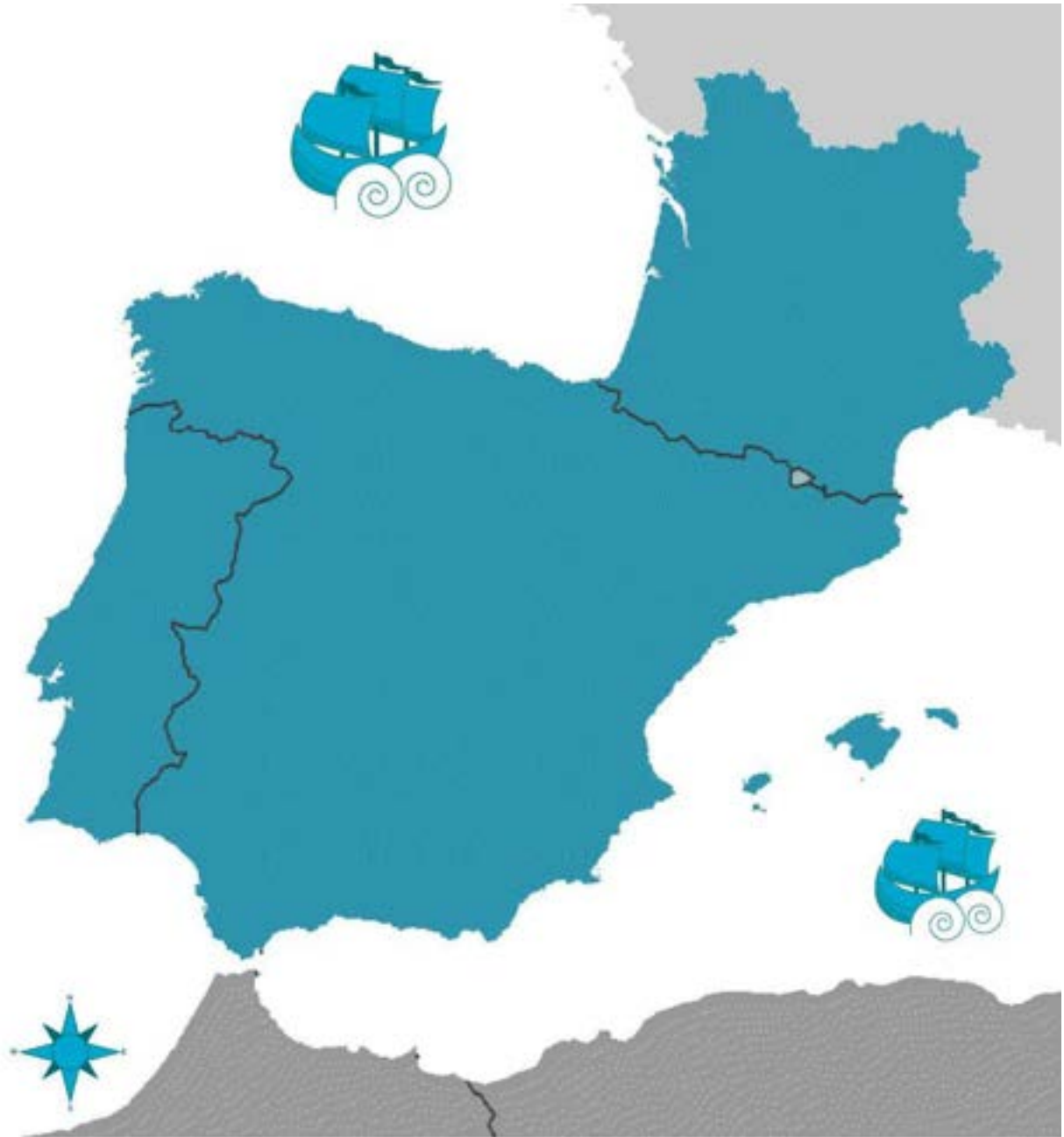
incrementando las intermitencias del flujo en varias partes del mundo. Estos factores son principalmente:

- 1 Clima local
- 2 Eventos de precipitación
- 3 Cambio climático
- 4 Presiones antropogénicas, como los cambios en las extracciones de agua.

(Acuña et al., 2017)



Acuña, V., Hunter, M., & Ruhí, A. (2017). Managing temporary streams and rivers as unique rather than second-class ecosystems. *Biological Conservation*, 211, 12–19.



Suroeste de Europa

En el suroeste de Europa, los cambios en el uso del suelo y el aumento de la demanda de agua para riego son los principales impulsores de la reducción del caudal de los ríos.

En los últimos 50 años, algunos de los ríos más grandes del mundo, como **el Nilo, el Amarillo, el Indo y el Colorado**, que históricamente fluían de manera continua, han comenzado a experimentar el cese del flujo y cauces secos en algunas porciones del río.

Esto ha generado una transición de vías fluviales permanentes a cursos de agua temporales. Además, el cambio climático, con un aumento de la evaporación y una disminución de las precipitaciones, afectará directamente el ciclo hidrológico, incrementando los eventos en los que el agua dejará de fluir.



Haz clic en la imagen para ampliarla.



Factores que impulsan la transición de regímenes de flujo perennes a temporales y de temporales a perennes:

CONTINUAR

Clasificación de los ríos temporales (TRs) basada en la intermitencia del flujo



Para conservar, proteger y gestionar **los ríos temporales (TRs)**, la capacidad de describir la frecuencia y duración de los períodos secos es un requisito **CRUCIAL**.

Intensidad de la intermitencia del flujo

La descripción de la intermitencia del flujo puede proporcionar información importante para entender cuándo y durante cuánto tiempo el agua superficial está presente en un río, así como para evaluar la presencia de hábitats acuáticos para animales y plantas.



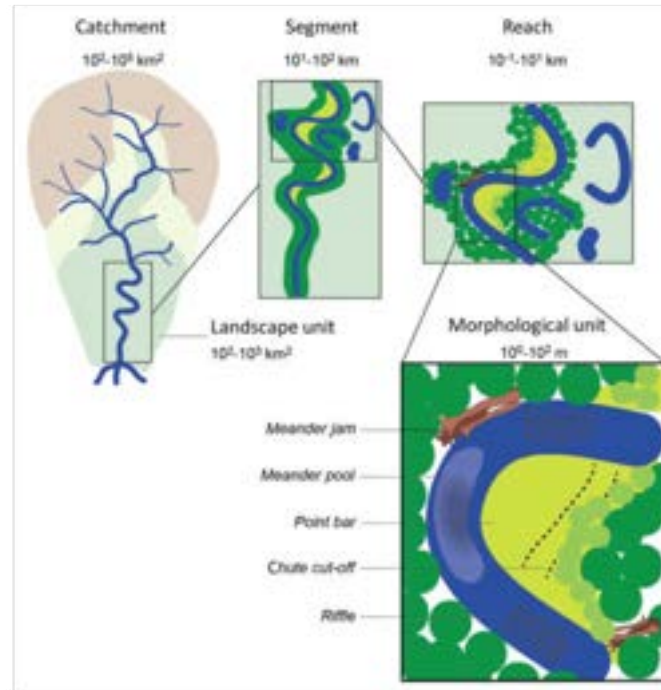
Escala a considerar

Al analizar los ríos temporales (TRs), la escala a considerar es típicamente la escala de tramo, siendo el tramo del río una porción del río a lo largo de la cual existen condiciones hidrológicas y morfológicas similares. Esta escala generalmente varía entre 0.1 y 10 km.





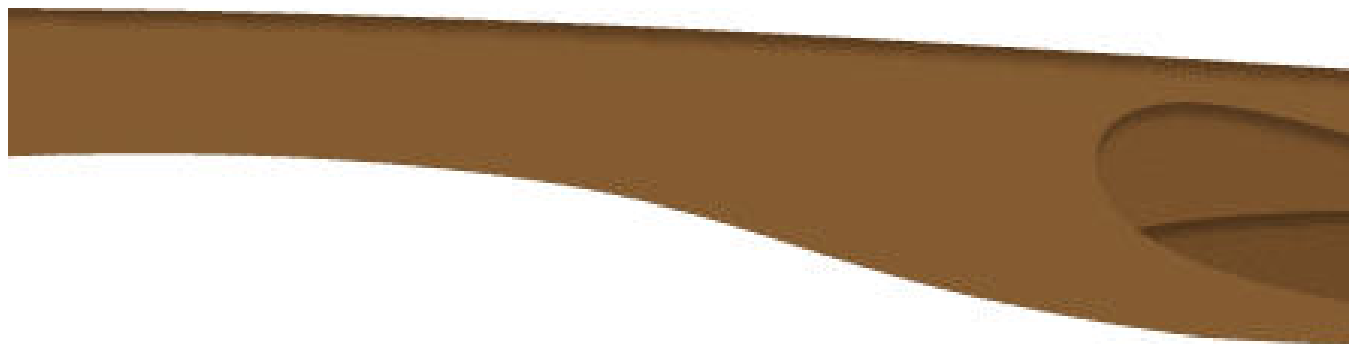
Haz clic en la imagen para ampliarla.



Estructura jerárquica de los sistemas fluviales, desde la cuenca hasta la unidad morfológica ([Rinaldi et al., 2016. Traducido.](#))



Rinaldi, M., Belletti, B., Comiti, F., Nardi, L., Mao, L., Bussetini, M. (2016): Sistema di rilevamento e classificazione delle Unità Morfologiche dei corsi d'acqua (SUM). Versione aggiornata 2016. ISPRA – Manuali e Linee Guida 132/2016. Roma, gennaio 2016.



¿Para qué se utiliza la **escala de tramo?**



La escala de tramo se selecciona para evaluar la frecuencia y duración de los períodos secos en ríos temporales.

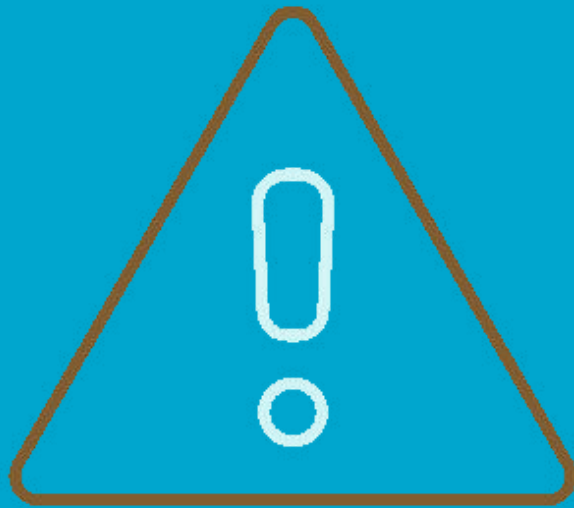
Desde un punto de vista geomorfológico, un tramo de río (con la misma morfología del canal y características hidrológicas) tiene una respuesta homogénea al cese del flujo.

Por lo tanto, la intermitencia del flujo debe definirse considerando esta escala espacial.



Sin embargo, la presencia de agua superficial no está determinada únicamente por las características morfológicas del río, ya que puede variar dependiendo de:

- 1 La conductividad hidráulica del sedimento del río.
- 2 La elevación local del nivel freático.
- 3 La tasa de evapotranspiración debido a la temperatura del aire y la radiación solar.



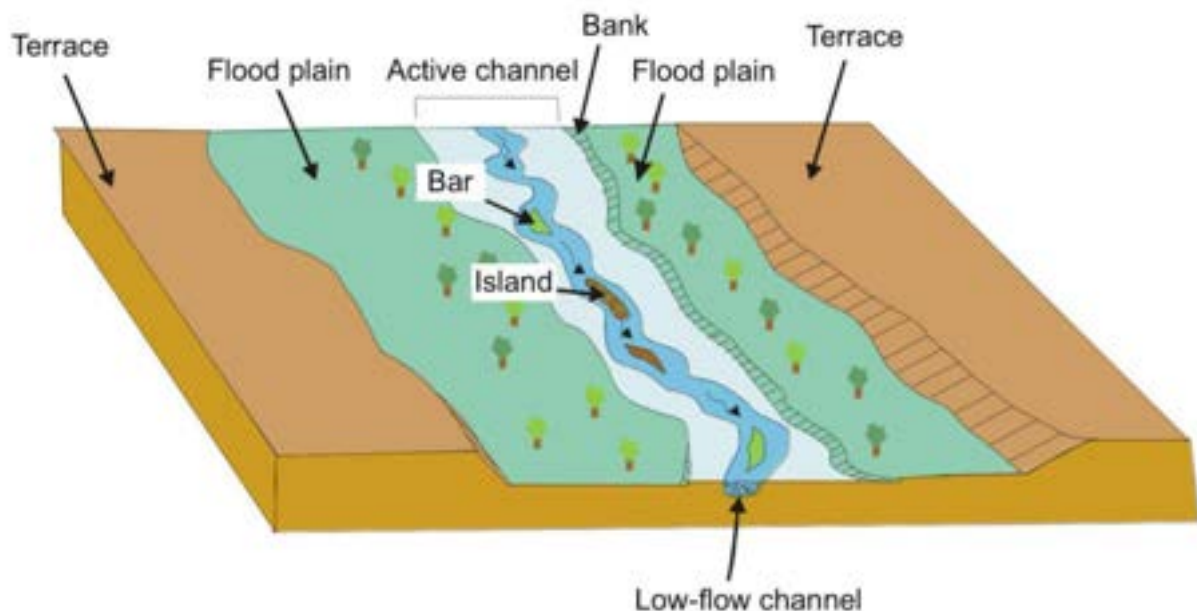
IMPORTANTE

Por lo tanto, sugerimos definir claramente **una escala espacial apropiada y describir el método utilizado** para la segmentación del río, antes de comenzar a clasificar las condiciones hidrológicas en los tramos de río seleccionados.

Es importante señalar que la clasificación de la condición hidrológica **debe estar relacionada con la presencia de agua dentro del canal activo**, es decir, la porción del corredor fluvial definida por un cambio en la pendiente de la ribera, que también suele coincidir con el límite de la vegetación permanente.



Haz clic en la imagen para ampliarla.



Componentes de la morfología fluvial. El canal activo puede definirse como la porción del corredor fluvial delimitada por las riberas del río y la vegetación permanente. En el canal activo, la dinámica morfológica es más efectiva y los sedimentos son transportados y depositados activamente ([Universidad de Nápoles. Traducido.](#))





Universidad de Nápoles. Traducido. <https://www.docenti.unina.it/webdocenti-be/allegati/materiale-didattico/397494>

CONTINUAR

Perspectiva hidrológica y ecológica.



Haz clic en el botón INICIAR> para ver la información y haz clic en las imágenes para ampliarlas.



Río Sciarapotamo, Salerno (IT) bajo las 3 condiciones hidrológicas: F) en flujo, P) encharcado, y D) seco.

Desde una perspectiva hidrológica y ecológica, uno de los enfoques más utilizados para estimar la frecuencia y duración de los períodos secos se basa en la distinción de tres condiciones hidrológicas diferentes.

Condición de flujo (F)



Flujo continuo visible de agua a lo largo del tramo de río analizado.

La condición de flujo es fácilmente detectable ya que hay un flujo superficial continuo en el canal del río.

Condición de encharcamiento (P)



Presencia de agua discontinuada; el agua superficial se encuentra en charcas, pozas o porciones aisladas del canal de bajo caudal.

La condición de encharcamiento es más ambigua, porque agrupa estados intermedios en los que el agua superficial está presente a lo largo del cauce del río, formando charcas aisladas, pozas o porciones sumergidas del canal de bajo caudal. Esta condición es típicamente estable cuando existe una conexión significativa con el agua subterránea o cuando los flujos hiporreicos conectan el lecho del río con el nivel freático.

Condición seca (D)



Ausencia de agua superficial, con cauce seco.

La condición seca implica la ausencia de agua superficial, lo que provoca un cauce seco, y generalmente se debe a la completa desconexión del río con el agua subterránea.

Referencias:

(Cavallo et al., 2022)

Cavallo, C., Papa, M. N., Negro, G., Gargiulo, M., Ruello, G., & Vezza, P. (2022). Exploiting Sentinel-2 dataset to assess flow intermittency in non-perennial rivers. *Scientific Reports*, 12(1), 21756.

Basado en la permanencia temporal de las tres condiciones hidrológicas **(F, P, D)**, se pueden identificar diferentes regímenes hidrológicos en **los Ríos Temporales (TRs)**.

Sin embargo, debido a la subjetividad inherente en la determinación de los **valores límite** entre las condiciones hidrológicas, un método universalmente aplicable sigue siendo esquivo.



Se han propuesto diferentes clasificaciones de la intermitencia del flujo de los ríos temporales (TRs) en la literatura científica, pero no existe una robustez estadística ni coordinación entre **los países de la UE**.

CONTINUAR

La Directiva Marco del Agua (DMA, Comisión Europea, 2000)

es el principal instrumento legal para proteger los ecosistemas fluviales en la Unión Europea, con el objetivo de alcanzar un Buen Estado Ecológico en todos los cuerpos de agua. Establece que, para evaluar el estado ecológico, deben definirse previamente las condiciones de referencia para cada tipo de cuerpo de agua.



Water supports life. It is a crucial resource for humanity, generating and sustaining economic and social prosperity. It is also at the core of natural ecosystems and climate regulation.

The EU Water Framework Directive (WFD), adopted in 2000, takes a pioneering approach to protecting water based on natural geographical formations: river basins. It sets out a precise timetable, with 2015 as the deadline for getting all European waters into good condition.

Europe's water is under pressure. Economic activities, population growth and urbanisation are increasing pressures on freshwater throughout Europe.

Unless stronger action is taken, 47% of EU surface waters will not have good ecological status by 2015.

About 25% of groundwaters have poor chemical status due to human activities. The chemical status of 40% of surface waters is unknown, showing that monitoring is inadequate in many Member States.

The 2012 Blueprint to Safeguard Europe's Water Resources identifies obstacles to better water management, offers concrete solutions and sets the EU's water policy agenda for years to come.

The WFD is complemented by other, more specific, EU laws:

- The Environmental Quality Standards Directive (2008)
- The Marine Strategy Framework Directive (2008)
- The Floods Directive (2007)
- The Groundwater Directive (2006)
- The Bathing Water Directive (2006)
- The Drinking Water Directive (1998)
- The Urban Wastewater Directive (1991)
- The Nitrates Directive (1991)

Existen importantes limitaciones para la implementación de **la Directiva**, comenzando desde la definición de **las condiciones de referencia**.

Por lo tanto, es necesario **monitorear y modelar las intermitencias del flujo**, recuperando la **frecuencia, duración y estacionalidad** de cada condición hidrológica.



Solo algunos países de la región mediterránea han introducido clasificaciones específicas para los ríos temporales (TRs).



Haz clic en las tarjetas para voltearlas.



**Italia, con “D.M.
131/2008” of Ministero
dell'Ambiente e della
Tutela del Territorio e
del Mare – MATTM,
2008.**

Reference: MATTM (2008) Ministero



**España, con la “ORDEN
ARM/2656/2008” de
Instrucción de
Planificación
Hidrológica – IPH, 2008.**

*Reference: IPH. (2008). Orden
ARM/2656/2008, de 10 de septiembre,
por la que se aprueba la instrucción de*



Estos dos países desarrollaron legislaciones nacionales para la clasificación de los ríos temporales.



Haz clic en los botones para ver la información.

Umbral utilizado para distinguir categorías temporales de ríos





Umbrales

Por ejemplo,:

el número promedio de días o meses sin flujo en un año.



Categorías de ríos no perennes

Categorías temporales, intermitentes, efímeras y episódicas.

Paralelamente a las legislaciones nacionales, distintos proyectos de investigación europeos han trabajado en la clasificación de los ríos temporales basándose en la intermitencia del flujo. Ejemplos de estos proyectos de investigación son:



Haz clic en los botones para ver la información.

MIRAGE —

Implementado por la Comisión Europea, MIRAGE propuso una metodología para integrar aspectos hidrológicos, ecológicos y físico-químicos para la implementación de la Directiva Marco del Agua (DMA) en los arroyos temporales mediterráneos.

(<https://cordis.europa.eu/project/id/211732>).



LIFE + TRivers —

LIFE+TRivers proporcionó un software (TREHS) para evaluar los regímenes de los ríos temporales como un primer paso para su evaluación del estado ecológico.

(<http://www.lifetrivers.eu/>).



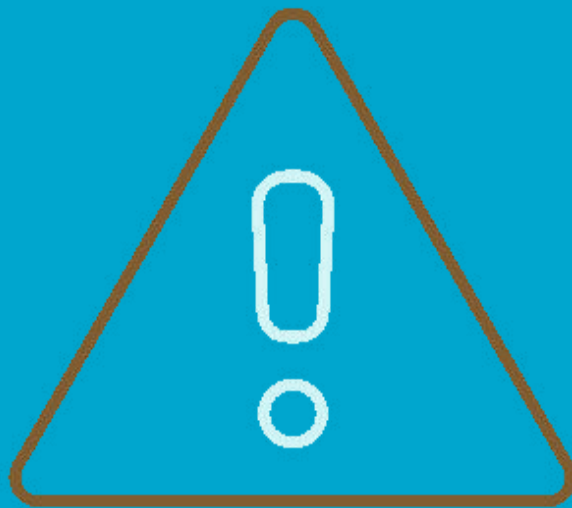
SMIRES —

SMIRES estableció una red multidisciplinaria de científicos y expertos de 32 países para consolidar y expandir el conocimiento sobre los ríos temporales (TRs) y traducirlo en una gestión sostenible basada en la ciencia. (<https://www.smires.eu/>).



Estos proyectos de investigación han proporcionado recientemente nuevos conocimientos para entender el funcionamiento eco-hidrológico de los ecosistemas de agua dulce de los ríos temporales (TRs). Sin embargo, existen dificultades para establecer tipologías generales de ríos temporales (o hidrotipos), y actualmente se necesita una cooperación más intensa entre los Estados miembros de la Unión Europea.

([Comisión Europea, 2022](#)).



IMPORTANTE

Dentro de las clasificaciones existentes, en este curso proponemos utilizar la publicada por el **Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico de España** (Guía MITERD, 2021), ya que se basa en la ocurrencia temporal de las condiciones hidrológicas de los ríos temporales (TRs).

CONTINUAR

Guía MITERD, 2021

(Ministerio para la Transición Ecológica y el
Reto Demográfico)



Haz clic en los botones para ver la información.



guia-para-evaluacion-del-estado-aguas-superficiales-y-subterraneas_tcm30-514230.pdf

9.4 MB



Haz clic en la imagen para ampliarla.

La clasificación española distingue **las categorías de ríos temporales (TRs)** basándose en **tres métricas (M)** relacionadas con:

Management Temporary River Categories (MTRCs)	% Flow Permanence (Mf)	% Pool Permanence (Mp)	% Dry Permanence (Md)
Perennial or Quasi-perennial	$99 < Mf \leq 100$	$0 \leq Mp < 1$	$0 \leq Md < 1$
	$82 < Mf \leq 99$	$0 \leq Mp \leq 18$	$0 \leq Md \leq 18$
Intermittent-fluent	$27 < Mf \leq 82$	$0 \leq Mp \leq 73$	$0 \leq Md \leq 73$
Intermittent-stagnant	$0 < Mf \leq 27$	$40 \leq Mp \leq 100$	$0 \leq Md \leq 60$
Ephemeral	$0 < Mf \leq 27$	$0 \leq Mp \leq 40$	$33 \leq Md \leq 100$

([haz clic en la imagen para ampliarla](#))

Criterios para definir los cuatro **hidrotipos**, o "categorías de gestión de ríos temporales" (MTRCs): **cuasi-perennes**, **intermitentes-fluyentes**, **intermitentes-encharcados** y **efimeros**, propuestos en España basados en la permanencia del flujo (Mf), la permanencia de las pozas (o encharcamiento) (Mp) y la permanencia del cauce seco (Md) ([Munné et al., 2021](#))



Munné, A., Bonada, N., Cid, N., Gallart, F., Solà, C., Bardina, M., ... Prat, N. (2021). A proposal to classify and assess ecological status in Mediterranean temporary Rivers: Research insights to solve management needs. *Water*, 13(6), 767.



Mf

La permanencia
temporal de **las**
condiciones de flujo



Mp

La permanencia
temporal de **las**
condiciones de
encharcamiento



Md

La permanencia
temporal de **Las**
condiciones secas

La combinación de las tres métricas (**Mf, Mp, Md**)
se utiliza para clasificar **los ríos temporales**
(TRs) en **cuatro grupos**, denominados **hidrotipos**.

En particular, los hidrotipos identificados por el
MITERD (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto
Demográfico) **son:**

- 1 Perennes o cuasi-perennes
- 2 Intermitentes-fluyentes
- 3 Intermitentes-encharcados
- 4 Efímeros



Haz clic en la imagen para ampliarla.

Gráfico ternario

Las métricas **Mf, Mp y Md** también se pueden representar en un **gráfico ternario** utilizado para clasificar visualmente los ríos temporales en hidrotipos.

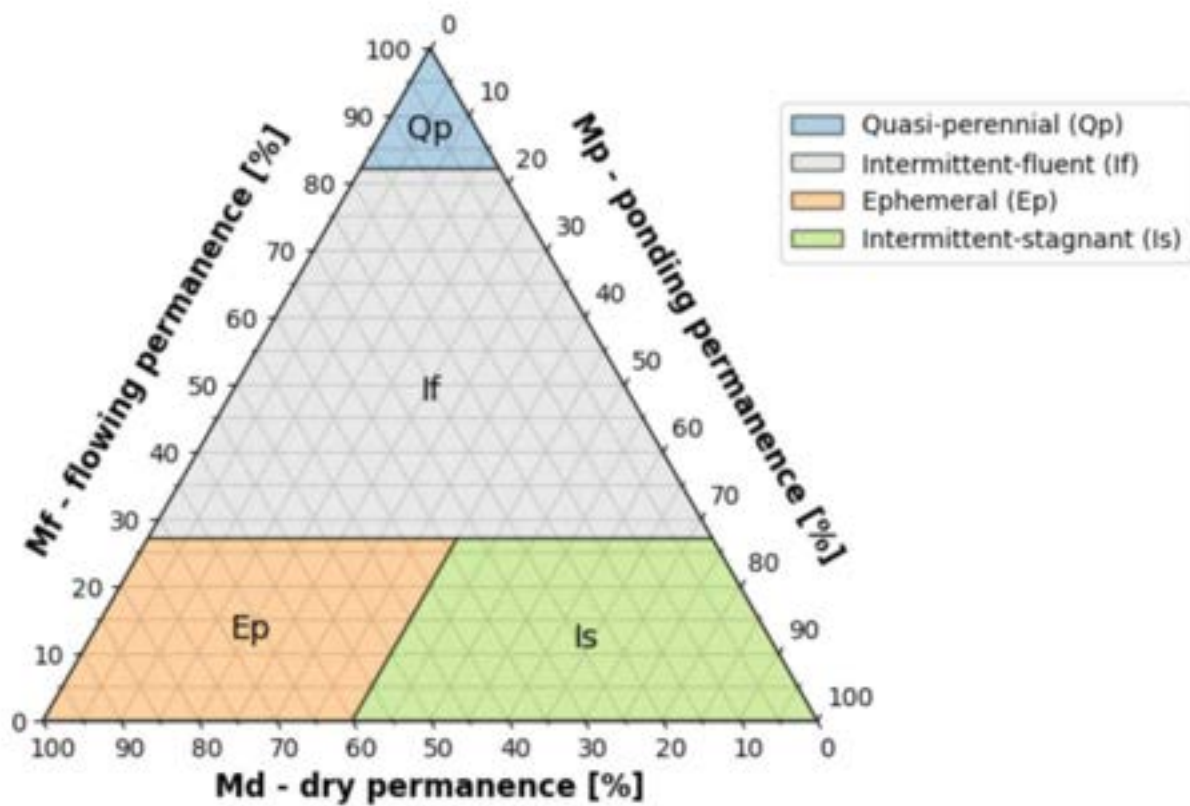


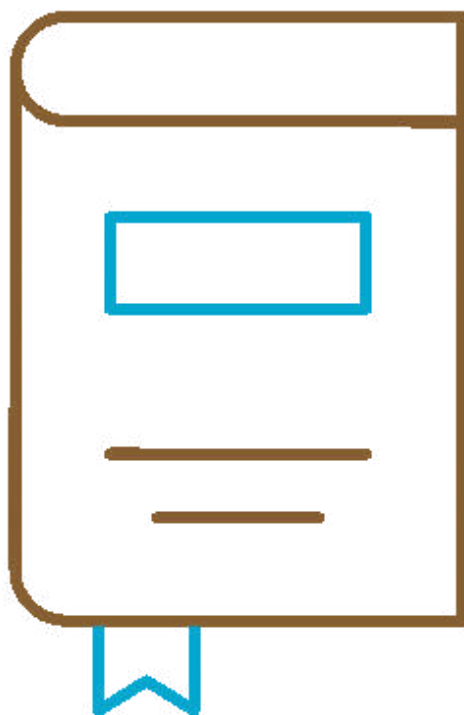
Gráfico ternario para definir gráficamente los hidrotipos de ríos temporales: cuasi-perennes, intermitentes-fluyentes, intermitentes-encharcados y efímeros. La clasificación se basa en tres métricas: permanencia del flujo (Mf), permanencia del encharcamiento (Mp) y permanencia seca (Md) ([Munné et al., 2021. Adapted](#))



Munné, A., Bonada, N., Cid, N., Gallart, F., Solà, C., Bardina, M., ... Prat, N. (2021). Una propuesta para clasificar y evaluar el estado ecológico en ríos temporales mediterráneos: Perspectivas de investigación para resolver las necesidades de gestión. *Water*, 13(6), 767.



Este gráfico ternario ha sido propuesto por Munné et al. (2021) y es una adaptación de la clasificación TREHS descrita en Gallart et al. (2017).



Definición:

A partir de ahora, el término **hidrotipo** se utilizará para distinguir las cuatro categorías diferentes de ríos temporales (perennes o cuasi-perennes, intermitentes-fluyentes, intermitentes-encharcados y efímeros).

Esta clasificación debería implementarse en **España** para los Planes de Gestión de Cuencas Hidrográficas en el tercer ciclo (2022–2027) de la Directiva Marco del Agua de la Unión Europea.

Se dispondrá de información adicional en los próximos años para investigar mejor esta clasificación (**Munné et al., 2021**).





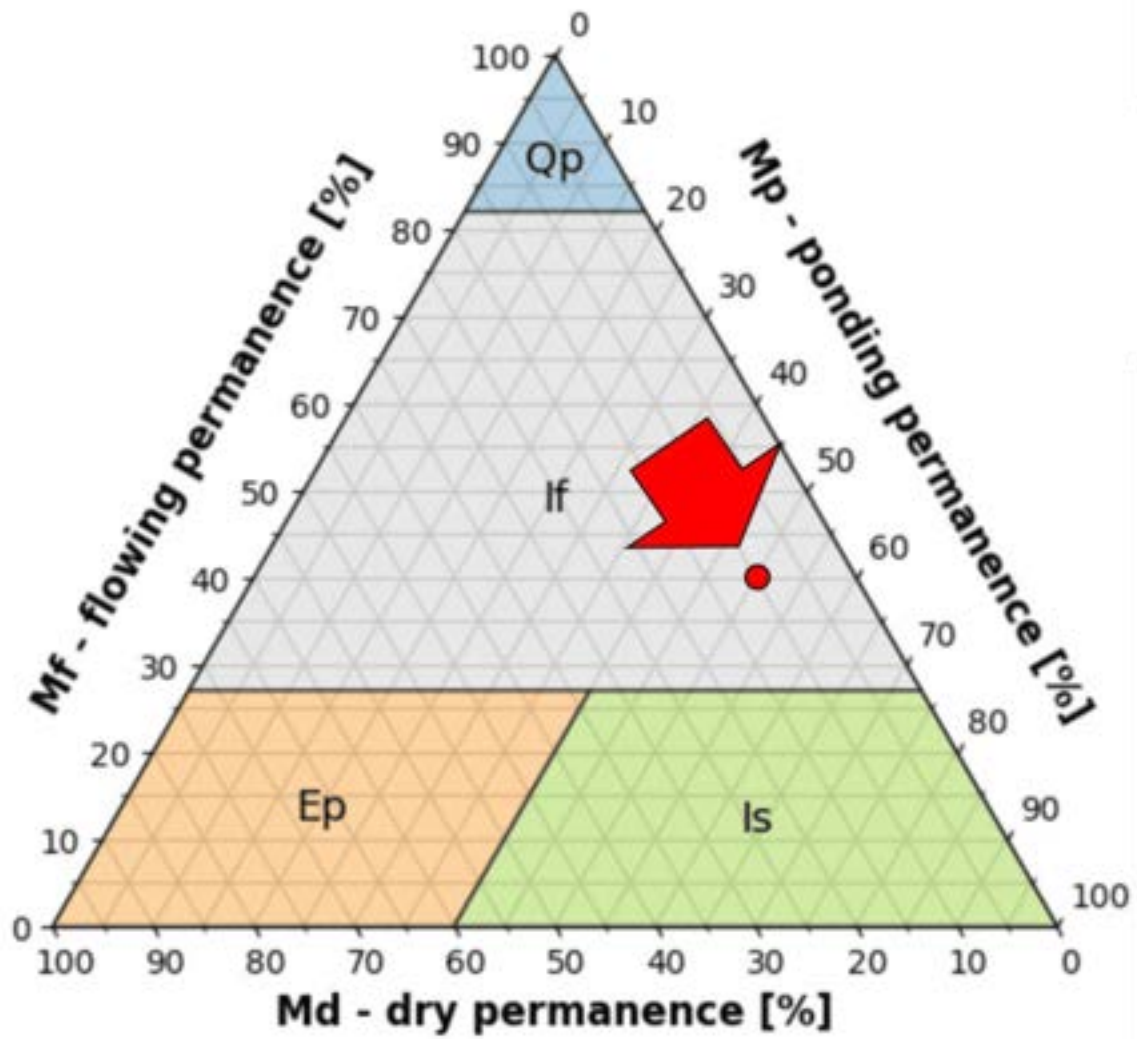
Munné, A., Bonada, N., Cid, N., Gallart, F., Solà, C., Bardina, M., ... Prat, N. (2021). Una propuesta para clasificar y evaluar el estado ecológico en ríos temporales mediterráneos: Perspectivas de investigación para resolver las necesidades de gestión.. *Water*, 13(6), 767.



Haz clic en la imagen para ampliarla.

Un punto en el gráfico ternario

Ten en cuenta que, para cada tramo de río, los valores relativos de **Mf, Mp y Md** pueden variar dependiendo del año. Sin embargo, una vez que Mf, Mp y Md se calculen para un período específico de tiempo, la clasificación del tramo de río puede representarse como **un punto en el gráfico ternario**.



En este ejemplo, $Mf=40\%$, $Mp=50\%$, $Md=10\%$



Obviamente, siempre $Mf + Mp + Md = 100\%$

CONTINUAR

Cómo monitorear la presencia de agua y las condiciones hidrológicas



RIVERTEMP

IMPORTANCIA DE LOS TRs PARA LA SOCIEDAD Y METODOLOGÍAS DE MONITOREO

Los obstáculos fundamentales para estudiar y clasificar los regímenes hidrológicos de los TRs son:



Mf

La alta variabilidad
espacial y temporal de
la permanencia del
flujo



Mp

La alta variabilidad
espacial y temporal de
la permanencia del
estancamiento



Md

La alta variabilidad
espacial y temporal de
la permanencia en
sequedad

Para abordar esta variabilidad espacio-temporal, un enfoque común consiste en segmentar primero el río en tramos homogéneos hidro-morfológicos ([sensu, Rinaldi et al., 2013](#)), y luego estimar Mf, Mp y Md a escala anual o para un período completo de interés.



Rinaldi, M., Surian, N., Comiti, F., & Bussettini, M. (2013). Un método para la evaluación y análisis de la condición hidromorfológica de los arroyos italianos: El Índice de Calidad Morfológica (MQI). Geomorfología, 180, 96-108.



Ver Módulo 3, para más detalles.

El monitoreo de la intermitencia del flujo a la **escala del tramo homogéneo** es un punto de partida fundamental para describir la **frecuencia, duración, y el momento** de cada condición hidrológica a lo largo del año.

Además, para cada tramo investigado, es necesario comprender **la evolución de la intermitencia a lo largo del tiempo**, o la posible alteración del régimen de caudal debido al uso actual o futuro del agua.

CONTINUAR

**Métodos y enfoques para
observar y monitorear las
condiciones hidrológicas.**



Haz clic en el botón INICIAR para ver la información.



Actualmente, existen varios métodos y enfoques disponibles para observar y monitorear las frecuencias de las condiciones hidrológicas en las TRs. Los enfoques disponibles pueden agruparse en cinco categorías, como se indica a continuación:

Levantamientos de campo



Los levantamientos de campo son una de las soluciones más comunes para adquirir datos sobre las condiciones de flujo en los TRs. Los datos recopilados en el terreno pueden tener una alta precisión y fiabilidad. Por lo tanto, este enfoque suele estar limitado por la falta de replicabilidad y los altos costos de las campañas de recolección de datos en campo.

Para reducir costos y ampliar la cobertura, en los últimos años se han desarrollado aplicaciones móviles que utilizan la ciencia ciudadana y el crowdsourcing como fuentes de datos.

Ejemplo: DRYvER App (<https://www.dryver.eu/app>)

Estaciones de aforo de caudal



Las estaciones de aforo de caudal se utilizan ampliamente para obtener la tasa de flujo instantánea en los ríos y series de datos a largo plazo.

Cuando se dispone de una serie temporal de caudales, es posible evaluar la evolución del caudal a lo largo de los años, así como la frecuencia y duración de los períodos de caudal nulo.

Sin embargo, las estaciones de aforo de caudal solo miden el flujo superficial en un punto o sección del río y rara vez están presentes a lo largo de los TRs. Por lo tanto, esta técnica presenta serias limitaciones para distinguir los eventos de caudal nulo entre fases de sequedad y de estancamiento.

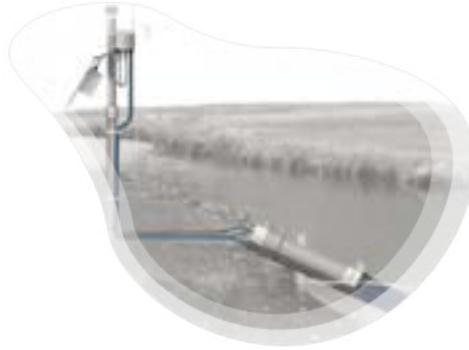
Se ha observado en muchos casos que la cesación real del flujo superficial ocurre a partir de un umbral de caudal superior a 0 en el registro de caudales, mientras que los caudales más bajos eventualmente corresponden a condiciones de estancamiento o sequedad.

Aún no está claro cuán estable es el umbral entre eventos con flujo y sin flujo a lo largo del año y entre distintos años, así como tampoco si es posible establecer un umbral de caudal en las series temporales que

permita distinguir entre condiciones de estancamiento y de sequedad
(**Oueslati et al., 2015**).

Referencia: [Oueslati, O., De Girolamo, A. M., Abouabdillah, A., Kjeldsen, T. R., & Lo Porto, A. \(2015\).
Clasificación de los regímenes de flujo de los arroyos mediterráneos mediante análisis multivariante.
Hydrological Processes, 29\(22\), 4666-4682.](#)

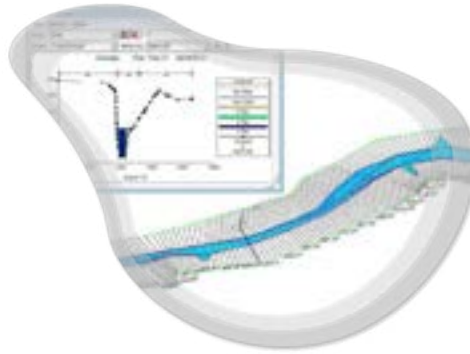
Registradores de datos



Otro método para obtener datos en tiempo real y series temporales de la presencia de agua es utilizando registradores de datos que miden el nivel de la tabla de agua, la temperatura del agua y/o la conductividad eléctrica.

Estos instrumentos pueden detectar el movimiento de los frentes de humedecimiento y secado, pero podrían tener dificultades para distinguir entre agua en flujo y agua estancada. Además, sus inconvenientes incluyen mediciones puntuales y la posibilidad de que los instrumentos sean arrastrados o enterrados durante las inundaciones, o que su integridad sea comprometida por el vandalismo.

Modelación hidrológica



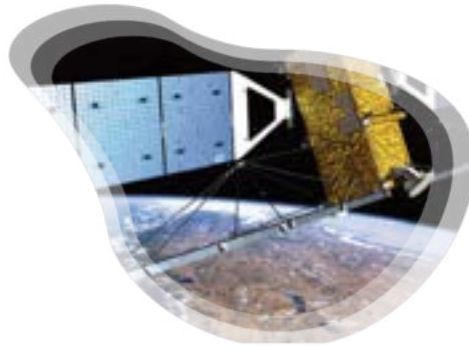
Los modelos hidrológicos son herramientas útiles cuando se trata de predecir la ocurrencia del flujo en los ríos. Este enfoque, que permite estimar la tasa de caudal en cada sección del río, tiene una larga historia en la ciencia de los ríos.

Sin embargo, importantes limitaciones pueden surgir debido a la disponibilidad de datos y a la representación física de la interacción entre el agua superficial y el agua subterránea, las condiciones de humedad del suelo, el tamaño de grano y la conductividad hidráulica de los sedimentos del lecho del río durante los eventos de caudal nulo. Los enfoques más comunes aún pueden estar sesgados al predecir los eventos de caudal nulo a escala de tramo de río, debido a la complejidad de los procesos físicos que están detrás de la ocurrencia del flujo en los ríos.

La modelización hidrológica puede sobrestimar o subestimar los eventos de caudal nulo, con una gran variabilidad de incertidumbre dependiendo del caso de estudio. Requiere estaciones de aforo para la calibración del modelo, así como una gran cantidad de datos

(interacción entre agua superficial y subterránea, composición del lecho del río, etc.) para la construcción del modelo.

Sensores remotos



La teledetección ha demostrado recientemente un gran potencial para monitorear las condiciones hidrológicas en los TRs. Actualmente, tanto los levantamientos aéreos como las imágenes satelitales pueden permitir la ejecución de estimaciones rápidas y extendidas de las condiciones de flujo en los TRs.

Las imágenes satelitales se recopilan a nivel mundial y pueden tener un tiempo de repetición, en el mismo tramo de río, inferior a una semana. Los sensores multiespectrales ofrecen la posibilidad de distinguir mejor el agua de los sedimentos y la vegetación y, por lo tanto, permiten monitorear de manera intensiva la evolución de las condiciones hidrológicas.

Los principales inconvenientes de la aplicación de imágenes satelitales en ríos temporales están relacionados con la resolución espacial limitada (hasta 10 m de la misión Sentinel-2, para los datos satelitales de acceso libre, lo que dificulta su aplicación en ríos y arroyos estrechos), lo que lleva a una evaluación cualitativa de la presencia de agua a lo largo del cauce del río, la cobertura de nubes, ya que una parte importante de las imágenes disponibles es inutilizable, y la presencia de una densa

vegetación en los lechos de los ríos, que puede enmascarar el cauce del río.

Imágenes satelitales y teledetección

Debido a su cobertura global y corto tiempo de repetición, en este curso nos referimos al uso de imágenes satelitales y la teledetección para estimar las frecuencias relativas de condiciones de flujo, estancamiento y sequedad. En particular, se sugiere el conjunto de datos Sentinel-2, debido a sus características de acceso libre y abierto, y por su resolución espacial, que alcanza hasta 10 m en el suelo.

Sentinel-2

La misión Sentinel-2 consta de dos satélites gemelos equipados con un Sensor Multiespectral (MSI), que adquiere un total de 13 bandas, con una resolución espacial que varía de 10 a 60 m dependiendo de la banda. La presencia de los dos satélites permite capturar la misma área cada 5 días (o más frecuentemente en caso de adquisiciones superpuestas). Este intervalo de tiempo representa un período de observación adecuado, ya que en los ríos temporales las condiciones hidrológicas pueden cambiar y pasar de una a otra en menos de una semana (ver el Módulo 2 para más detalles).



Haz clic en el botón para abrir el sitio web.

Sobre Copernicus Sentinel-2...

Si deseas descubrir más sobre estos 2 satélites.

INFOGRAFÍA

CONTINUAR

Para finalizar este primer módulo, en los siguientes videos podrás descubrir cómo funciona este satélite. Solo tienes que presionar el botón de Reproducir.

¡Vamos!



Haz clic en el botón para ver los vídeos.

Earth from Space: special edition



2

Moving ahead with Sentinel-2



CONTINUAR

Referencias



Referencias bibliográficas

En el desarrollo de cualquier curso académico, las referencias bibliográficas juegan un papel crucial al proporcionar el apoyo teórico y práctico necesario para el material enseñado.

Las referencias no solo refuerzan la credibilidad del material de estudio, sino que también permiten a los estudiantes explorar los temas

Este conjunto de referencias ha sido cuidadosamente seleccionado para proporcionar una base sólida de

tratados con mayor profundidad, obteniendo una comprensión más completa de los conceptos clave y descubriendo nuevas perspectivas.

conocimiento, abarcando una variedad de fuentes, incluyendo libros, artículos académicos, investigaciones recientes y recursos digitales.



Esperamos que estas referencias sean una herramienta valiosa para el aprendizaje, fomentando una comprensión integral y crítica de los temas abordados en este curso.

Río Amazonas- Brasil, Créditos de foto: NASA.

<https://www.nasa.gov/image-article/amazon-river/>

Acuña, V., Hunter, M., & Ruhí, A. (2017). Managing temporary streams and rivers as unique rather than second-class ecosystems. *Biological Conservation*, 211, 12-19.

Castro, S. L., E. D. Cafaro, M. G. Gallego, A. M. Ravelli, J. J. Alarcón, C. G. Ramonell y M. L. Amsler 2007. Evolución morfológica histórica del cauce del Río Paraná en torno a Rosario (km 456 -406). XXI Congr. Nac. del Agua, CD de Trabajos, 20 pág. S. M. de Tucumán, Argentina Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (FICH).

Cavallo, C., Papa, M. N., Negro, G., Gargiulo, M., Ruello, G., & Vezza, P. (2022). Exploiting Sentinel-2 dataset to assess flow intermittency in non-perennial rivers. *Scientific Reports*, 12(1), 21756.

Datry, T., Singer, G., Sauquet, E., Capdevilla, D. J., Von Schiller, D., Subbington, R., ... & Zoppini, A. (2017). Science and management of intermittent rivers and ephemeral streams (SMIRES). *Research Ideas and Outcomes*, 3, 23-p.

European Commission. (2000). Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of October 23, 2000 establishing a framework for community action in the field of water policy. Official Journal of the European Communities, 22(12), 2000.

European Commission. (2022). Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC) and the Floods Directive (2007/60/EC). Work Programme 2022–2024. Water Directors Meeting.

Gallart, F., Cid, N., Latron, J., Llorens, P., Bonada, N., Jeuffroy, J., ... & Prat, N. (2017). TREHS: An open-access software tool for investigating and evaluating temporary river regimes as a first step for their ecological status assessment. *Science of the Total Environment*, 607, 519–540.

IPH. (2008). Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción de planificación hidrológica. Ministerio de Medio Ambiente, Y Medio Rural Y Marino. BOE (Boletín Oficial Del Estado), 229, 38472–38582.

MATM. (2008). Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. Regolamento recante i criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici (tipizzazione, individuazione dei corpi idrici, analisi delle pressioni) per la modifica delle norme tecniche. Supplemento Ordinario Alla Gazzetta Ufficiale no.187.

Messenger, M. L., Lehner, B., Cockburn, C., Lamouroux, N., Pella, H., Snelder, T., ... & Datry, T. (2021). Global prevalence of non-perennial rivers and streams. *Nature*, 594(7863), 391–397.

MITERD. (2021). Guía para la evaluación del estado de las aguas superficiales y subterráneas. Guide from Spanish Environmental Ministry. Available online: https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/guia-para-evaluacion-del-estado-aguas-superficiales-y-subterraneas_tcm30-514230.pdf

Munné, A., Bonada, N., Cid, N., Gallart, F., Solà, C., Bardina, M., ... Prat, N. (2021). A proposal to classify and assess ecological status in Mediterranean temporary Rivers: Research insights to solve management needs. *Water*, 13(6), 767.

Nile river – South Sudan, Photo credits: Britannica. <https://www.britannica.com/place/Nile-River/Physiography>

Oueslati, O., De Girolamo, A. M., Abouabdillah, A., Kjeldsen, T. R., & Lo Porto, A. (2015). Classifying the flow regimes of Mediterranean streams using multivariate analysis. *Hydrological*

Processes, 29(22), 4666–4682.

Río Palancia – España, Créditos de foto: Isabelle Brichetto.

Río Po – Italia, Créditos de foto: Gabriele Pileri.

<https://www.reuters.com/news/picture/idUSRTS8WTIV/>

Rinaldi, M., Belletti, B., Comiti, F., Nardi, L., Mao, L., Bussetini, M. (2016): Sistema di rilevamento e classificazione delle Unità Morfologiche dei corsi d'acqua (SUM). Versione aggiornata 2016. ISPRA – Manuali e Linee Guida 132/2016. Roma, gennaio 2016.

Rinaldi, M., Surian, N., Comiti, F., & Bussettini, M. (2013). A method for the assessment and analysis of the hydromorphological condition of Italian streams: The Morphological Quality Index (MQI). *Geomorphology*, 180, 96-108.

Arroyo Sangone - Italia, Créditos fotográficos: Massimo
Pinca. <https://www.reuters.com/news/picture/idUSRTS8WTIV/>

Universidad de Nápoles. Traducido.
<https://www.docenti.unina.it/webdocenti-be/allegati/materiale-didattico/397494>

CONTINUAR

Test

¡Es hora de poner a prueba lo que has aprendido!

Por favor, selecciona la mejor respuesta para cada pregunta según tu comprensión de los ríos temporales (TRs).

Debes responder todas las preguntas correctamente para continuar con el curso.

Pregunta

01/03

¿Qué son los ríos temporales (TRs)?

- ☐ Los ríos que se activan solo después de un evento de tormenta.
- ☐ Cursos de agua con la ocurrencia de períodos sin flujo.
- ☐ Ríos abandonados no significativos para la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.

Pregunta

02/03

¿Cuál es la difusión global de los ríos temporales (TRs)?

- ☐ No existen estudios sobre su prevalencia.
- ☐ Representan aproximadamente el 30% de la red fluvial mundial.
- ☐ Representan aproximadamente la mitad de la red fluvial mundial.

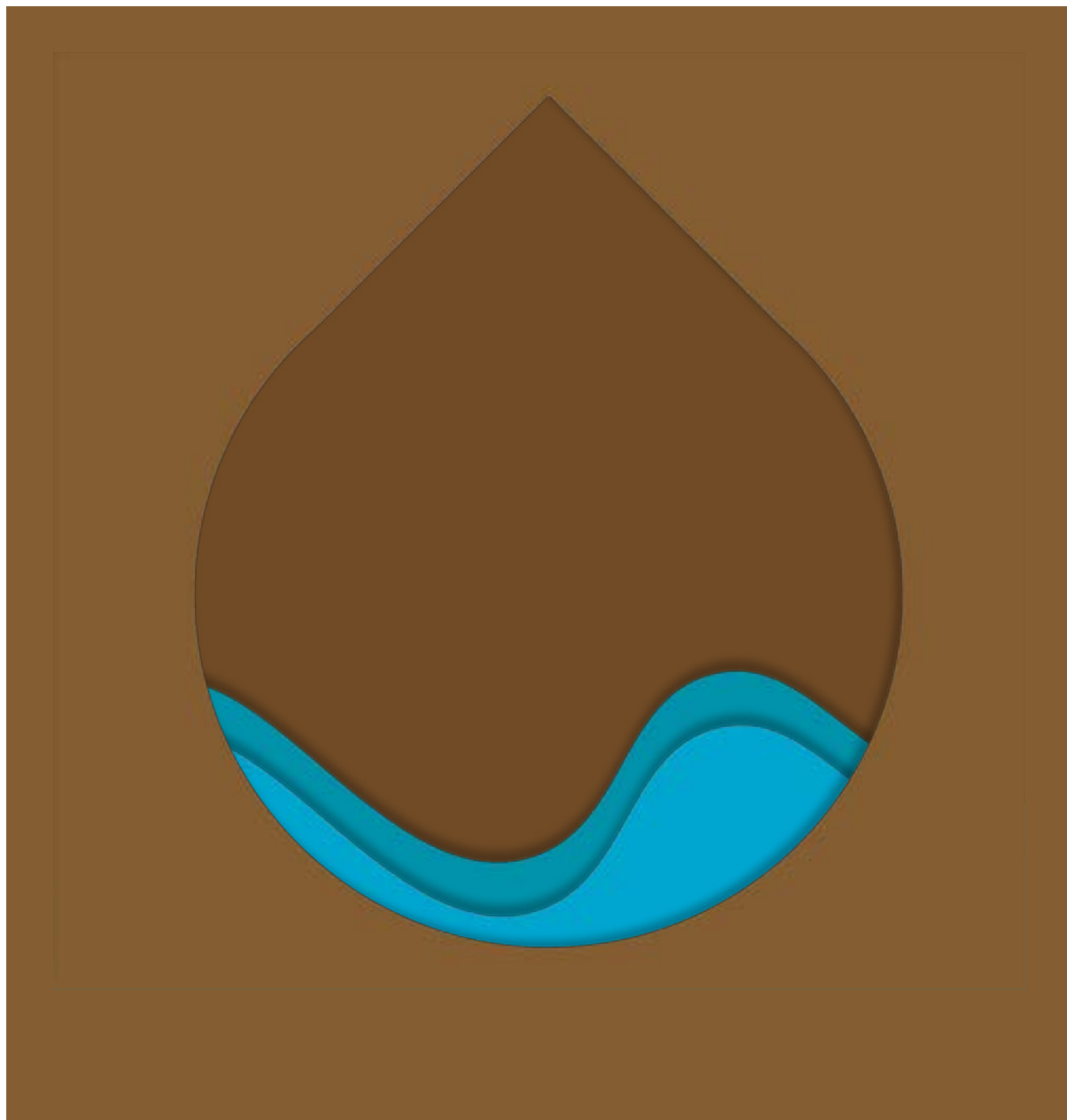
Pregunta

03/03

¿Cuál es el próximo instrumento de monitoreo para estudiar los ríos temporales (TRs)?

- ☐ Estaciones de aforo de caudal, por su difusión en tramos de ríos temporales.
- ☐ Registradores de datos, por su capacidad para discriminar entre las condiciones de estancamiento y sequedad hidrológica.
- ☐ Teledetección y satélites, por su observación global y buena resolución a escala de tramo.

Cierre



Enhorabuena!

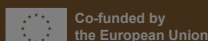
Has **completado** este módulo.

¡Felicidades por tu logro! Al completar con éxito el primer módulo, has ampliado tu concepto de "ríos", evaluando que incluso los cursos de agua donde el flujo de agua cesa deben ser considerados como "ríos".

La alta variabilidad que caracteriza a los ríos temporales (TRs) tanto en el espacio como en el tiempo, junto con su difusión e importancia para la biodiversidad a escala global, son los otros mensajes clave de este módulo. ¡Bien hecho! En este punto, estás listo para descubrir cómo estudiar, monitorear y modelar los TRs, utilizando técnicas innovadoras.

¡Continuemos con el módulo 2!

MÓDULO 2: Trabajando con imágenes satelitales



En este módulo, aprenderás a trabajar con imágenes satelitales. Obtendrás una visión general de las características y potencialidades de los datos satelitales. Además, podrás acceder a los datos multiespectrales de Sentinel-2 y extraer información de ellos.

Explorarás las potencialidades del Sentinel-2 para la identificación de la presencia de agua en ríos temporales y pondrás a prueba tus conocimientos con una actividad práctica.

¡EMPECEMOS!

1. OBJETIVOS. RESULTADOS DEL APRENDIZAJE. INTRODUCCIÓN



Objetivos y resultados del aprendizaje



Introducción

2. TELEDETECCIÓN

- Introducción al concepto de teledetección

- Teledetección activa y pasiva

- Espectro electromagnético de los sensores montados en satélites

- Sensores Activos vs Sensores Pasivos

3. IMÁGENES SATELITALES

- ¿Cuál es el formato de las imágenes satelitales?

- Misión Sentinel-2

- ¿Cuál es la resolución espacial de las imágenes extraídas de los datos de Sentinel-2?

- ¿De qué fuente se pueden ver o descargar las imágenes del Sentinel-2?

4. VISUALIZACIÓN DE LAS IMÁGENES

- ¿Cómo vemos imágenes con cobertura de nubes?

- ¿Cómo se generan las imágenes digitales que observamos diariamente?

- Imagen RGB

5. FIRMAS ESPECTRALES

- Firmas espectrales de diferentes coberturas terrestres en la literatura

- ¿Cómo construir la firma espectral de las coberturas terrestres?

- Firmas espectrales de diferentes coberturas terrestres en ríos temporales extraídas de Sentinel-2

6. ACTIVIDAD DE SIMULACIÓN

☰ ¿Cuál es la mejor combinación de bandas de color falso?

☰ ¿Cuál es la combinación de bandas óptima que has identificado?

☰ Comparación entre imágenes RGB e Imágenes en Falso Color (FCI)

7. REFERENCIAS

☰ Referencias

8. CIERRE

☰ Cierre

Objetivos y resultados del aprendizaje



Los **6 Objetivos y resultados del aprendizaje** de este módulo son los siguientes



Haz clic en los botones para ver la información.





Adquirir conceptos básicos de teledetección



Comprender las diferencias entre los sensores de teledetección



Ver las características de las imágenes de Sentinel-2



Encontrar una fuente de datos por satélite



Aprende a distinguir el agua de los sedimentos y los parches de vegetación en imágenes multiespectrales.



Identifica el mejor triplete de bandas para mejorar la visibilidad del agua en el río.

CONTINUAR

Introducción

¿Por qué son útiles las imágenes
satelitales en el monitoreo **de ríos**

temporales?





Como se ilustró en el módulo anterior (**Módulo 1**), los ríos temporales muestran fluctuaciones espaciales y temporales considerables en la presencia de agua. Tramos con flujo continuo de agua pueden tener tramos adyacentes completamente secos o con charcos aislados de agua.

Esa variación espacial es difícil de detectar con los instrumentos de medición convencionales.

Las mediciones en un solo punto no son representativas de lo que ocurre a lo largo de todo el tramo fluvial, ni a lo largo de todo el río.

Con los datos recopilados por los **satélites Sentinel-2**, que son instrumentos multispectrales de resolución media, es posible **identificar la distribución espacial de las tres condiciones hidrológicas** (F, P, D) a lo largo de los ríos temporales.



Haz clic en la imagen para ampliarla.



Mediciones puntuales

Estación de aforo tradicional. Créditos de la imagen: Carmela Cavallo.

CONTINUAR

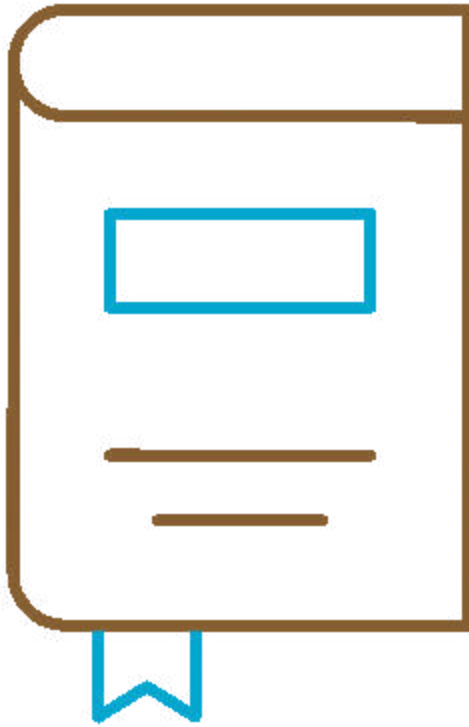
Introducción al concepto de teledetección



Para comprender mejor los temas que se presentarán en este y en los siguientes módulos, es necesario introducir el concepto de **teledetección** y recordar brevemente las características de los sensores más utilizados en aplicaciones satelitales.

Definición:

Teledetección es una disciplina técnico-científica que permite identificar, medir y analizar las características cualitativas y cuantitativas de un objeto específico ubicado a distancia, basándose en las mediciones de la energía electromagnética que es emitida, reflejada o difundida por la superficie en estudio.



Los datos son adquiridos por **sensores** montados en diversas plataformas, como drones, aviones y satélites.

¿Cómo funciona?

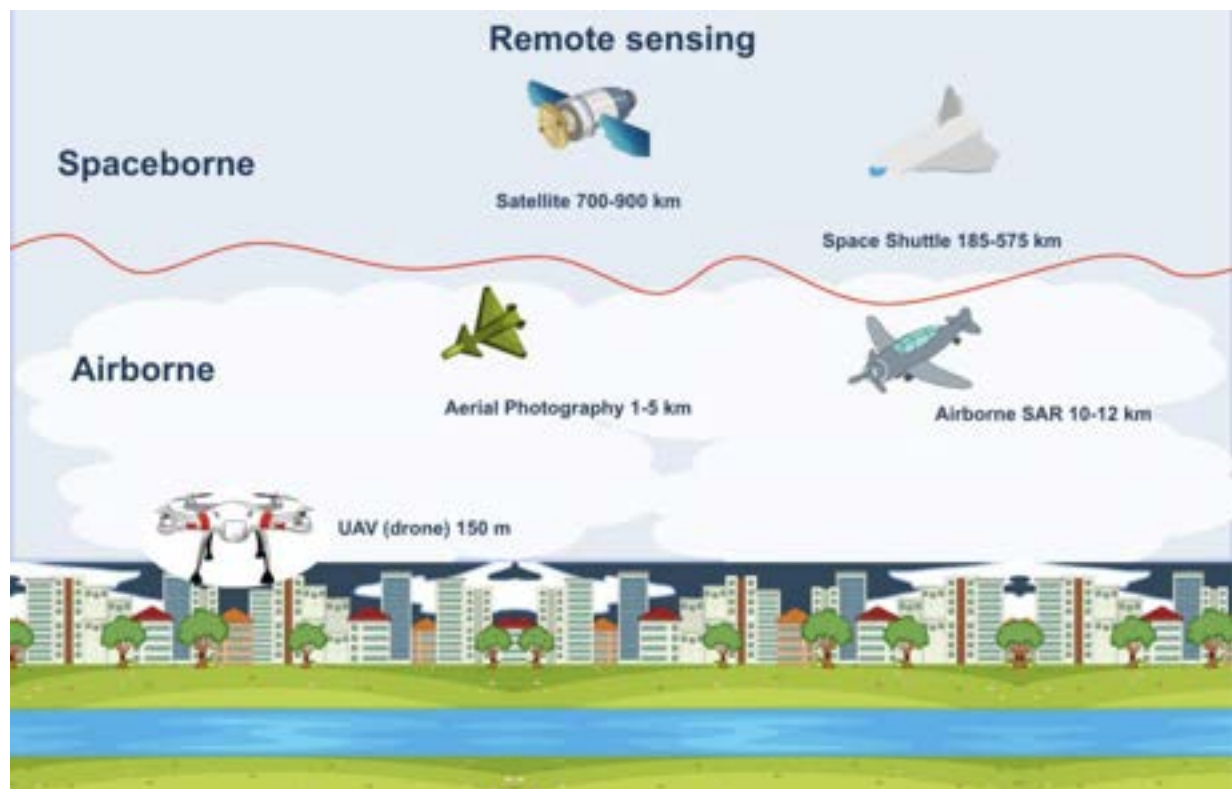


Los sensores **detectan la energía electromagnética** proveniente de una escena y convierten la señal recibida en información.

Una ventaja significativa de la teledetección satelital, en comparación con el uso de otras plataformas, es la posibilidad de monitorear amplias áreas, potencialmente cubriendo todo el planeta, con diversas resoluciones espaciales y temporales.



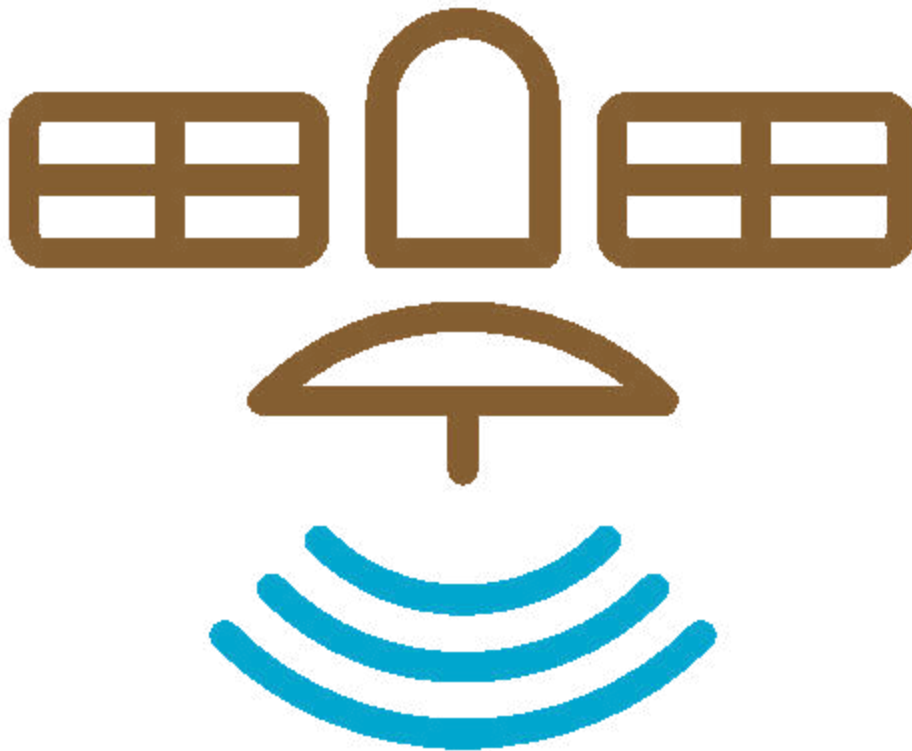
Haz clic en la imagen para ampliarla.



Distancia desde la superficie terrestre de las distintas plataformas de teledetección.
Créditos de la imagen: Carmela Cavallo.

CONTINUAR

Teledetección activa y pasiva



Dependiendo del funcionamiento y del objetivo de la adquisición satelital, es posible distinguir dos tipos

principales de sensores utilizados para la medición de la radiación electromagnética:



SENSORES PASIVOS

Los sensores pasivos, como el que está montado en los satélites Sentinel-2, detectan la energía natural que es emitida o reflejada por el objeto observado.



SENSORES ACTIVOS

En la teledetección activa, en cambio, el propio sensor produce la radiación para iluminar la escena y luego registra la señal de retorno. El

En los sistemas de teledetección pasiva, la fuente de energía más común es el Sol, que irradia la superficie terrestre con un rango continuo de radiación electromagnética.

Radar de Apertura Sintética (**SAR**, por sus siglas en inglés) es el sensor activo más comúnmente utilizado. Funciona enviando un haz de radiación hacia una superficie objetivo, recolectando la señal devuelta tras la interacción y, por lo tanto, la modificación del haz con la escena.



Referencia: Fuente de radiación de los sensores remotos pasivos. Créditos de la imagen: Carmela Cavallo



Referencia: Fuente de radiación de los sensores remotos activos. Créditos de la imagen: Carmela Cavallo.

CONTINUAR

Espectro electromagnético de los sensores montados en satélites

SENSORES PASIVOS

Los sensores pasivos reciben señales de diferentes canales espectrales centrados en longitudes de onda particulares del espectro electromagnético.

Las siguientes regiones de longitud de onda suelen considerarse:

1. La Visible (VIS, $0.4 \mu\text{m}$ – $0.75 \mu\text{m}$)
2. El Infrarrojo cercano (IR, $0.7 \mu\text{m}$ – 1 mm).
3. El Infrarrojo térmico ($10.6 \mu\text{m}$ – $12.51 \mu\text{m}$).

Ejemplo:

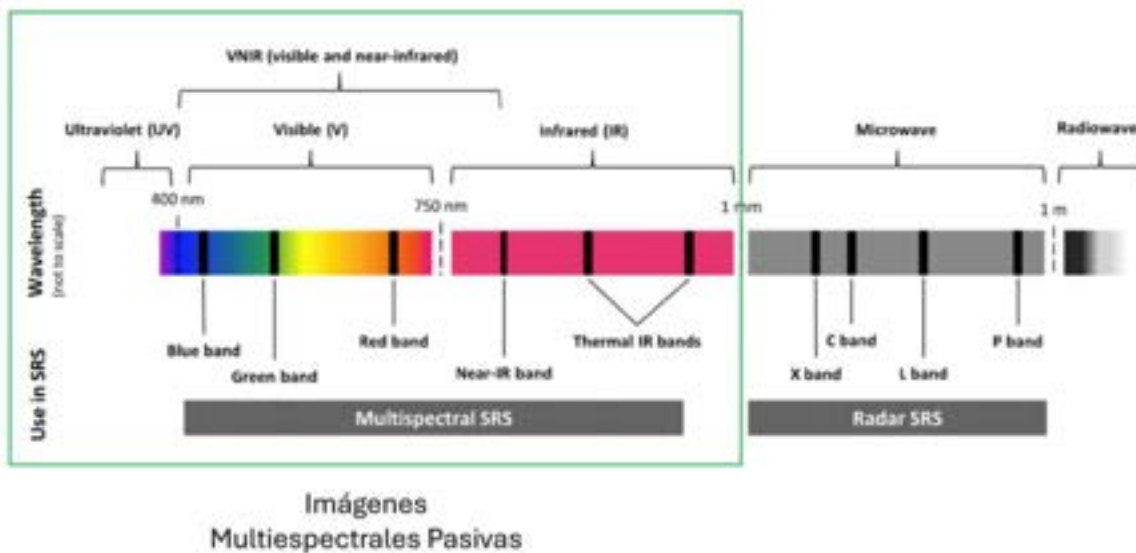
Ejemplos de sensores que utilizan este tipo de detección son:

- Sensor pancromático (utilizando una sola banda).
- Sensor multiespectral (utilizando unas 10 bandas).
- Sensor hiperespectral (utilizando unas 100 bandas).

Así, las imágenes multispectrales e hiperespectrales están compuestas por múltiples capas de bandas o canales, cada una capturando información dentro de un rango específico de longitudes de onda a través del espectro electromagnético.

Imagen: Espectro electromagnético y rango de longitudes de onda utilizados por los sensores Pasivos (SRS, Pettorelli et al., 2018)

Referencia: Pettorelli, N., Schulte to Bühne, H., Shapiro, A. C., & Glover-Kapfer, P. (2018). *Satellite Remote Sensing for Conservation. WWF Conservation Technology Series 1*(4). WWF.



SENSORES ACTIVOS

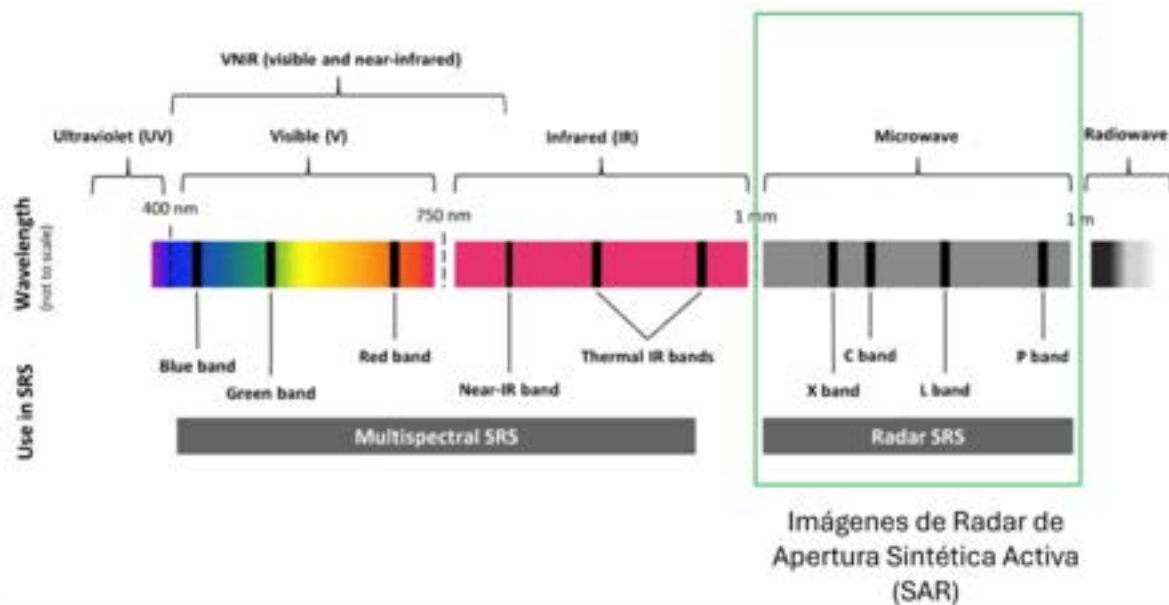
Los sensores activos, como el radar, operan en la parte de **microondas del espectro electromagnético (1 mm - 10 cm)**.

Las imágenes de Radar de Apertura Sintética (SAR) no consisten en 'bandas' como las imágenes multiespectrales, sino que están formadas por una única escena discretizada en píxeles, donde cada píxel contiene información sobre la amplitud (intensidad de la señal reflejada) y la fase (distancia del sensor al objetivo) de la señal de radar.

Los datos de amplitud se utilizan para monitorear los cambios en las clases de cobertura del suelo a lo largo del tiempo, mientras que la fase es la información más importante para aplicaciones interferométricas y para derivar desplazamientos del terreno mediante algoritmos específicos (por ejemplo, el monitoreo de deslizamientos de tierra lentos).

Image: Espectro electromagnético y rango de longitudes de onda utilizados por los sensores Activos (SRS, Pettorelli et al., 2018).

Referencia: Pettorelli, N., Schulte to Bühne, H., Shapiro, A. C., & Glover-Kapfer, P. (2018). *Satellite Remote Sensing for Conservation*. WWF Conservation Technology Series 1(4). WWF.



CONTINUAR

Sensores Activos vs Sensores Pasivos

¿Puedes imaginar cuáles podrían ser los principales inconvenientes de cada uno de estos sensores?



Haz clic en los botones para ver la información.

Sensores Activos vs Sensores Pasivos



SENSORES PASIVOS

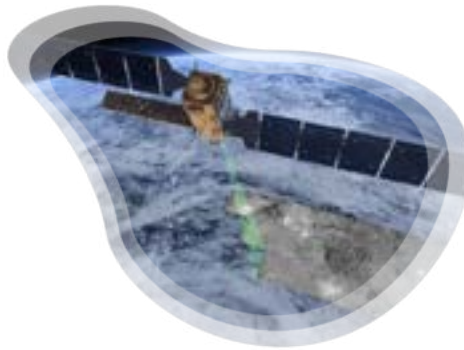


El principal inconveniente de los sensores pasivos es la **incapacidad de observar la superficie de la Tierra en presencia de nubes.**

En consecuencia, pueden ocurrir largos períodos sin observaciones en áreas con frecuentes precipitaciones, como las zonas ecuatoriales.

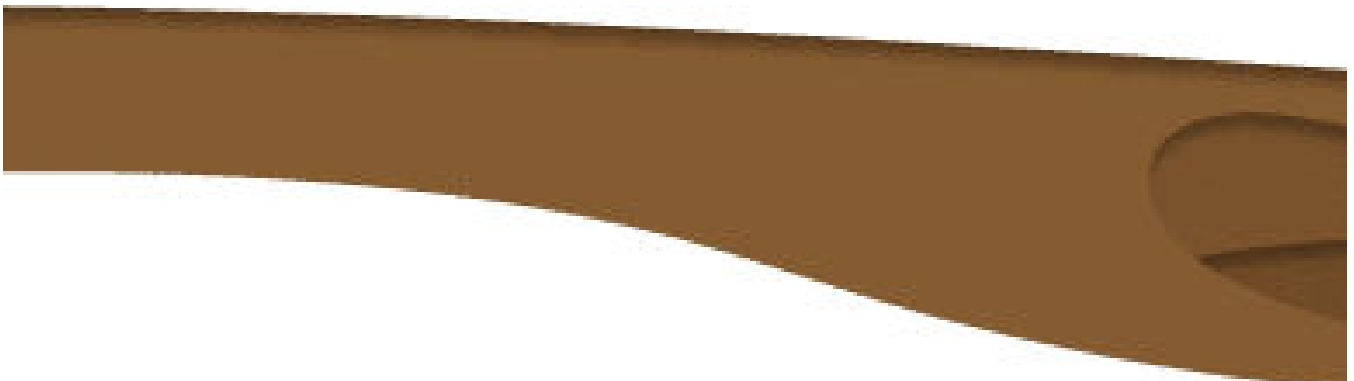
Sin embargo, en la mayoría de los casos, dichos datos ópticos no requieren pasos largos y complicados de preprocesamiento y son más fáciles de usar.

SENSORES ACTIVOS



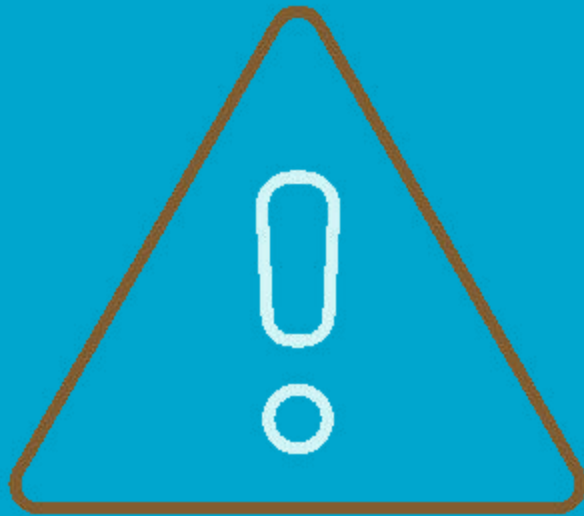
En cambio, los datos de teledetección activa (por ejemplo, los datos SAR) tienen la ventaja de operar en longitudes de onda que no se ven afectadas por la cobertura de nubes.

Además, los sensores activos pueden adquirir datos tanto de día como de noche. Estas peculiaridades permiten una mayor frecuencia de observación de las dinámicas evolutivas.



Entonces... ¿Los sensores activos no tienen debilidades?





IMPORTANTE

Las debilidades de los datos SAR están representadas por la **complejidad de los datos** y, en consecuencia, por las dificultades operativas para los usuarios no expertos.

Además, los datos SAR **pueden verse afectados por errores geométricos**, que ocurren principalmente en áreas montañosas, lo que hace que las imágenes sean ilegibles.

En resumen...



Haz clic en la imagen para ampliarla.

PASSIVE VS ACTIVE SENSORS

	Passive	Active
		
		
		

Principales diferencias entre los sensores remotos pasivos y activos. Créditos de la imagen: Carmela Cavallo.

La discusión sobre las imágenes SAR es mucho más compleja y **este curso tiene como objetivo proporcionar solo conceptos básicos de teledetección**, pasando por la distinción de los dos tipos de sensores diferentes.

Tras una visión general concisa de las principales distinciones entre los sensores activos y pasivos, **ahora nos centraremos exclusivamente en los datos multiespectrales de la misión Sentinel-2.**

CONTINUAR

¿Cuál es el formato de las imágenes satelitales?



RIVERTEMP

IMÁGENES SATELITALES

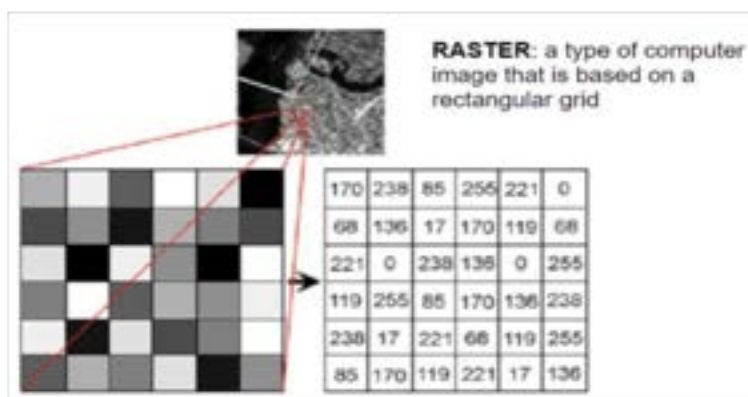
Cada banda adquirida por un sensor pasivo se divide luego en unidades discretas llamadas píxeles. Una imagen satelital puede ser representada por un archivo rasterizado, en formatos como GeoTIFF u otros formatos específicos de software de procesamiento de teledetección.



Haz clic en la imagen para ampliarla.



Imágenes Multiespectrales



El formato de las imágenes satelitales (Yeung, n.d. Adapted.)



Yeung, S. (n.d.). Tutorial 1: Introduction to computer vision. Stanford AI Lab.

<https://ai.stanford.edu/~syyeung/cvweb/tutorial1.html>

CONTINUAR

Misión Sentinel-2

La **misión Sentinel-2 (S2)** es parte del programa de Observación de la Tierra Copernicus, liderado por la Comisión Europea y operado por la Agencia Espacial Europea (ESA).

La misión S2 ofrece cobertura global, capturando cada imagen con un ancho de franja de 290 km.



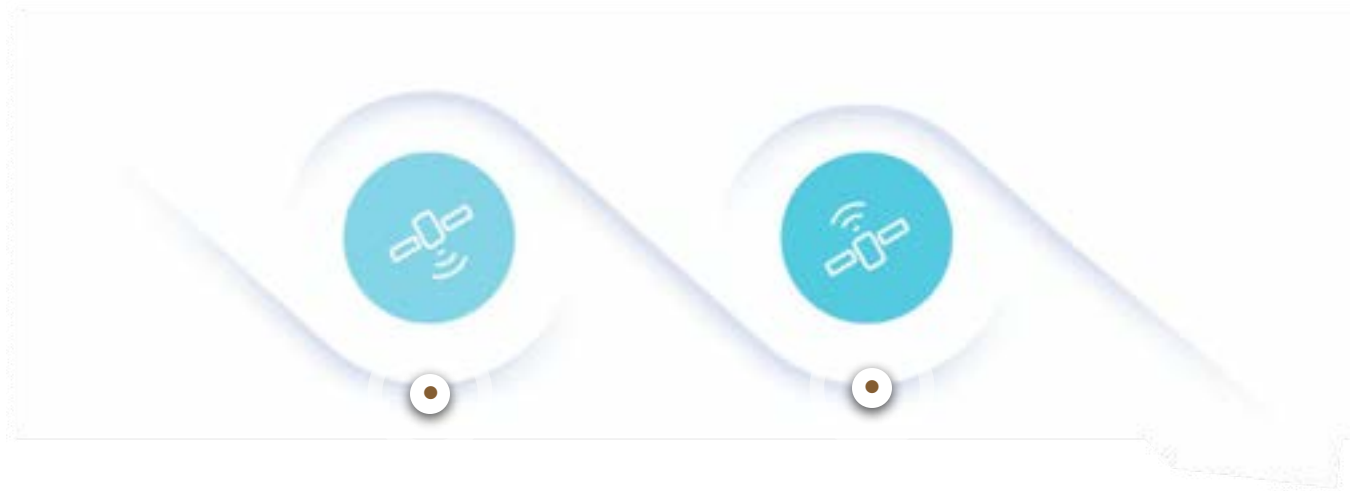


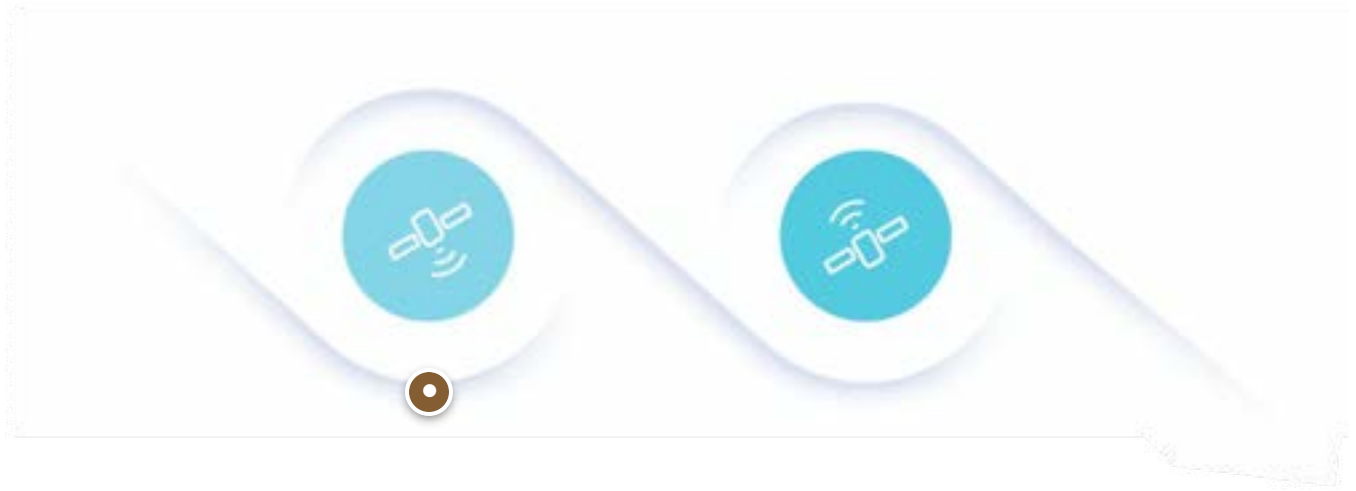
Foto de la nave espacial Sentinel-2A en la cámara de vacío térmico durante las pruebas en las instalaciones del IAGB (Créditos de imagen ESA, IAGB, 2015)

Esta misión involucra una constelación de dos satélites en órbita polar posicionados en tándem dentro de la misma órbita:



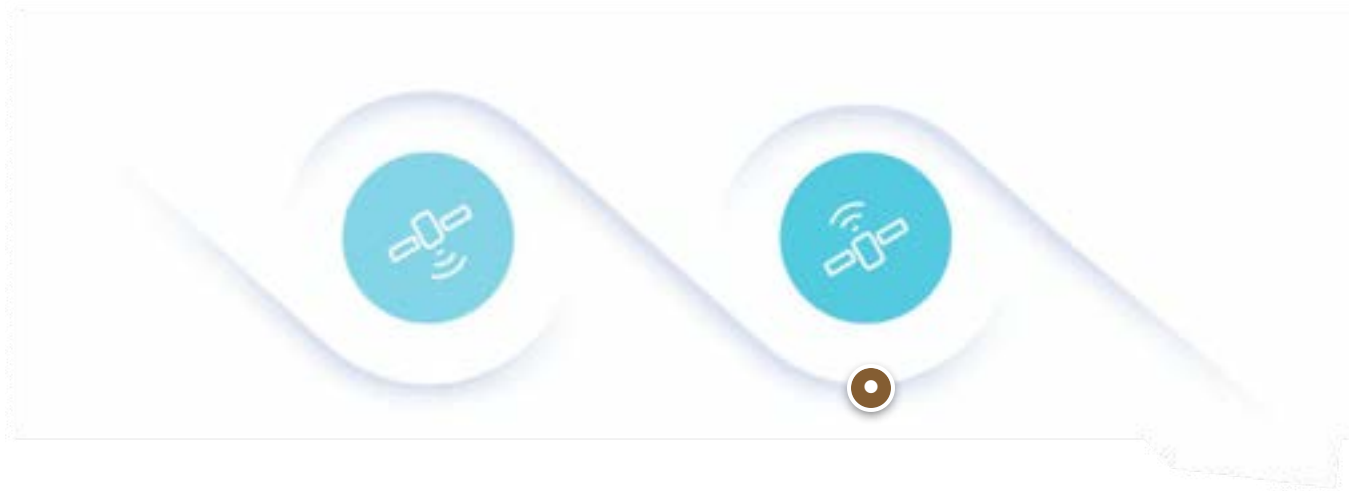
Haz clic en los botones para ver la información.





Sentinel-2A

El primer satélite, Sentinel-2A, lanzado el 23 de junio de 2015, proporciona imágenes con un tiempo de revisita de aproximadamente 10 días.



Sentinel-2B

Desde el lanzamiento del segundo satélite, Sentinel-2B, el 7 de marzo de 2017, el tiempo total de revisita se ha reducido a la mitad, pasando a ser de 5 días en el ecuador e incluso menos en latitudes medias, debido a la superposición de las losas de los satélites.

Para asegurar la continuidad a largo plazo de la misión, **el Sentinel-2C** ya se ha lanzado, y se tiene previsto que **el Sentinel-2D** lo siga. Estos satélites reemplazarán al Sentinel-2A y 2B a medida que lleguen al final de su vida útil operativa, manteniendo el papel crucial de la misión en el monitoreo

ambiental, la planificación agrícola y la gestión de desastres.

CONTINUAR

Ambos satélites están equipados con un instrumento multiespectral opto-electrónico (MSI), que ha proporcionado imágenes de resolución moderada desde junio de 2015 (Sentinel-2A) y marzo de 2017 (Sentinel-2B).

El **MSI** proporciona **13 bandas espectrales** en **VIS (visible)**, **NIR (infrarrojo cercano)** y **SWIR** (infrarrojo de onda corta), con una resolución espacial de:

1

10 m para cuatro bandas.

2

20 m para seis bandas.

3

60 m para tres bandas.

CONTINUAR

En detalle:

1

10 m para las bandas visibles y de infrarrojo cercano (NIR): 2, 3, 4, 8.

2

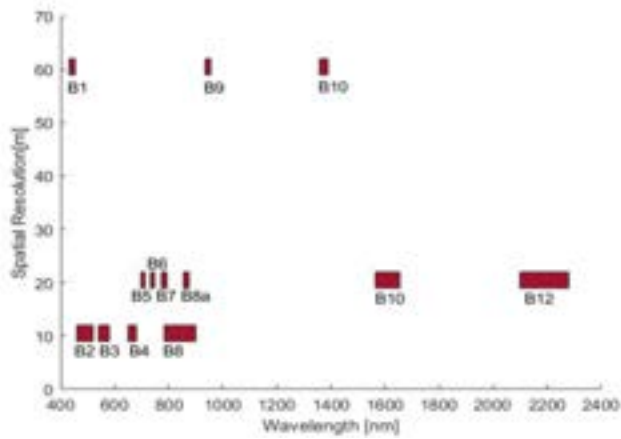
20 m para las bandas Red-Edge (RE), NIR y SWIR: 5, 6, 7, 8a, 11, 12.

3

60 m para las bandas atmosféricas: 1, 9, 10.



Haz clic en la imagen para ampliarla.



Wavelength range [nm]	Spatial resolution [m]			Spectral region
	10	20	60	
412-463			B1	Coastal aerosol
458-523	B2			Blue
543-576	B3			Green
650-680	B4			Red
688-713		B5		Red Edge
733-748		B6		Red Edge
773-793		B7		Red Edge
785-899	B8			SWIR
855-875		B8a		NIR narrow

> [Bandas multiespectrales del Sentinel-2](#). Créditos de la imagen: Carmela Cavallo

CONTINUAR

¿Cuál es la resolución espacial de las imágenes extraídas de los datos de Sentinel-2?

Re-muestreadas a una resolución espacial diferente

Las bandas del satélite Sentinel-2 pueden ser remuestreadas a una resolución espacial diferente. Este procedimiento, integrado en la herramienta de procesamiento de imágenes, implica transformar la cuadrícula de píxeles de la imagen original para adaptarla a la nueva resolución deseada. Este procedimiento puede incluir la interpolación de los valores de los píxeles o el uso de algoritmos más sofisticados para preservar mejor las características de la imagen.

Armonizar las bandas

En general, el remuestreo de las bandas del Sentinel-2 es necesario para armonizar las bandas a 20 y 60 metros con las demás adquiridas a 10 metros. Esta operación es esencial para combinar las diferentes bandas y generar nuevas imágenes integradas.



Haz clic en la imagen para ampliarla.



Tamaño de píxel igual a 10 m x 10 m

Resolución espacial del Sentinel-2. Créditos de la imagen: Carmela Cavallo.

CONTINUAR

¿De qué fuente se pueden ver o descargar las imágenes del Sentinel-2?



¿Sabías que...?

Como parte del proyecto Rivertemp, se ha creado una herramienta para visualizar dos combinaciones diferentes de bandas del Sentinel-2, como se describirá en el **Módulo 4**.



Estas son algunas de las plataformas disponibles para visualizar y/o descargar imágenes del Sentinel-2:



Haz clic en los enlaces para visitar las páginas web.



**Google Earth
Engine (GEE)**

<https://earthengine.google.com/>



**Copernicus
Browser**

<https://dataspace.copernicus.eu/browser/>



**Clasificador de
Ríos Temporales
RIVERTEMP**

<https://classifier.rivertemp.eu/>

CONTINUAR

¿Cómo vemos imágenes con cobertura de nubes?



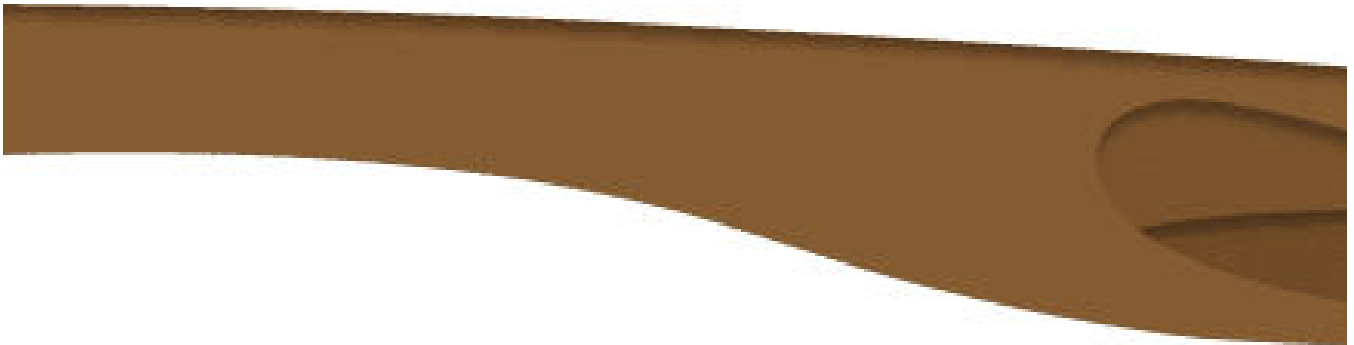
Recuerda

Como se destacó anteriormente, una limitación significativa de los sensores pasivos es su incapacidad para observar la superficie de la Tierra en

presencia de nubes, lo que lleva a un intervalo de tiempo prolongado entre observaciones útiles.

Las nubes y las sombras de nubes pueden cubrir **toda la imagen** o solo una **parte de ella**.

Las mejores prácticas implican **excluir imágenes afectadas por nubes o sombras** a lo largo del tramo del río.



¿Cómo se puede lograr esta exclusión?



Esta exclusión se puede lograr mediante:



**Criterio
cuantitativo**

Como filtrar



**Análisis
cualitativo**

Basado en

imágenes con un porcentaje de cobertura que exceda un umbral especificado.

identificación visual.



Se proporcionarán pautas sobre cómo seleccionar imágenes con cobertura parcial de nubes en el Módulo 4.



Haz clic en la imagen para ampliarla.



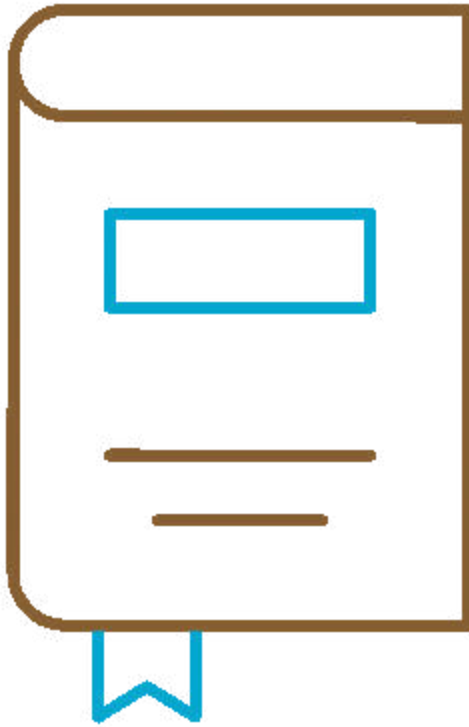
Imágenes afectadas por la cobertura de nubes y sombras de nubes. Créditos de la imagen: Carmela Cavallo.

CONTINUAR

¿Cómo se generan las imágenes digitales que observamos diariamente?



La mayoría de las imágenes digitales que observamos a diario se obtienen a partir del modelo RGB.



Definición:

El **modelo RGB** es el modelo más sencillo que se puede implementar para la construcción de imágenes a color, debido a la fisiología del ojo humano y las tecnologías empleadas.

En una **imagen digital basada en RGB**, cada píxel está representado por **tres componentes de color**:



R
RED (ROJO)

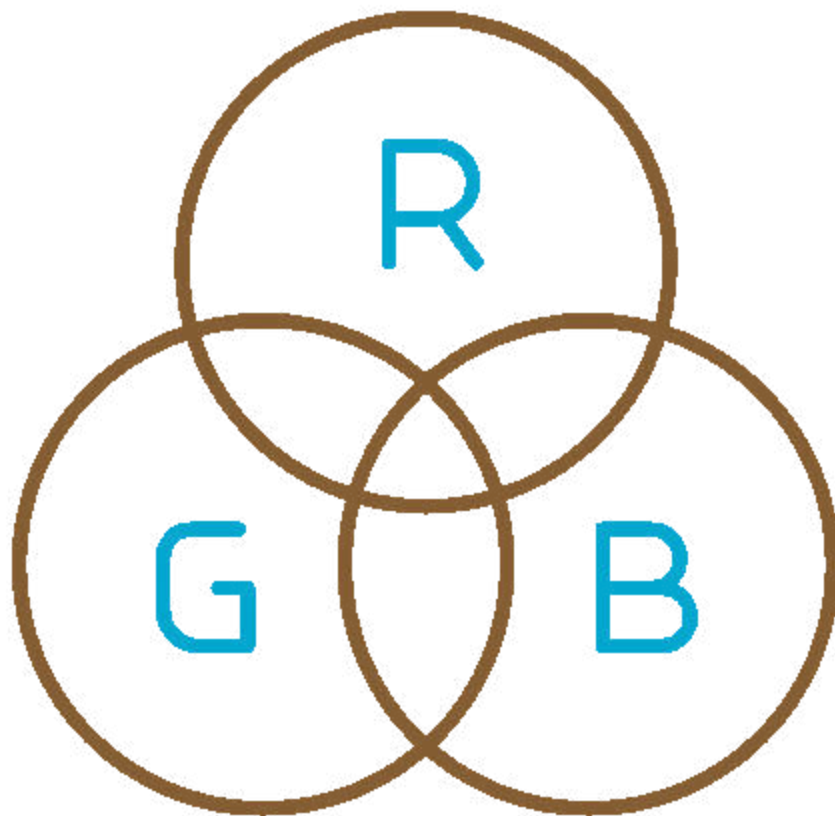


G
GREEN
(VERDE)

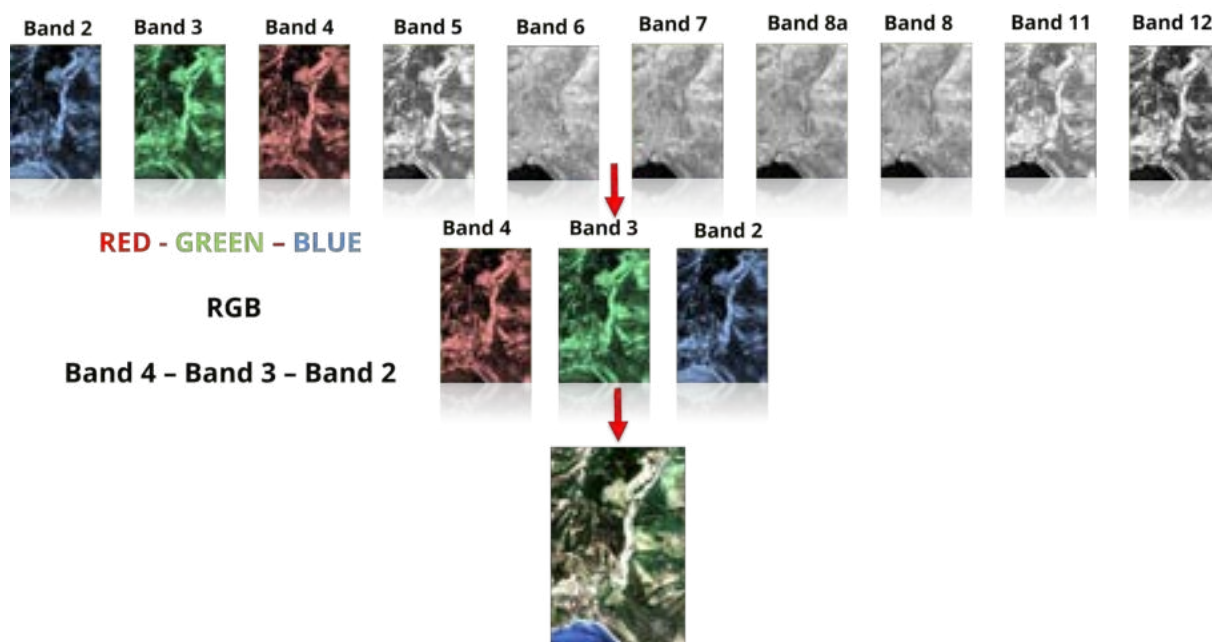


B
BLUE (AZUL)

Cada componente **puede variar en intensidad** de 0 a 255, donde 0 representa la ausencia de color y 255 representa la intensidad máxima de ese color.



Haz clic en la imagen para ampliarla.



Generación de imágenes Rojo-Verde y Azul (RGB). Créditos de la imagen: Carmela Cavallo.

CONTINUAR

Imagen RGB

Mira atentamente la siguiente imagen:



Haz clic en la imagen para ampliarla.



RGB de Google
Earth Pro

RGB de
Sentinel-2

Comparación entre RGB de Google Earth Pro – resolución espacial < 1m y RGB
extraído por Sentinel-2 – resolución espacial 10 m (Cavallo et al., 2022).

i



Cavallo, C., Papa, M. N., Negro, G., Gargiulo, M., Ruello, G., & Vezza, P. (2022). Exploiting Sentinel-2 dataset to assess flow intermittency in non-perennial rivers. Scientific Reports, 12(1), 21756.

¿Eres capaz de ver el río?

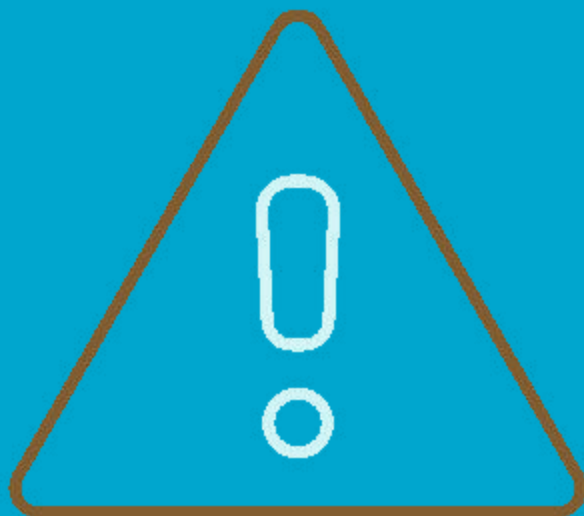


En la imagen se puede observar una comparación entre la imagen RGB proporcionada por Google Earth Pro y la

En esta combinación de colores (Imagen en color verdadero, TCI), el agua en movimiento no es fácilmente distinguible de otros

imagen RGB generada utilizando las bandas de Sentinel-2.

componentes del cauce del río, como la vegetación y los sedimentos.



IMPORTANTE

Dado que las imágenes RGB no permiten diferenciar adecuadamente entre las clases de cobertura del suelo, es más conveniente crear **Imágenes en falso color (FCIs)**, seleccionando otro triplete de bandas, con el fin de mejorar la distinción entre los componentes del cauce.



CONTINUAR

Firmas espectrales de diferentes coberturas terrestres en la literatura



RIVERTEMP

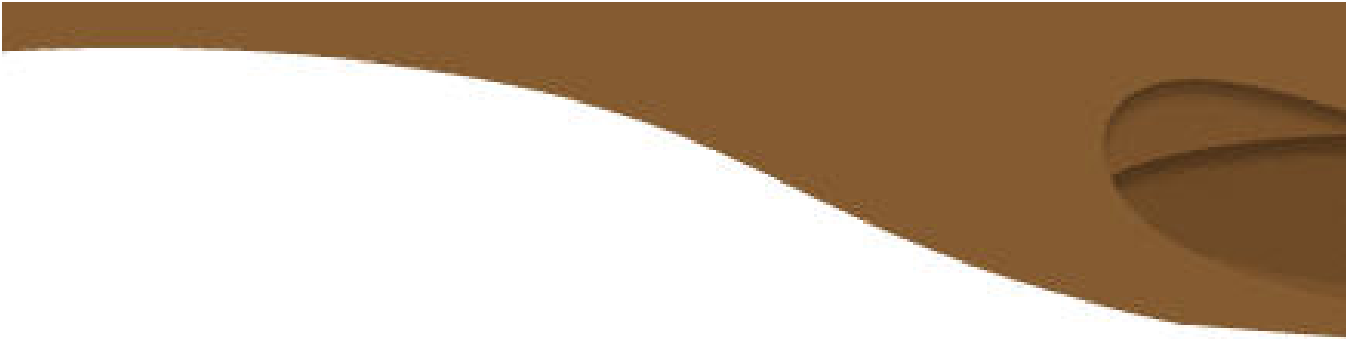
FIRMAS ESPECTRALES

Para identificar una mejor combinación de bandas que permita distinguir varias unidades macro hidromorfológicas (canal húmedo, barras de arena, barras vegetadas), se han analizado las firmas espectrales de las clases de cobertura terrestre.

Antes de proceder con la extracción de las firmas espectrales, intentemos entender qué se entiende por el término "firma espectral".

Diferentes tipos de superficies tienen diferentes comportamientos de reflectividad y, por lo tanto, espectros. Las imágenes de teledetección generalmente presentan superficies como:

- 1 Agua.
- 2 Vegetación.
- 3 Sedimentos desnudos.
- 4 Áreas urbanizadas.



¿A qué se debe esta diferencia?



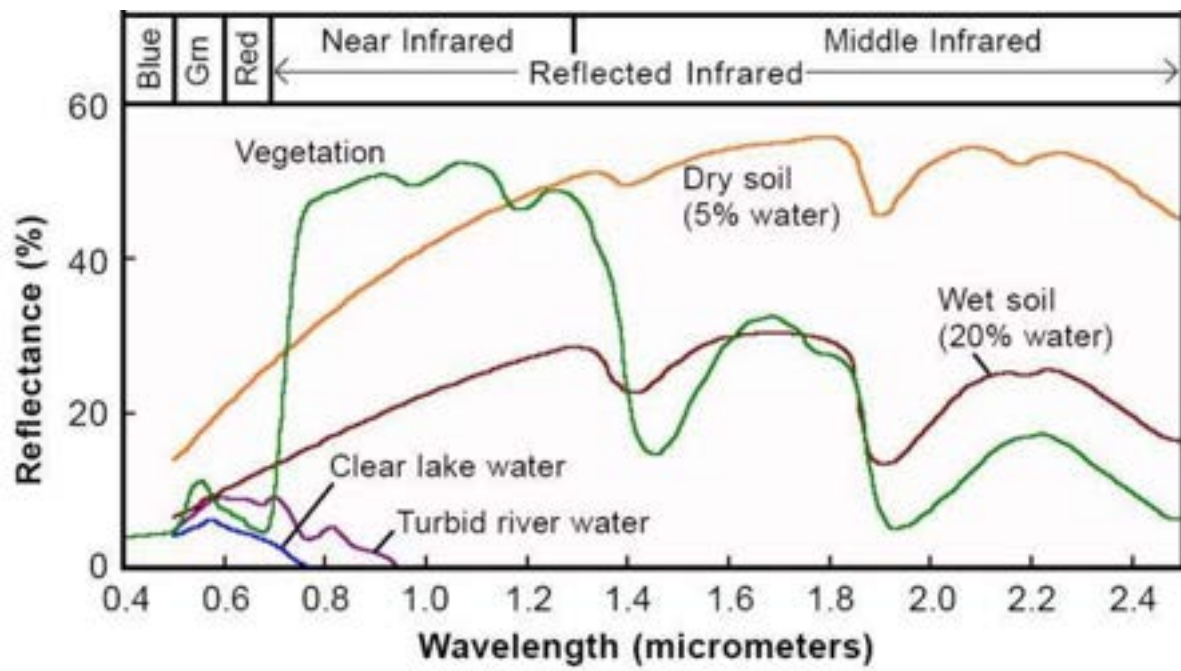
Esta diferencia se debe al hecho de que la cantidad de energía electromagnética reflejada y emitida varía según la longitud de onda incidente y las características del terreno u

objeto.



Haz clic en la imagen para ampliarla.

Teniendo en cuenta la variación de la energía reflejada por un objeto con la longitud de onda particular de tal reflexión, e iterándola a través de un rango de longitudes de onda, se obtiene la “**firma espectral**” del objeto, es decir, su comportamiento espectral.

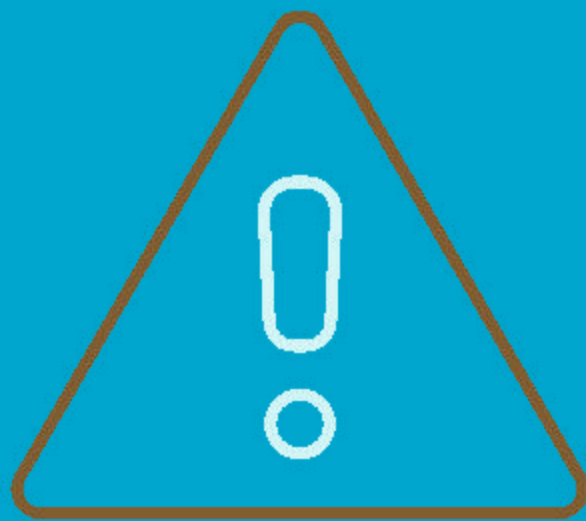


Firmas espectrales del agua, suelo y vegetación (Smith, 2012)

Smith, R. B. (2012). Introduction to hyperspectral imaging. Microimages. Inc, 5-6.
<https://www.microimages.com/documentation/html/Tutorials/hyprspec.htm>

Las coberturas del suelo comúnmente presentes en
ambientes fluviales son:

- 1 Áreas cubiertas por agua.
- 2 Áreas vegetadas (eventualmente distinguiendo la cobertura de césped y arbustos).
- 3 Sedimentos desnudos.



IMPORTANTE

La composición química, física y estructural de las coberturas terrestres puede variar considerablemente, lo que influye en las respuestas espectrales.

CONTINUAR

La firma espectral del agua depende de sus **características químicas y físicas:**



Haz clic en las tarjetas para voltearlas.



Los picos del espectro de reflectancia se encuentran en la banda de longitud de onda verde (0.50–0.56 μm) y disminuyen a medida que aumentan las longitudes de onda,



El espectro de reflectancia del agua turbia muestra valores más altos que el agua clara en la región visible y en el infrarrojo cercano, y se acerca a cero a longitudes de onda más largas.

¿Por qué?



Esto se debe a la concentración y el tamaño de los solutos, sedimentos y materia orgánica, cuya presencia refuerza la reflexión en la banda del infrarrojo cercano.

Normalmente, el agua de los humedales, lagos y ríos contiene partículas sólidas y podría no parecer clara.



Haz clic en las tarjetas para voltearlas.



LAGOS



En general, en ambientes como los **lagos**, la turbidez en las capas superficiales es baja, y el agua en la mayoría de los casos tiene una firma espectral similar a la del agua clara (sólidos en suspensión <10 mg/l).



En los **ríos**, debido al transporte de sólidos, la turbidez puede ser mayor, y la firma espectral puede parecerse a la del agua turbia

En el caso del agua superficial, la turbidez de la capa superior puede ser particularmente alta.

Además, en el caso del agua superficial transparente, la firma espectral puede verse influenciada por el tipo y color del material de fondo.

La respuesta espectral de la vegetación varía, al igual que en el caso del agua, con la longitud de onda y depende de múltiples factores, como:

- 1 El tipo de vegetación.
- 2 La densidad.
- 3 El estado de crecimiento.
- 4 El contenido de humedad.



Haz clic en las pestañas para ver la información.

LONGITUD VISIBLE

LONGITUDES DE ONDA DEL INFRARROJO CERCANO

En el **espectro visible**, los valores de energía reflejada están relacionados con la presencia de pigmentos, como la clorofila.

Para realizar la fotosíntesis, la vegetación absorbe la radiación visible azul y roja, y refleja la verde.

LONGITUD VISIBLE

LONGITUDES DE ONDA DEL INFRARROJO CERCANO

En las **longitudes de onda del infrarrojo cercano** (0.75-1.35 μm), la firma espectral está influenciada por la estructura de la hoja, mientras que en el infrarrojo de onda corta (1.35-2.70 μm) lo está por el contenido de agua.

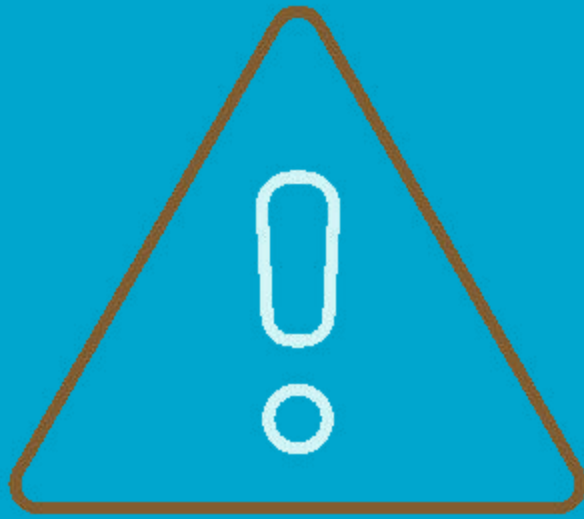
La vegetación sana tiende a mostrar una mayor reflectancia en las longitudes de onda del infrarrojo cercano.

CONTINUAR

Para los **sedimentos**, de igual manera, la reflectancia varía según su composición química y física. Los factores más importantes son:

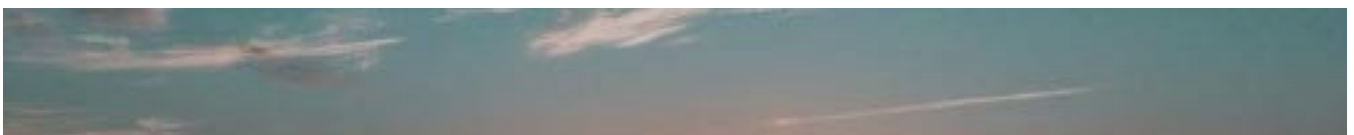
- 1 El contenido de humedad.
- 2 El contenido de sustancia orgánica.
- 3 La textura.





La reflectancia de los sedimentos aumenta con la longitud de onda y disminuye proporcionalmente al contenido de humedad, en correspondencia con los picos de absorción del agua.

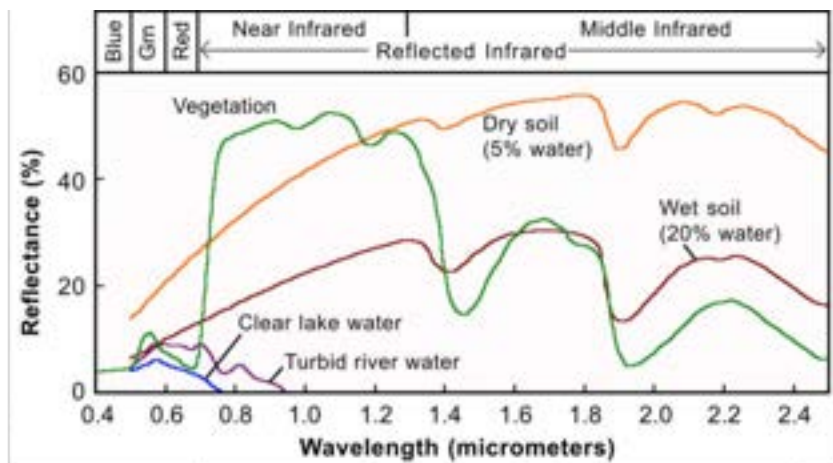
(Por ejemplo: 1.4, 1.9, 2.7 μm).



La reflectancia de un suelo húmedo es menor que la de un suelo seco.



Haz clic en la imagen para ampliarla.



Water



Soil



Vegetation





Smith, R. B. (2012). Introduction to hyperspectral imaging. Microimages. Inc, 5-6.
<https://www.microimages.com/documentation/html/Tutorials/hyprspec.htm>

CONTINUAR

¿Cómo construir la firma espectral de las coberturas terrestres?

Las diferencias en las firmas espectrales

Para distinguir mejor entre las diversas unidades macro hidro-morfológicas (canal húmedo, barras de arena, barras vegetadas), se deben investigar y aprovechar las diferencias en las firmas espectrales.

Polígonos en software GIS

A partir de las imágenes de Muy Alta Resolución (VHR) proporcionadas por Google Earth Pro y UAV (como drones), así como de las imágenes geolocalizadas, se dibujaron varios polígonos en el software GIS para cada clase de cobertura terrestre identificada.

Las cuatro clases

Las cuatro clases han sido:

1. Agua.
2. Sedimentos desnudos.
3. Hierba.
4. Arbustos.

Superposición con imágenes de Sentinel-2

Una vez obtenidos, los polígonos georreferenciados de cada clase se han superpuesto a las imágenes de Sentinel-2 con el fin de obtener la firma espectral de la cobertura terrestre tal como la recibe el satélite.

Traza las firmas espectrales

Para cada clase de cobertura, las firmas espectrales a través de las bandas de S2 se trazaron utilizando los píxeles contenidos en los respectivos polígonos.

Excepción a las bandas de S2

Se utilizaron todas las bandas de S2, excepto las bandas atmosféricas B1, B9 y B10.



Haz clic en la imagen para ampliarla.

-  Aguas profundas
-  Aguas superficiales
-  Sedimentos
-  Vegetación

Ortofoto adquirida con Dron



Primer paso:

Dibuja polígonos de diferentes clases de cobertura terrestre sobre imágenes de muy alta resolución (VHR) adquiridas por dron o disponibles en Google Earth Pro.

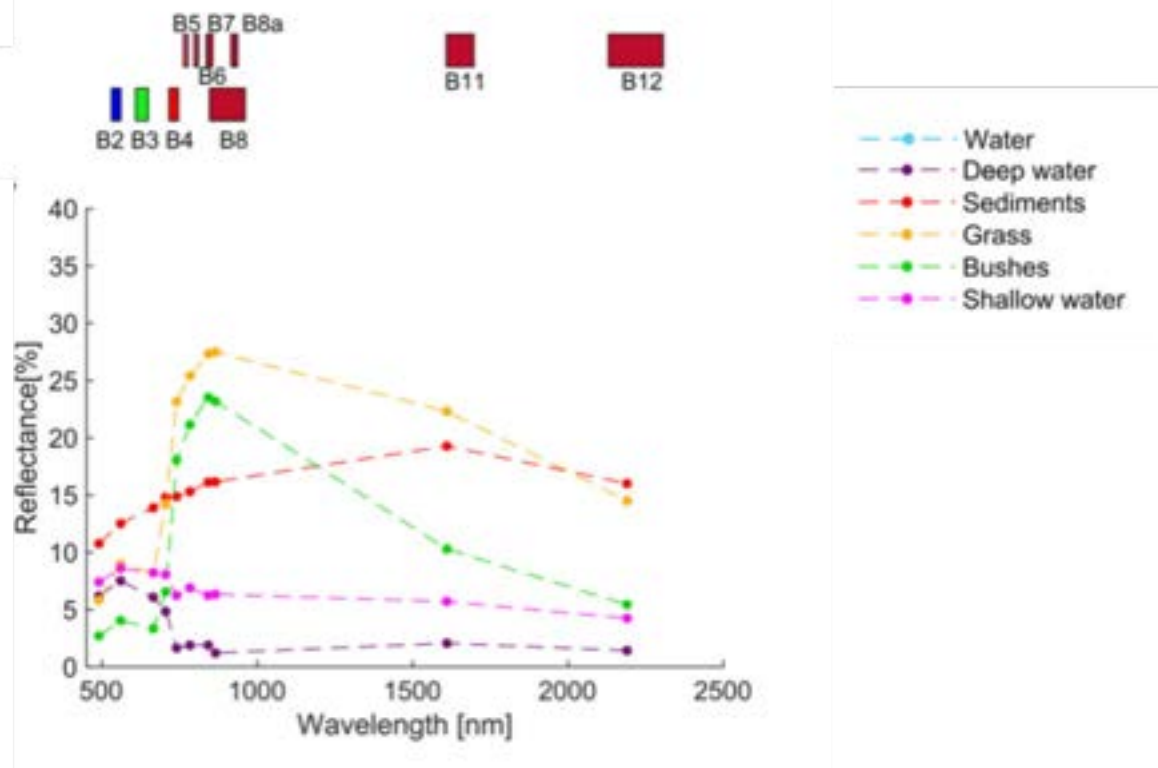
CONTINUAR

Firmas espectrales de diferentes coberturas terrestres en ríos temporales extraídas de Sentinel-2

Aviso: esta figura muestra un ejemplo de una firma espectral extraída a lo largo de un río temporal en el sur de Italia.



Haz clic en la imagen para ampliarla.



Firmas espectrales de las coberturas terrestres dentro del corredor fluvial (Cavallo et al., 2022).

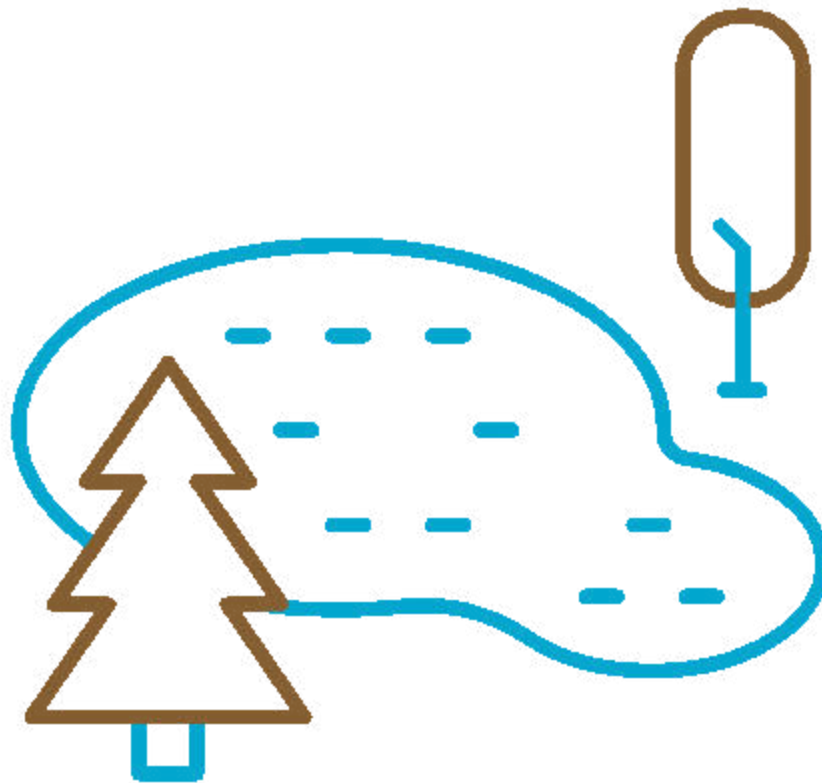


Cavallo, C., Papa, M. N., Negro, G., Gargiulo, M., Ruello, G., & Vezza, P. (2022). Exploiting Sentinel-2 dataset to assess flow intermittency in non-perennial rivers. *Scientific Reports*, 12(1), 21756.



Segundo paso:

Para cada banda, calcula el valor promedio de reflectancia sobre los polígonos dibujados en el primer paso con el fin de obtener el gráfico de las firmas espectrales (reflectancia sobre longitud de onda).



Es evidente que las firmas espectrales tanto de la vegetación como de los sedimentos reflejan la forma y la tendencia de las firmas espectrales documentadas en la literatura existente.

Aguas profundas

De manera similar ocurre con la firma espectral de las "aguas profundas".

Aguas superficiales

La firma espectral de las "aguas superficiales", en cambio, exhibe valores de reflectancia notablemente altos en las longitudes de onda del infrarrojo (por encima de 700 nm), mostrando un patrón completamente distinto al documentado en la literatura.





Esto implica que la firma espectral del agua varía con la profundidad.

En particular, **a medida que disminuye la profundidad, los valores de reflectancia en las longitudes de onda del infrarrojo aumentan**, ya que la firma espectral se ve afectada por el material subyacente.

Así, **en la respuesta del agua superficial, tanto el agua como los sedimentos subyacentes contribuyen.**

Generalmente, durante la **temporada de verano**, los ríos temporales (TR) se caracterizan por **aguas superficiales**, por lo que la firma espectral del agua se alinea estrechamente con la representada en el '**color magenta**'.

CONTINUAR

¿Cuál es la mejor combinación de bandas de color falso?



¿Cuál es la mejor combinación de bandas de color falso para distinguir el agua

en ríos temporales?



Teniendo en cuenta las firmas espectrales representadas anteriormente, trata de identificar las bandas en las que las clases de cobertura terrestre del corredor fluvial son mejor distinguibles.

Navegador Copernicus

Comienza a explorar el Navegador Copernicus (Navegador del Ecosistema del Espacio de Datos Copernicus) y prueba diversas combinaciones hasta identificar el mejor triplete de

bandas que, en tu opinión, permita distinguir el agua de los otros componentes del corredor fluvial.

Navegador Copernicus:

<https://dataspace.copernicus.eu/browser/>

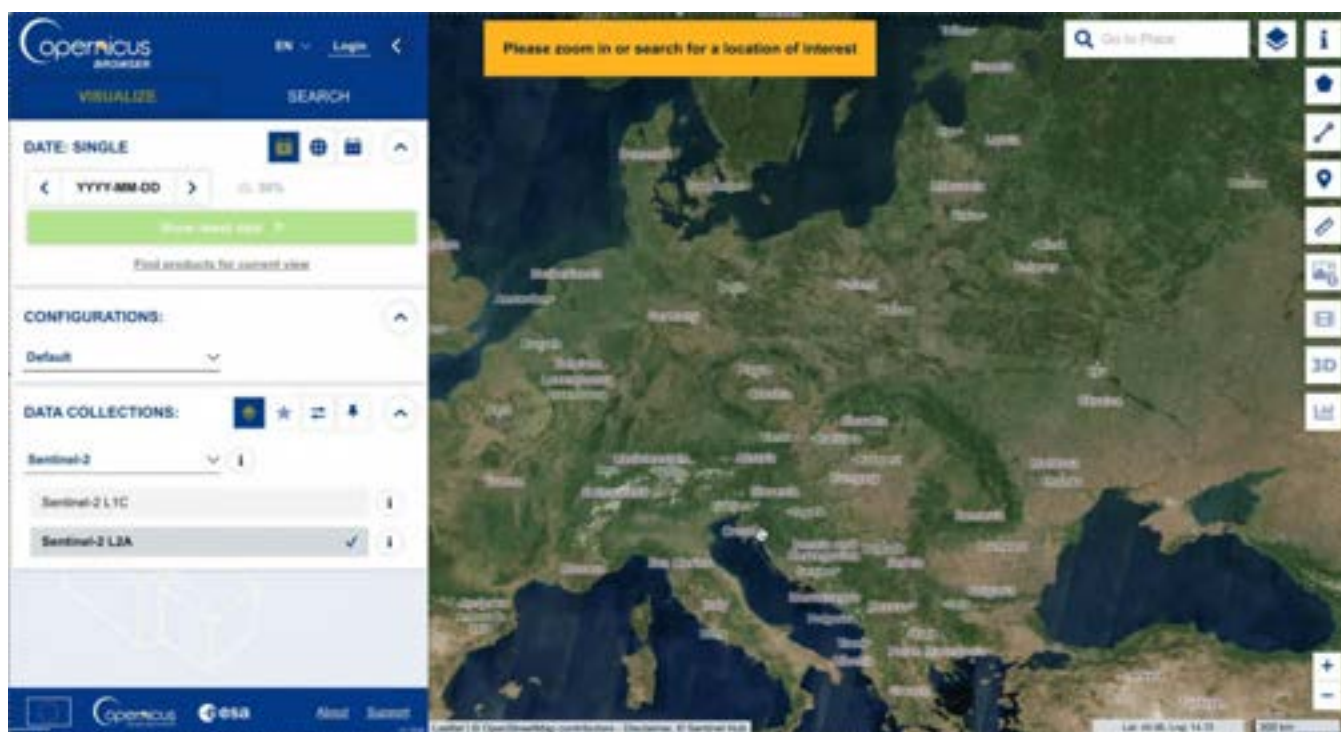
La identificación de la presencia de agua a lo largo de los ríos temporales

La tarea consiste en examinar varias propuestas de imágenes de color falso, cambiando el triplete de bandas y experimentando con la plataforma Copernicus Browser, para determinar la combinación que mejor permita la identificación de la presencia de agua a lo largo de los ríos temporales.

Consulta el tutorial para aprender a usar la plataforma Copernicus Browser.

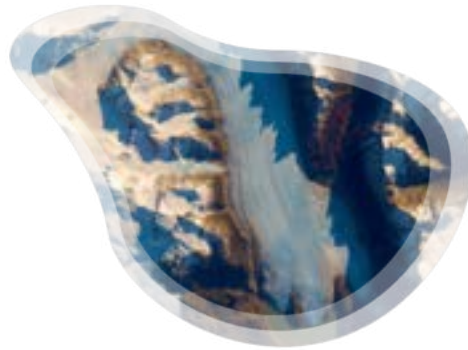


Haz clic en la imagen para ver el vídeo.



Haz clic en el botón INICIAR y descubre cada uno de los pasos.

Instrucciones



Acceder al Navegador Copernicus

- Inicia sesión en Copernicus a través de tu navegador web favorito.
- Si no tienes una cuenta, regístrate gratuitamente para acceder a funciones adicionales.

Cargando imágenes de Sentinel-2

- Una vez iniciada la sesión, selecciona la plataforma Sentinel-2 en la pestaña "discover".
- En la ventana izquierda, selecciona el rango de fechas deseado de la imagen a la que quieres acceder.
- Selecciona el área geográfica de interés a través de la ventana de navegación.

Selecciona la imagen que quieres ver

- Dibuja un polígono utilizando el ícono en la parte superior derecha del mapa visualizado para identificar mejor un área de estudio correspondiente a un tramo de río.
- Haz clic en "Buscar"
- Selecciona la imagen satelital para visualizarla según la fecha de interés y las condiciones de visualización preferidas

Crea una combinación de color falso

- Bajo la pestaña "Visualizar", selecciona "Personalizado".
- Elige una combinación diferente de bandas arrastrando y soltando las bandas deseadas en el canal RGB.
- Evalúa los resultados.

En tu opinión, **¿Cuál es la mejor combinación de bandas para distinguir claramente la presencia de agua a lo largo de los ríos?**



CONTINUAR

¿Cuál es la combinación de bandas óptima que has identificado?

¿Quieres saber cuál es la combinación de bandas óptima que hemos
identificado?





Haz clic en la tarjeta para voltearla.



Nuestra elección es:
B11-B8-B4

¿Cómo lo hemos hecho?



01

Observamos que las clases de agua, pasto y arbustos son poco distinguibles en imágenes RGB, porque los valores de reflectancia de los canales rojo (B4), verde (B3) y azul (B2) son muy similares. Sin embargo, estas bandas nos permiten diferenciar fácilmente las clases mencionadas de los sedimentos.

02

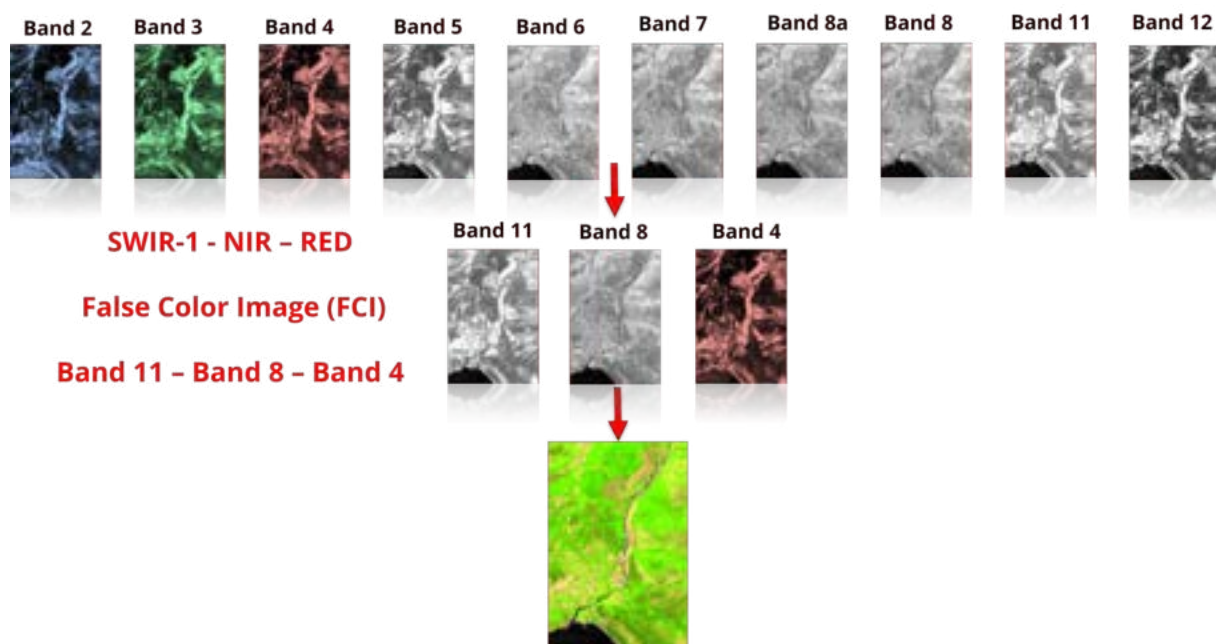
En cambio, el agua y la vegetación tienen un comportamiento espectral diferente en las regiones NIR y SWIR, por lo que al utilizar bandas en estas regiones, se pueden diferenciar mejor las dos clases.

03

Finalmente, la composición óptima se obtuvo insertando en el triplete RGB respectivamente las bandas B11 del SWIR, B8 del NIR y B4 del visible. Esta selección se hizo prefiriendo las bandas que tienen una resolución espacial de 10 m (B8, B4), y luego utilizando la de 20 m de resolución de la región SWIR (B11).



Haz clic en la imagen para ampliarla.



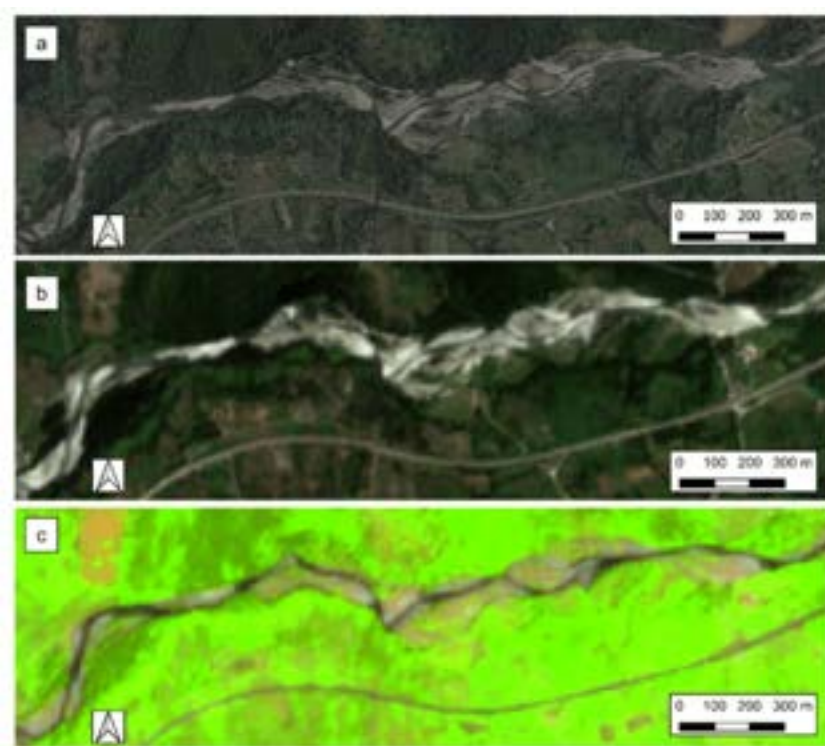
Composición de Imágenes en Falso Color (FCI). Créditos de la imagen: Carmela Cavallo.

CONTINUAR

Comparación entre imágenes RGB e Imágenes en Falso Color (FCI)



Haz clic en la imagen para ampliarla.



RGB from Google Earth Pro

RGB from Sentinel-2

FCI from Sentinel-2

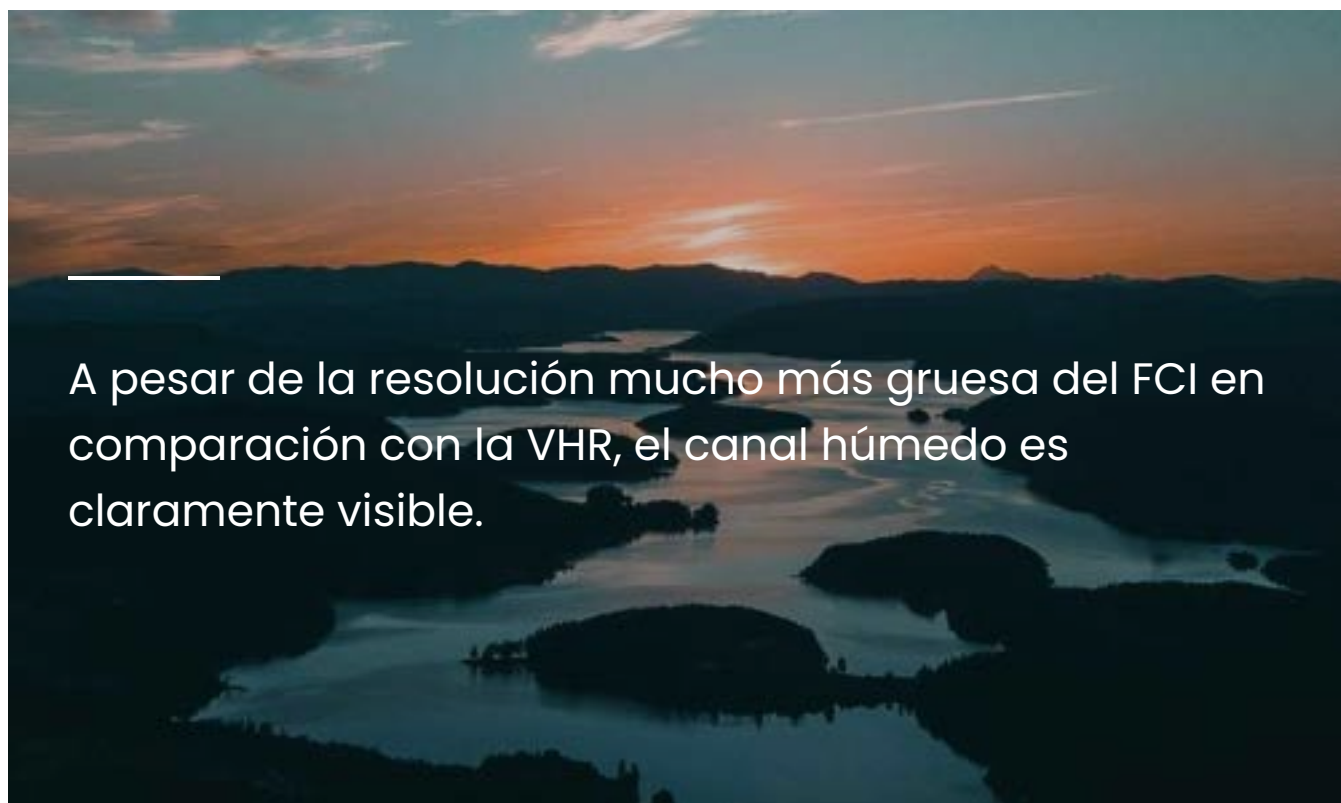
Comparación entre el RGB proporcionado por Google Earth Engine y el RGB y FCI extraídos por Sentinel-2 (Cavallo et al., 2022)



Cavallo, C., Papa, M. N., Negro, G., Gargiulo, M., Ruello, G., & Vezza, P. (2022). Exploiting Sentinel-2 dataset to assess flow intermittency in non-perennial rivers. *Scientific Reports*, 12(1), 21756.

Esta figura ilustra la comparación entre el RGB obtenido de Google Earth Engine (Figura a) y el RGB (Figura b) y FCI (Figura c) extraídos de Sentinel-2.

A partir de ella, se puede observar que el FCI es muy eficaz para resaltar el canal húmedo, que queda evidenciado y aparece con buen detalle.



CONTINUAR

Referencias



Referencias bibliográficas

En el desarrollo de cualquier curso académico, las referencias bibliográficas juegan un papel crucial al proporcionar el apoyo teórico y práctico necesario para el material impartido.

Las referencias no solo refuerzan la credibilidad de los materiales de estudio, sino que también

Este conjunto de referencias ha sido cuidadosamente seleccionado para

permiten a los estudiantes explorar los temas tratados con mayor profundidad, adquiriendo una comprensión más profunda de los conceptos clave y descubriendo nuevas perspectivas.

proporcionar una base sólida de conocimiento, abarcando una variedad de fuentes, incluidos libros, artículos académicos, investigaciones recientes y recursos digitales.



Esperamos que estas referencias sean una herramienta valiosa para el aprendizaje, fomentando una comprensión integral y crítica de los temas abordados en este curso.

Cavallo, C., Papa, M. N., Gargiulo, M., Palau-Salvador, G., Vezza, P., & Ruello, G. (2021a). Continuous monitoring of the flooding dynamics in the albufera wetland (Spain) by landsat-8 and sentinel-2 datasets. *Remote Sensing*, 13(17).

Cavallo, C., Nones, M., Papa, M. N., Gargiulo, M., & Ruello, G. (2021b). Monitoring the morphological evolution of a reach of the Italian Po River using multispectral satellite imagery and stage data. *Geocarto International*, 37(25), 8579-8601

Cavallo, C., Papa, M. N., Negro, G., Gargiulo, M., Ruello, G., & Vezza, P. (2022a). Exploiting Sentinel-2 dataset to assess flow intermittency in non-perennial rivers. *Scientific Reports*, 12(1), 21756.

Cavallo, C. (2022b). Monitoring freshwater environments by satellite data. PhD dissertation.

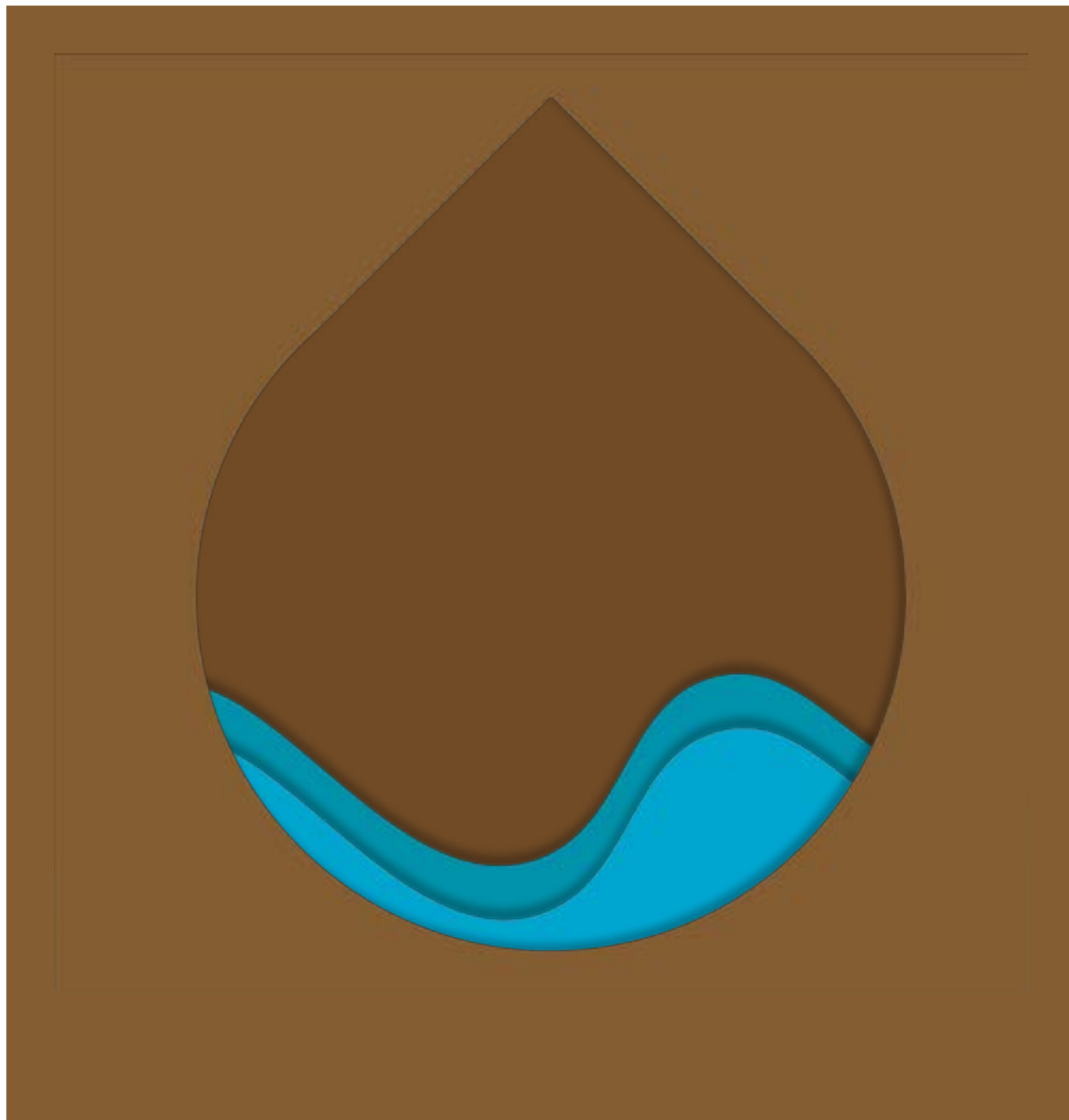
Pettorelli, N., Schulte to Bühne, H., Shapiro, A. C., & Glover-Kapfer, P. (2018). Satellite Remote Sensing for Conservation. WWF Conservation Technology Series 1(4). WWF.

Smith, R. B. (2012). Introduction to hyperspectral imaging. Microimages. Inc, 5-6.
<https://www.microimages.com/documentation/html/Tutorials/hyprspec.htm>

Yeung, S. (n.d.). Tutorial 1: Introduction to computer vision. Stanford AI Lab.
<https://ai.stanford.edu/~syyeung/cvweb/tutorial1.html>

CONTINUAR

Cierre



Enhorabuena!

Has **completado** este módulo.

¡Felicidades por tu logro! Has comprendido cómo utilizar imágenes satelitales para identificar la presencia de agua a lo largo de ríos temporales. Sigue avanzando en tu camino a través de los módulos siguientes e intenta utilizar imágenes en falso color de la misión Sentinel-2 para identificar la presencia de agua en ríos temporales.

¡Continuemos con el módulo 3!

MÓDULO 3: Clasificación de las condiciones hidrológicas: flujo, encharcamiento, seco



En este módulo aprenderemos a clasificar las condiciones hidrológicas de los ríos temporales utilizando imágenes de satélite.

¡EMPECEMOS!

1. OBJETIVOS. RESULTADOS DEL APRENDIZAJE. INTRODUCCIÓN



Objetivos y resultados del aprendizaje



Introducción

2. ETAPAS DEL ECOSISTEMA RELACIONADAS CON CADA CONDICIÓN HIDROLÓGICA



Fauna que habita durante cada condición hidrológica



Etapas del ecosistema relacionadas con cada condición hidrológica

3. DISTINCIÓN DE LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS MEDIANTE IMÁGENES DE SATÉLITE



Aprende a distinguir las condiciones hidrológicas mediante imágenes de satélite

 Condiciones especiales para el uso de imágenes de satélite

4. PRUEBA DEL RECONOCIMIENTO DE LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS

 Un estudio de caso mediterráneo: Río Palancia

 Test

5. REFERENCIAS

 Referencias

6. CIERRE

 Cierre

Objetivos y resultados del aprendizaje



Los **4 Objetivos y resultados del aprendizaje** de este módulo son los siguientes



Clica en los botones para obtener más información.

1



2

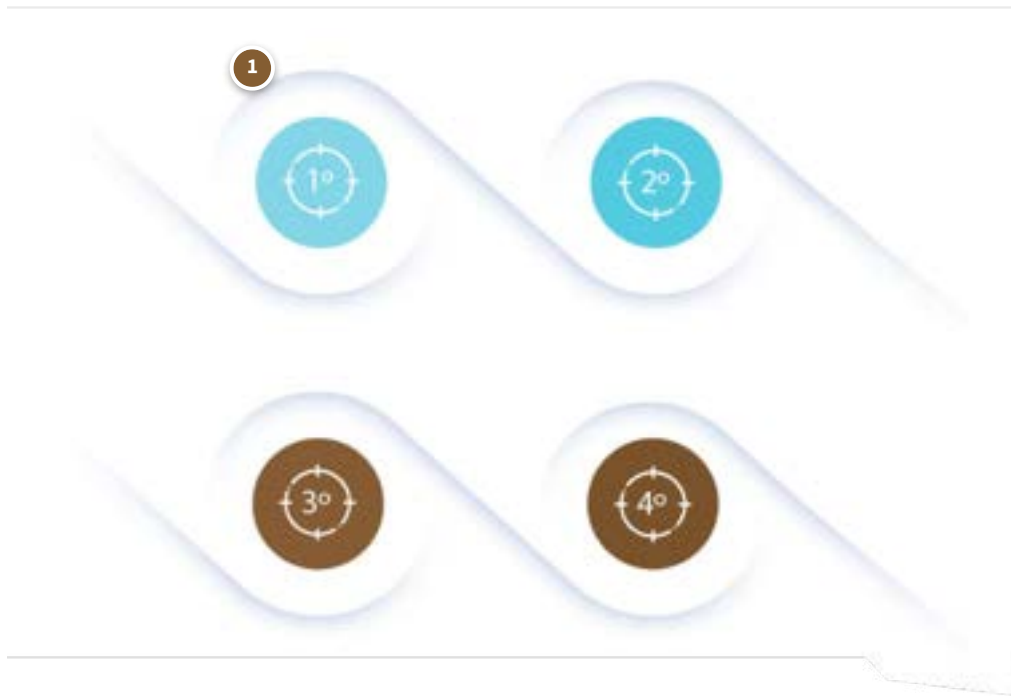


3



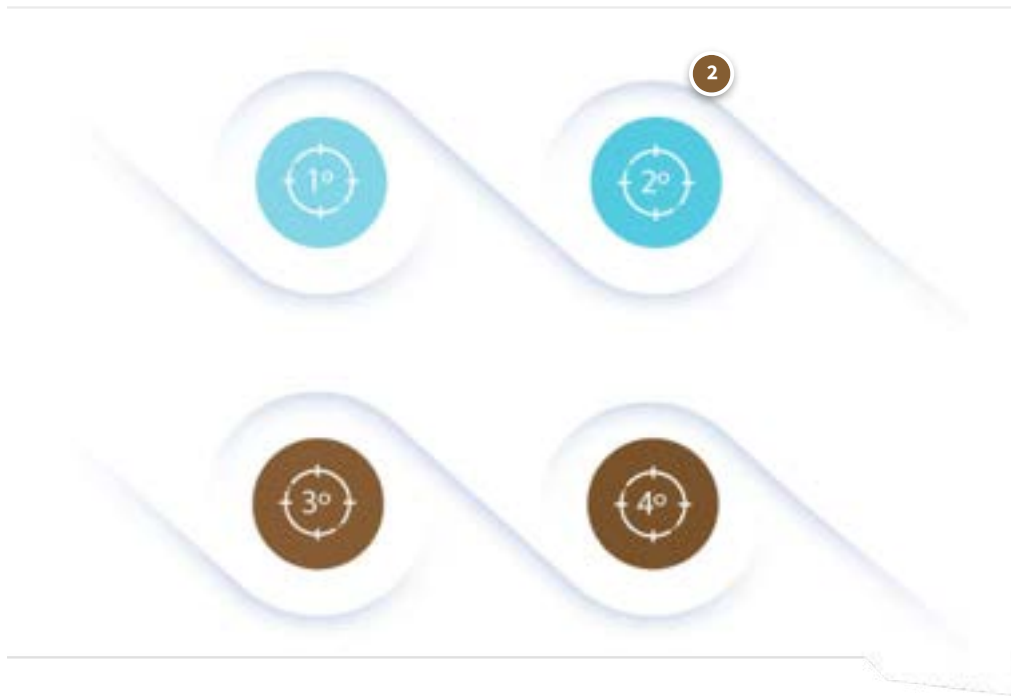
4





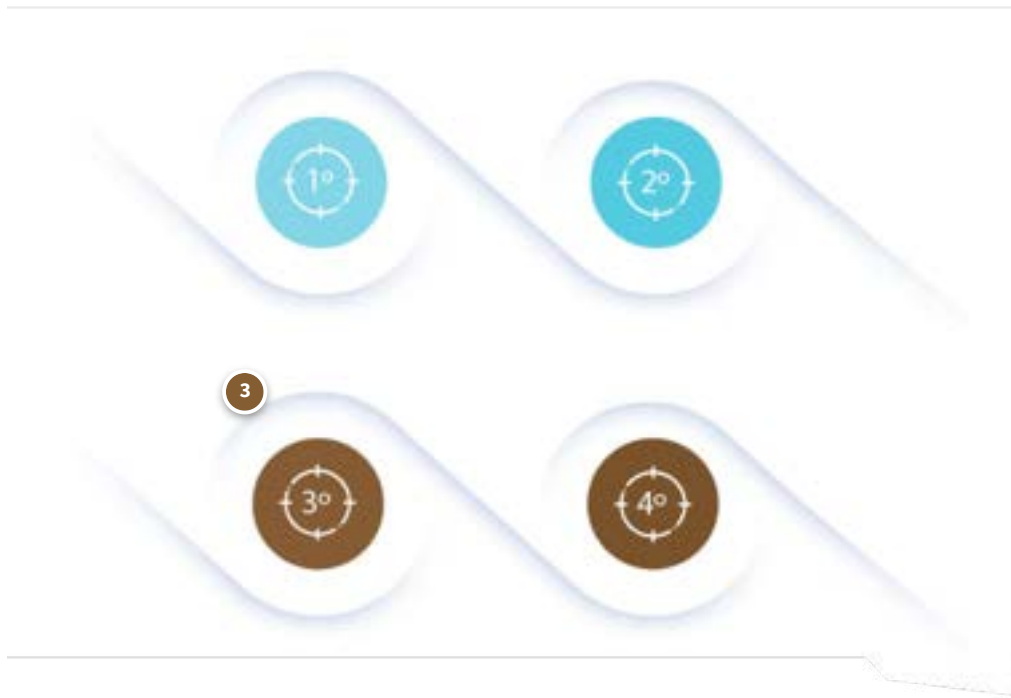
1

Entender la relación entre **la presencia de agua y las funciones del ecosistema**



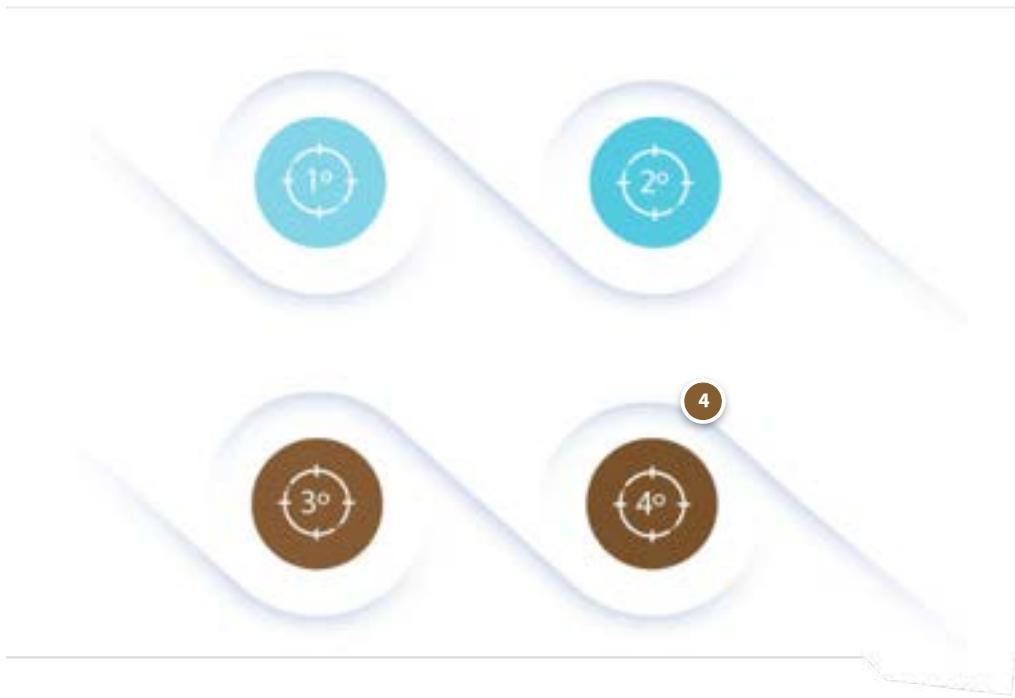
2

Aprende a distinguir **condiciones hidrológicas** (flujo, encharcamiento, seco) a través de **imágenes de satélite**



3

Reconocer la presencia de agua en ríos y distinguirla de sedimentos y vegetación



4

Gestionar la presencia de nubes y sombras en **las imágenes del Sentinel-2**

CONTINUAR

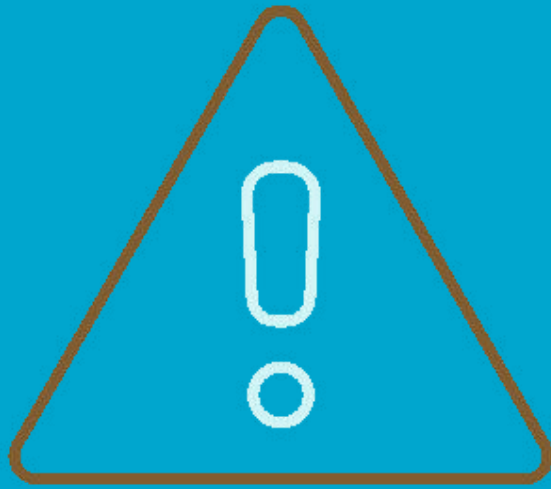
Introducción

¿Cómo clasificar las condiciones hidrológicas?



En este módulo aprenderás **cómo clasificar las condiciones hidrológicas** de los ríos temporales **utilizando**

imágenes de satélite.



IMPORTANTE

Recuerda que en los ríos temporales pueden presentarse tres condiciones hidrológicas:



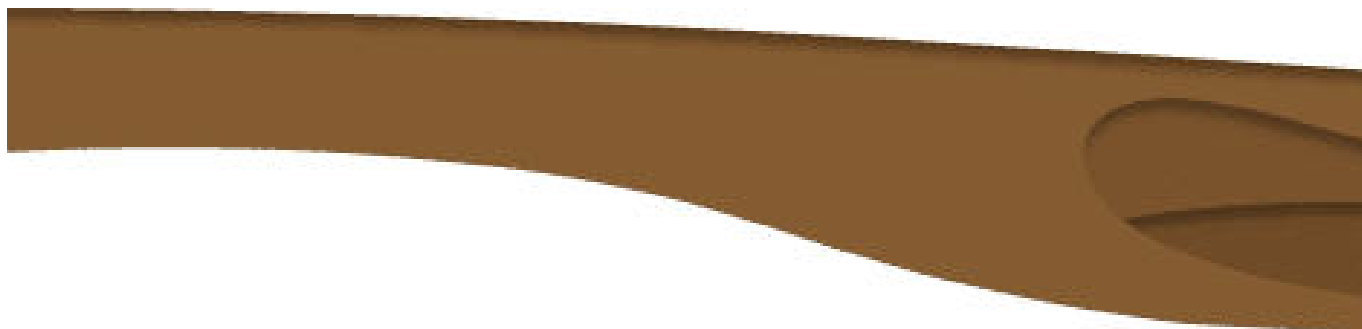
Condición de flujo (F)
Flujo de agua continuo y visible a lo largo del tramo de río analizado.



Condición de estancamiento (P)
Presencia discontinua de agua: el agua superficial se encuentra en estanques, pozas o partes aisladas del canal de bajo caudal



Condición seco (D)
Ausencia de agua superficial, con lecho seco.



Clica en las imágenes para agrandarlas.



Río Sciara Potamo, Salerno (IT) en tres condiciones hidrológicas:

a) río fluyendo, b) río estancado, y c) río seco.

Crédito de las fotografías Carmela Cavallo (Cavallo et al., 2022)



Cavallo, C., Papa, M. N., Negro, G., Gargiulo, M., Ruello, G., & Vezza, P. (2022). Explotación del conjunto de datos Sentinel-2 para evaluar la intermitencia del caudal en ríos no perennes. *Scientific Reports*, 12(1), 21756.

CONTINUAR

Fauna que habita durante cada condición hidrológica



Los ríos temporales (TR) pueden albergar tanto **Invertebrados terrestres y semiacuáticos** (denominados "**ITS**", por sus siglas en español), que habitan diferentes tipos de hábitats en función de las condiciones hidrológicas del río ("fluye", "encharcado" o "seco").



Haz clic en las imágenes para ampliarlas.



**Gomphidae en el río
Pellice (Italia)**



**Heptageniidae en el río
Pellice (Italia)**



**Trichoptera en el arroyo
Dece (Italia)**

Créditos de las fotos Beatrice Pinna

Estos hábitats pueden ser:

1

Líneas de costa

2

Barras fluviales

3

Unsaturated sediment units

4

Cauces secos

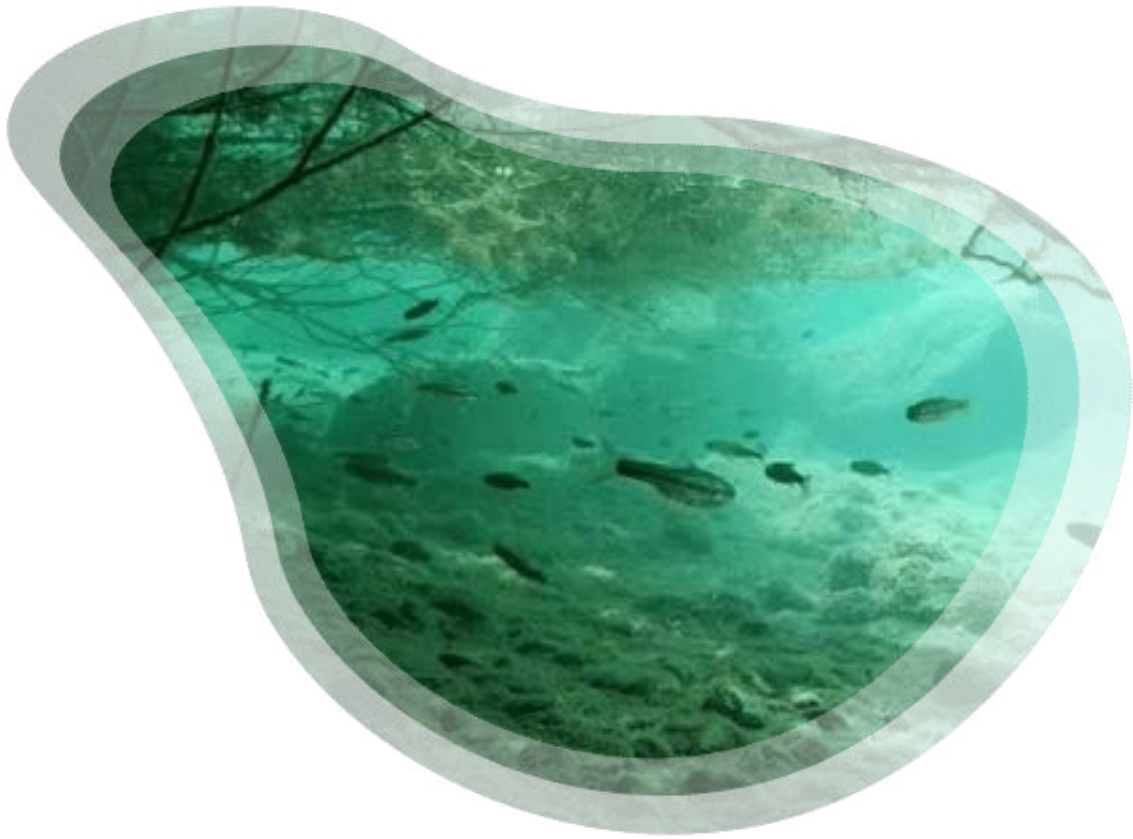
5

Zonas ribereñas

6

Llanuras aluviales





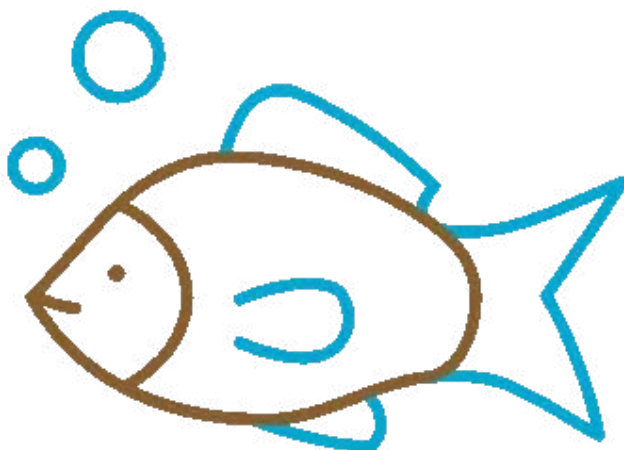
Peces recuperándose en un estanque del río Trebbia.

Créditos de las fotos Paolo Vezza

El **fenómeno de desecación de los TR** elimina el hábitat para los invertebrados acuáticos y los peces, pero representa una expansión potencial del hábitat para la fauna terrestre que puede colonizar la superficie adicional expuesta del lecho del río.

CONTINUAR

Etapas del ecosistema relacionadas con cada condición hidrológica



Las figuras A a F presentan seis diagramas conceptuales de las etapas del ecosistema basados en las condiciones hidrológicas de un río temporal genérico.

Obsérvese que la transición entre etapas puede ser gradual a lo largo del tiempo.



Haz clic en las pestañas para ver la información.

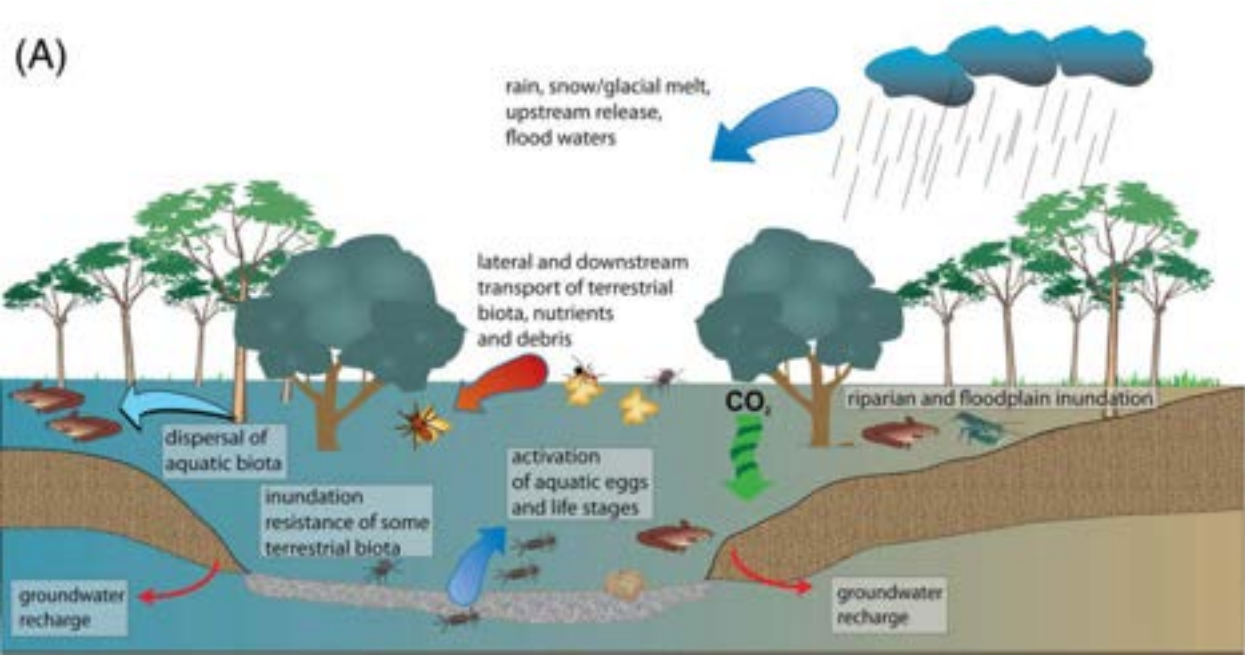
A. ESTADO DEL FLUJO DURANTE UNA INUNDACIÓN POR DESBORDAMIENTO

B. CONDICIÓN DE FLUJO DURANTE UN EVENTO DE FLUJO COMÚN

C. ESTANCAMIENTO TRAS EL CESE DEL FLUJO

La dispersión de la fauna acuática y terrestre se produce durante estos eventos.
(Steward et al., 2022)

(Haz clic en la imagen para ampliarla)



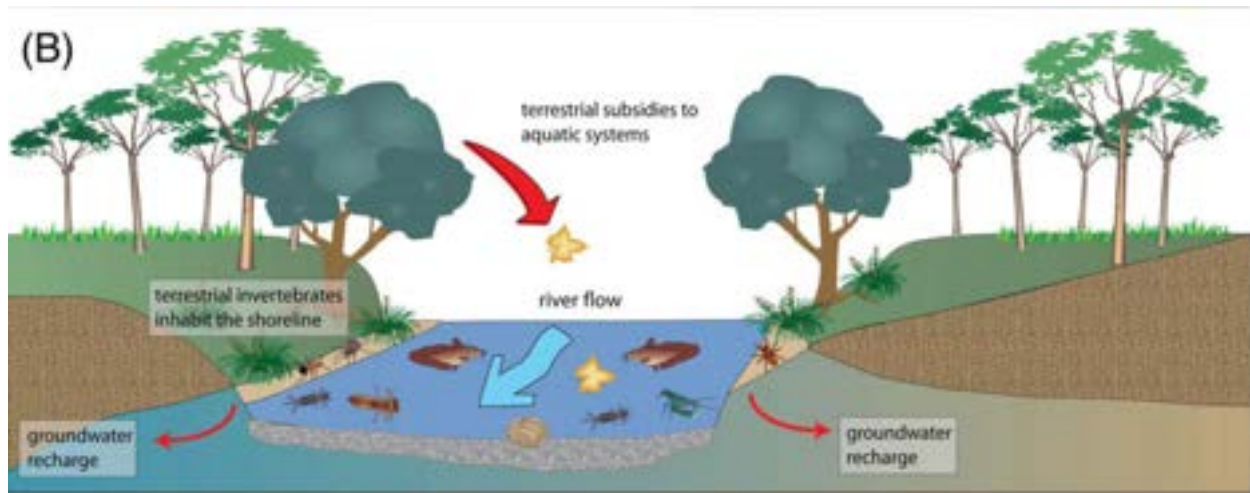
A. ESTADO DEL FLUJO DURANTE UNA INUNDACIÓN POR DESBORDAMIENTO

B. CONDICIÓN DE FLUJO DURANTE UN EVENTO DE FLUJO COMÚN

C. ESTANCAMIENTO TRAS EL CESE DEL FLUJO

Los invertebrados terrestres habitan en el litoral, la hojarasca y los restos leñosos.

(Haz clic en la imagen para ampliarla)



**A. ESTADO DEL FLUJO DURANTE
UNA INUNDACIÓN POR
DESBORDAMIENTO**

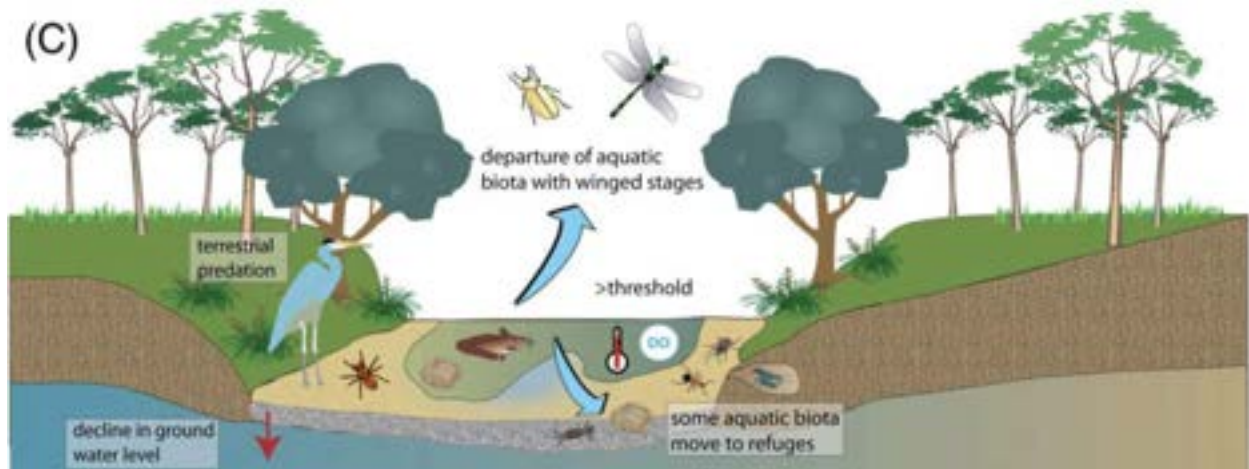
**B. CONDICIÓN DE FLUJO
DURANTE UN EVENTO DE FLUJO
COMÚN**

**C. ESTANCAMIENTO TRAS EL
CESE DEL FLUJO**

- Los ITS (Invertebrados Terrestres y Semiacuáticos) colonizan el lecho del río en zonas en desecación.
- La biota acuática se desplaza a refugios, y se observa la emergencia de estadios alados o la huida.
- Comienza la depredación terrestre de especies acuáticas.

(Haz clic en la imagen para ampliarla)

(C)



Leyenda: Imágenes A a C

i

Referencia:

Steward, A. L., Datry, T., & Langhans, S. D. (2022). The terrestrial and semi-aquatic invertebrates of intermittent rivers and ephemeral streams. *Biological Reviews*, 97(4), 1408-1425.

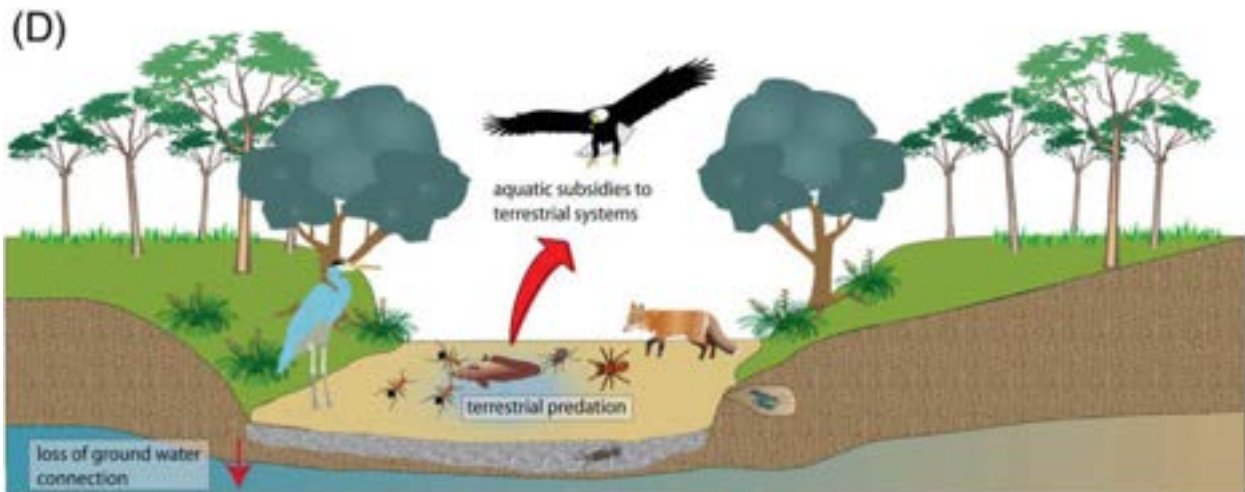
D. ESTANQUEIDAD CON PÉRDIDA DE AGUA SUPERFICIAL

E. ESTADO SECO A CORTO PLAZO

F. ESTADO SECO A LARGO PLAZO

La depredación terrestre aumenta debido a la reducción del agua superficial por evaporación y a la desconexión con los acuíferos subsuperficiales.

[\(Haz clic en la imagen para ampliarla\)](#)



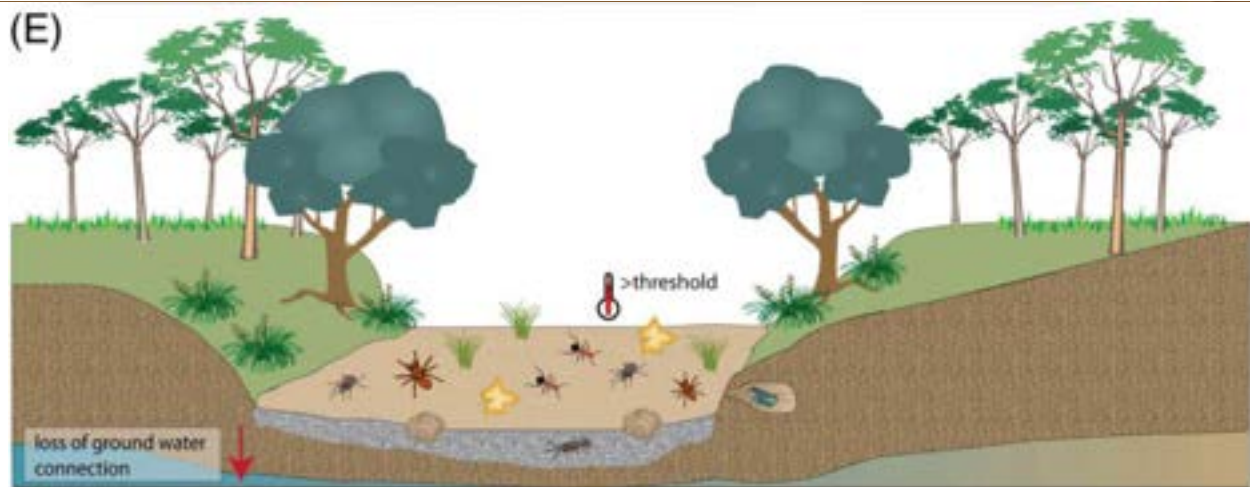
D. ESTANQUEIDAD CON PÉRDIDA DE AGUA SUPERFICIAL

E. ESTADO SECO A CORTO PLAZO

F. ESTADO SECO A LARGO PLAZO

Los taxones capaces de tolerar la desecación a corto plazo pueden excavar para evitar a los depredadores y permanecer en refugios caracterizados por una elevada humedad del suelo.

[\(Haz clic en la imagen para ampliarla\)](#)



**D. ESTANQUEIDAD CON PÉRDIDA
DE AGUA SUPERFICIAL**

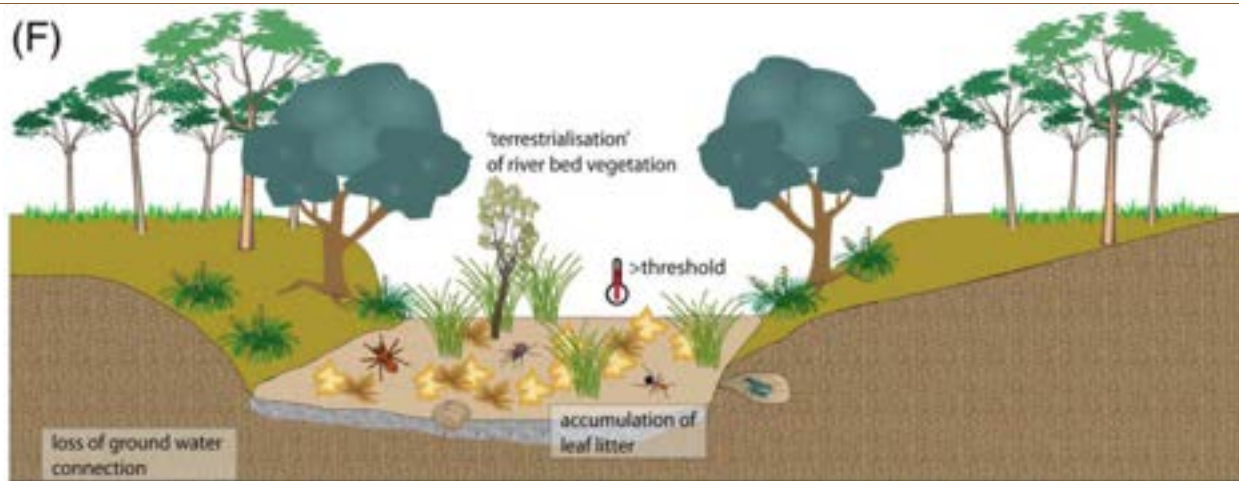
E. ESTADO SECO A CORTO PLAZO

F. ESTADO SECO A LARGO PLAZO

- Los cauces secos se transforman progresivamente en ambientes terrestres.
- La desecación prolongada puede ser severa: las zonas expuestas sin vegetación experimentan menor humedad, mayores fluctuaciones de temperatura y radiación solar entre día y noche.
- La vegetación en el cauce principal y las zonas ribereñas sombreadas ralentiza la desecación.
- En esta fase también ocurre acumulación de hojarasca y pérdida de conexión con aguas subterráneas.

(Haz clic en la imagen para ampliarla)

(F)



Leyenda: Imágenes D a F

i

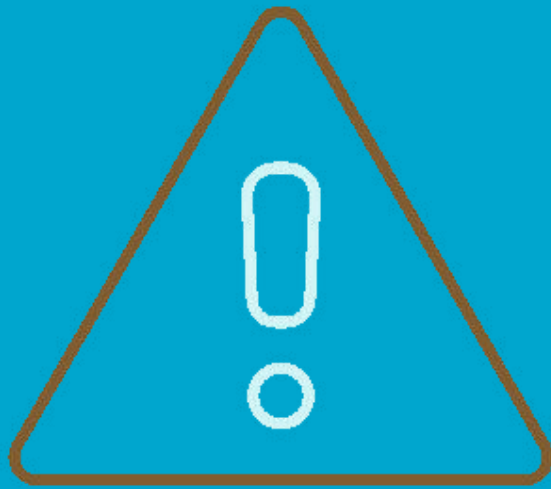
**Referencia:**

Steward, A. L., Datry, T., & Langhans, S. D. (2022). The terrestrial and semi-aquatic invertebrates of intermittent rivers and ephemeral streams. *Biological Reviews*, 97(4), 1408-1425.

CONTINUAR

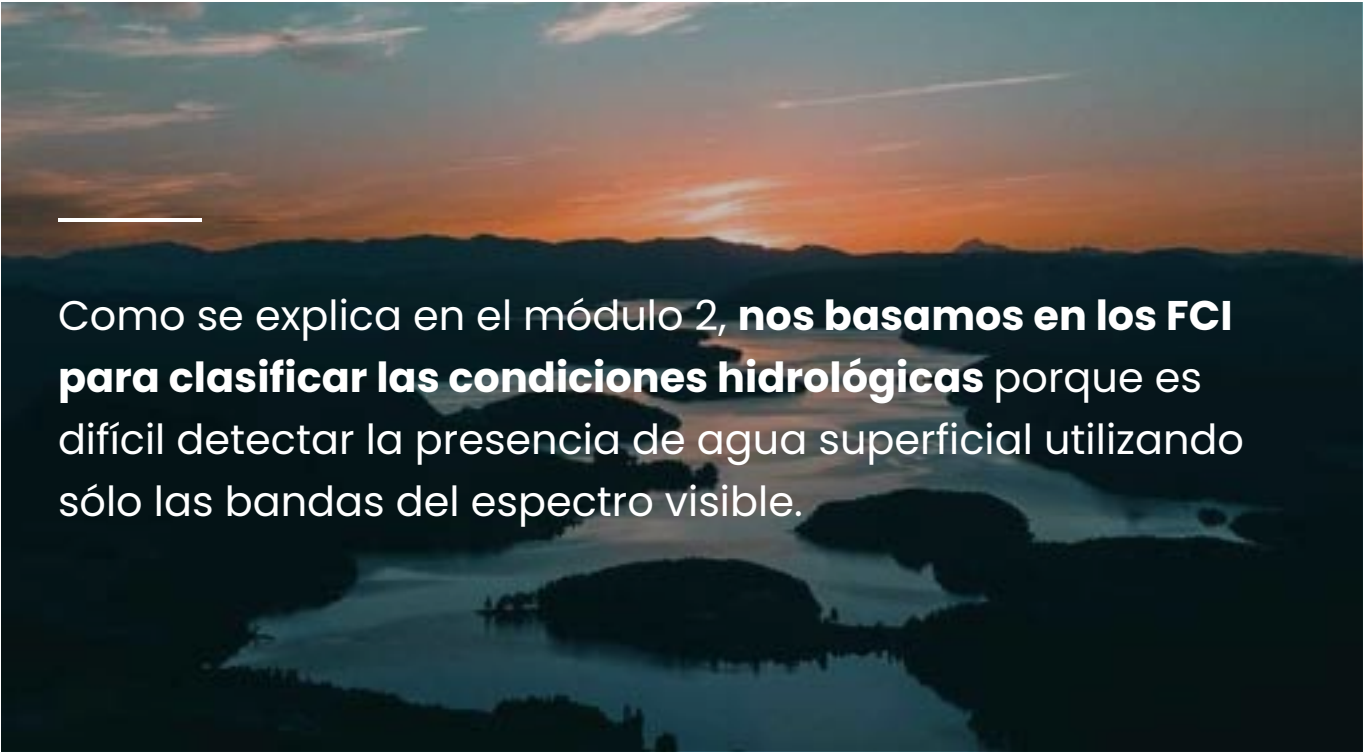
Aprende a distinguir las condiciones hidrológicas mediante imágenes de satélite





IMPORTANTE

A partir de las imágenes en falso color **(FCI)** de **Sentinel-2**, es posible identificar la presencia de agua superficial para distinguir las tres condiciones hidrológicas distintas de los ríos temporales: "fluye" (F), "encharcado" (P) y "seco" (D).

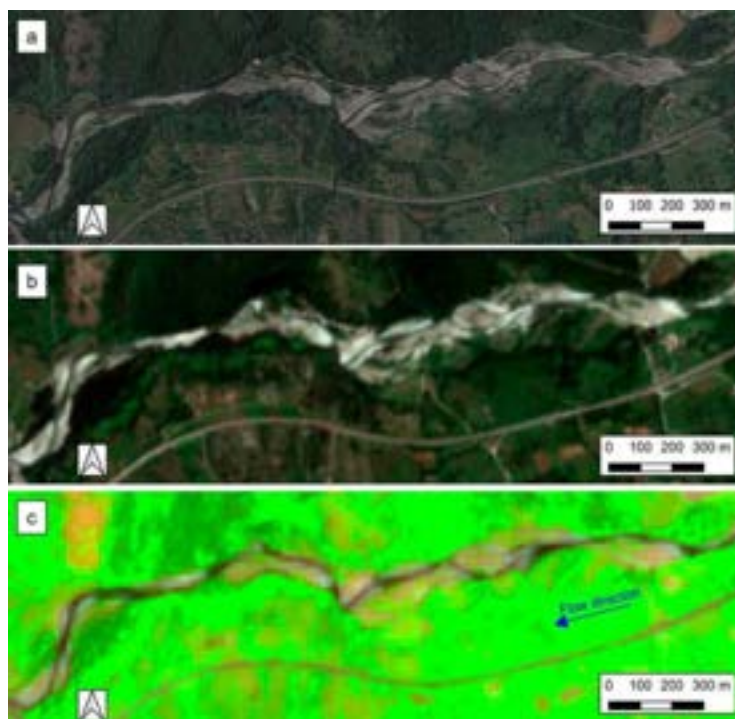
An aerial photograph of a winding river at sunset. The sky is a mix of orange, yellow, and blue, with the sun low on the horizon. The river reflects the colors of the sky. The surrounding land is dark and silhouetted against the bright sky.

Como se explica en el módulo 2, **nos basamos en los FCI para clasificar las condiciones hidrológicas** porque es difícil detectar la presencia de agua superficial utilizando sólo las bandas del espectro visible.

Presta atención a las siguientes **3 imágenes del río Mingardo (Italia):**



Haz clic en los botones para ver la información.



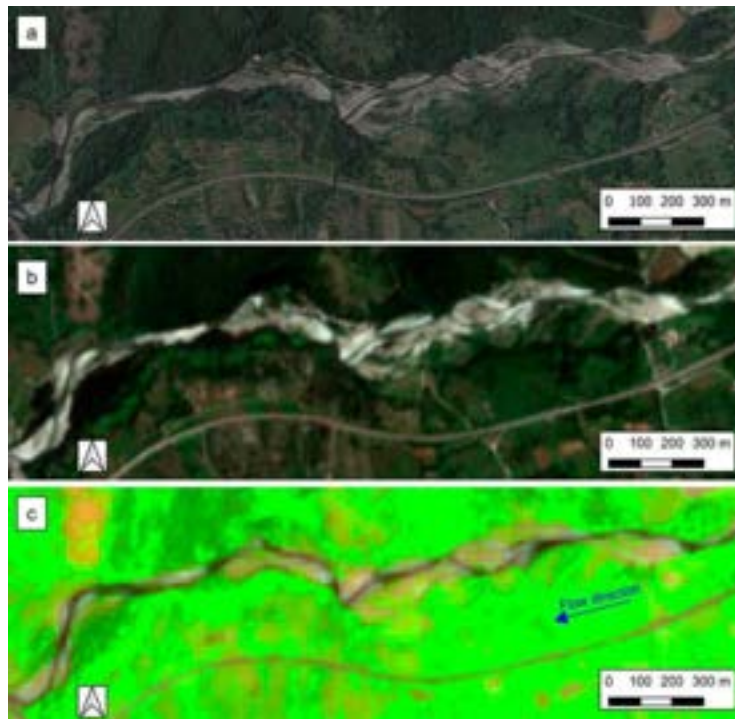


Imagen de muy alta resolución (VHR)

Esta imagen de muy alta resolución (VHR) muestra el canal húmedo del corredor fluvial. A pesar de su gran detalle, estas imágenes tienen un tiempo de revisita demasiado largo (que suele abarcar de meses a años), lo que las hace inadecuadas para el seguimiento de ríos temporales.

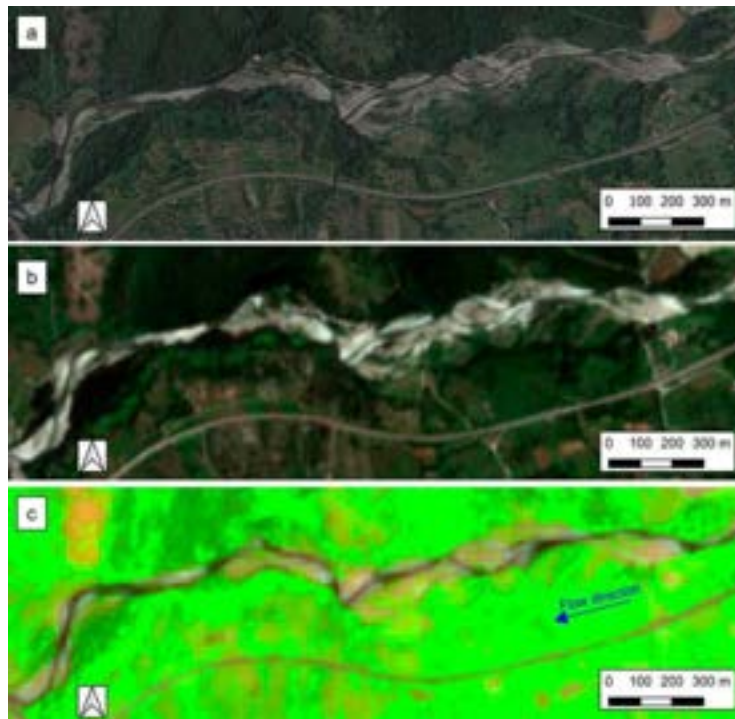


Imagen en color real (TCI)

La imagen de color real (TCI), obtenida de la misma adquisición de Sentinel-2, no permite distinguir fácilmente el canal húmedo. El uso exclusivo de bandas del espectro visible en este tipo de imagen puede dificultar la identificación de cuerpos de agua en ciertas condiciones.

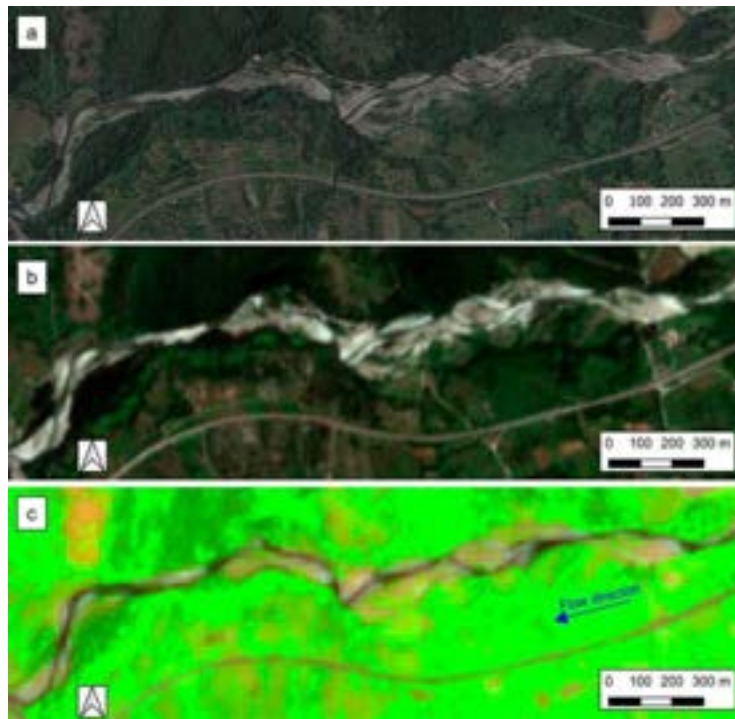


Imagen compuesta de falso color (FCI)

En la imagen Sentinel-2 FCI, que utiliza la combinación de bandas B11-B8-B4, el canal húmedo se distingue claramente. A pesar de su menor resolución en comparación con la imagen VHR, el canal húmedo es prácticamente igual de visible y la condición del flujo se puede identificar con claridad.

Estado del caudal en el río Mingardo (Italia); a) Datos de Google Earth Pro del 14 de junio de 2019. b) FCI. c) FCI en B11-B8-B4 extraídos desde Sentinel-2 el 12 de junioth 2019 (Cavallo et al., 2022)



Cavallo, C., Papa, M. N., Negro, G., Gargiulo, M., Ruello, G., & Vezza, P. (2022). Exploiting Sentinel-2 dataset to assess flow intermittency in non-perennial rivers. *Scientific Reports*, 12(1), 21756.

En resumen, puedes observar que:

1

A partir de las **imágenes en falso color** (c) de Sentinel-2 en las bandas B11-B8-B4, es posible identificar la presencia de agua superficial y distinguir las tres condiciones hidrológicas de los ríos temporales (TRs).

2

Mientras que en la **imagen en color verdadero de Sentinel-2** (b) los usos del suelo aparecen confusos, en la imagen en Falso Color (FCI) (c) y la **imagen de muy alta resolución** (a), el cauce húmedo resulta igualmente visible, a pesar de la resolución mucho más gruesa de la FCI.

De hecho, en la FCI el **cauce húmedo se destaca claramente** de los otros componentes del corredor fluvial, como los sedimentos y la vegetación.

CONTINUAR

Otros ejemplos



Río Sangone (Italia)



Río Palancia (España)



**Río Sciarapotamo
(Italia)**

1

Río Sangone (Italia)

En esta figura, que representa un FCI en el triplete de bandas identificado en el río Sangone, se identifica claramente la presencia de una línea negra continua, que representa una condición de flujo a lo largo del río.



Clica en la imagen para agrandarla.

Cavallo, C., Papa, M. N., Negro, G., Gargiulo, M., Ruello, G., & Vezza, P. (2022). Exploiting Sentinel-2 dataset to assess flow intermittency in non-perennial rivers. *Scientific Reports*, 12(1), 21756.

Río Palancia (España)

Una secuencia temporal de FCIs del tramo del río Palancia destaca cómo este trío de bandas revela claramente la evolución de las condiciones hidrológicas.





Navegador EO <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/> (se abre en una nueva pestaña), Sinergise Ltd.

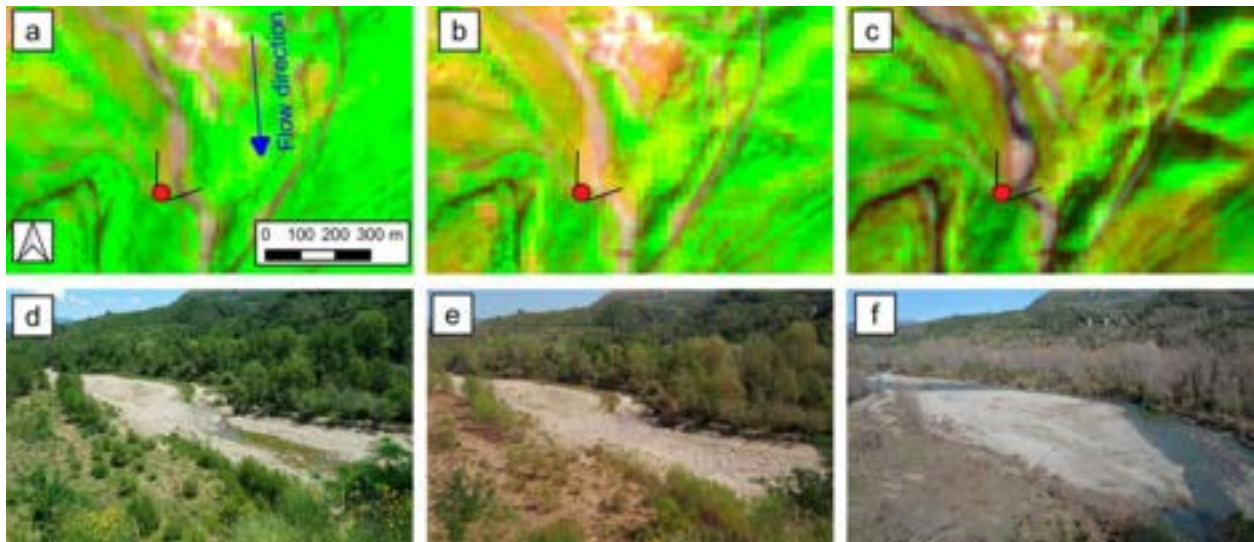
3

Río Sciarapotamo (Italia)

Durante la condición de encharcamiento, pueden observarse áreas **marrón oscuro y violeta** en el cauce del río (a). Al final del verano, que para el río Sciarapotamo corresponde a la estación seca, **el cauce está completamente seco** (b, e). En la FCI del invierno siguiente (c), la condición F es fácilmente detectable (f).



Clica en la imagen para agrandarla.



Río Sciarapotamo (Italia) bajo las 3 condiciones hidrológicas; a) FCI del 26 de junio de 2020, b) FCI del 19 de septiembre de 2020, c) FCI del 6 de febrero de 2021 y fotos relacionadas tomadas el d) 26 de junio de 2020 "P", e) 19 de septiembre de 2020 "D", y f) 6 de febrero de 2021 "F". Los puntos rojos muestran la ubicación de las fotografías (Cavallo et al., 2022)



Cavallo, C., Papa, M. N., Negro, G., Gargiulo, M., Ruello, G., & Vezza, P. (2022). Exploiting Sentinel-2 dataset to assess flow intermittency in non-perennial rivers. *Scientific Reports*, 12(1), 21756.

CONTINUAR

Condiciones especiales para el uso de imágenes de satélite

En esta sección verás **3 condiciones especiales** a considerar al usar imágenes satelitales:



**Charcas o pozas
muy pequeñas**



Cobertura de nubes



**Sombras y
problemas
asociados**





Ten en cuenta que cada una se explicará con más detalle a continuación.

CONTINUAR

1°. Charcas o pozas muy pequeñas

Cuando el cuerpo de agua es muy pequeño (menos de 6 metros de ancho), resulta difícil de distinguir en las imágenes FCI. Las imágenes Sentinel-2 presentan limitaciones para identificar charcas o pozas de menos de 6 metros de ancho.

¿Qué ancho mínimo puede detectarse con FCI?



El análisis descrito en Cavallo et al. (2022) demostró que el ancho mínimo de charcas identificable mediante FCIs **es altamente variable.**



Cavallo, C., Papa, M. N., Negro, G., Gargiulo, M., Ruello, G., & Vezza, P. (2022). Exploiting Sentinel-2 dataset to assess flow intermittency in non-perennial rivers. Scientific Reports, 12(1), 21756.
<https://doi.org/10.1038/s41598-022-26010-7>

En algunos casos, **es posible identificar charcas con anchos entre 6 y 10 m**. Sin embargo, en otras condiciones, charcas o cauces húmedos mayores de 10 m y menores de 15 m no son claramente identificables.

Esto **varía según la profundidad del agua y la posición relativa del objeto superficial** respecto a la matriz de píxeles del satélite.

De hecho, una superficie de agua del tamaño de un píxel contenida en un único píxel puede detectarse, mientras que si la superficie de agua cubre parcialmente dos o más píxeles, la identificación resulta más compleja.

Comparación entre una FCI de Sentinel-2 y las fotografías geolocalizadas correspondientes

Esta figura compara una FCI de Sentinel-2 capturada el 16 de diciembre de 2022 con las fotografías georreferenciadas correspondientes tomadas al día siguiente a lo largo del río Palancia (España).



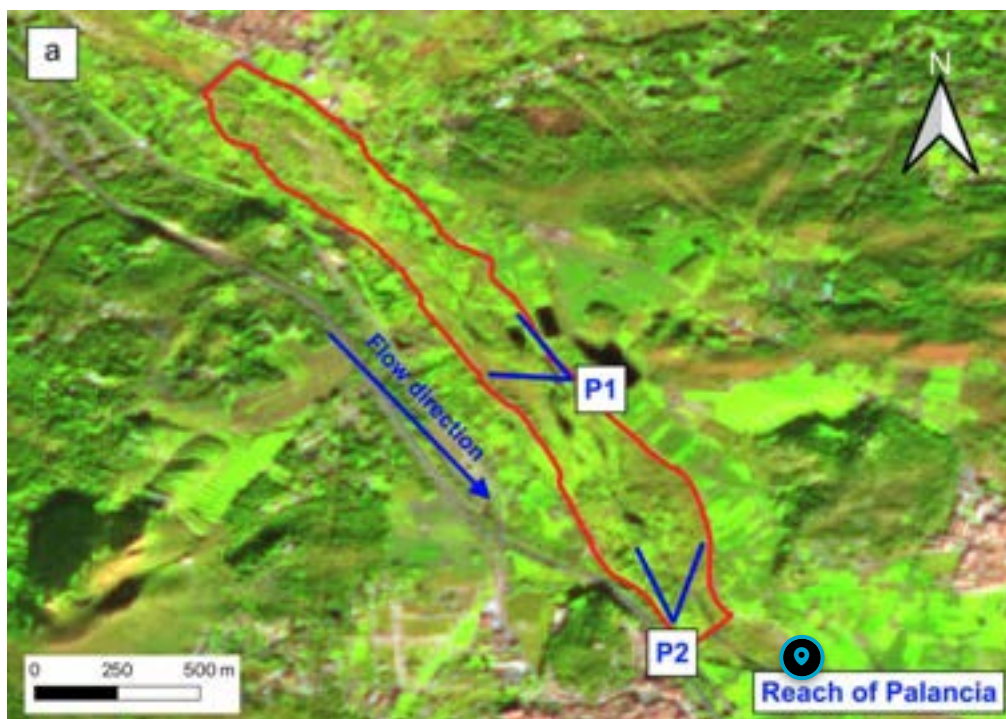


P1



[\(Clica para ampliar la imagen\)](#)

Particularmente en esta figura se distinguen un cauce menor de 15 m de ancho promedio (centro de la foto) y una poza de 40 m de diámetro (sector superior derecho), cuerpos de agua igualmente identificables en la imagen FCI.



P2

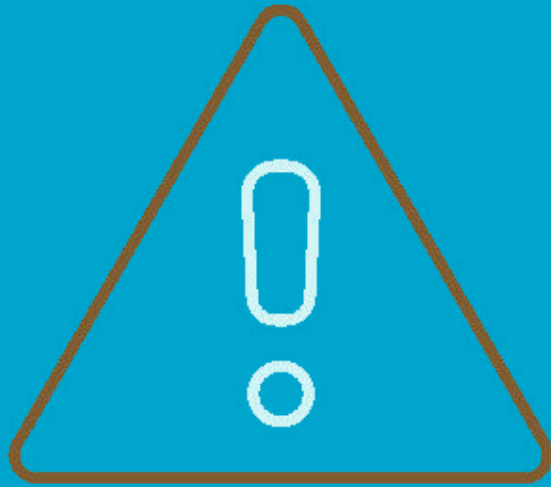


(Clica para ampliar la imagen)

En contraste, esta figura presenta una poza con una anchura media de 6 metros.

a) FCI (Sentinel-2) del río Palancia (16/12/2022) en encharcamiento y fotos b) P1 y c) P2 (17/12/2022).

Créditos de las fotos Isabelle Brichetto



IMPORTANTE

El trabajo de campo confirmó la condición de no flujo con charcas aisladas, representando el estado de encharcamiento observable en la FCI.

CONTINUAR

2°. La nubosidad y la imposibilidad de ver el río

¿Cuál es el **tiempo de revisita** de Sentinel-2?



Sentinel-2 tiene un tiempo nominal de revisita de 5 días en las mismas condiciones de visión en la mayoría

Debido al solapamiento entre mosaicos, **en algunas zonas de latitudes medias es posible realizar**

de las zonas del planeta (excluidas las regiones polares, en las que es de 10 días).

una adquisición cada 2-3 días, dependiendo de condiciones de visión ligeramente diferentes.



No obstante,

debido a la nubosidad ocasional, que impide la clasificación de las condiciones hidrológicas, **el tiempo efectivo de revisita puede ser mayor.**

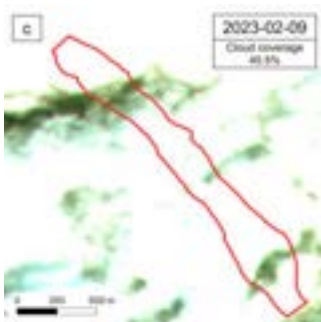
Ejemplos de FCI en diferentes condiciones de nubosidad para un tramo del río Palancia (España).

En la figura siguiente, recogemos cuatro ejemplos de FCI en diferentes condiciones de cobertura nubosa para un tramo del río Palancia (España).

El porcentaje de cobertura nubosa que se indica para cada imagen es relativo a todo el mosaico detectado por el satélite (es decir, la ortoimagen de 110x110 km²).

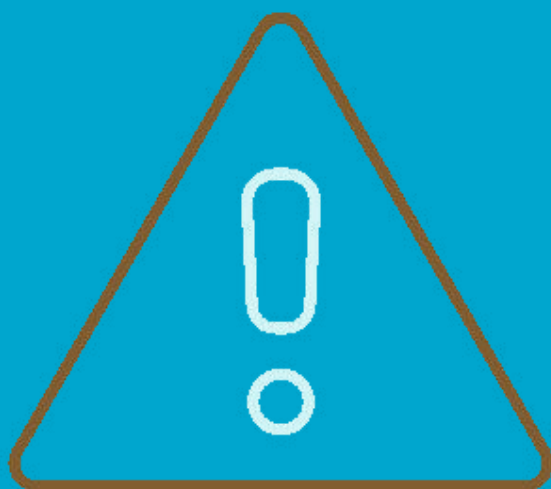


Haz clic en las imágenes para ampliarlas.



Sentinel-2 en diferentes condiciones de nubosidad para un tramo de estudio del río Palancia (España), a partir de la tesela 30SYJ

Aunque la primera figura representa el rango en condiciones sin nubes, la tesela de la que fue extraída (30SYJ) presentaba un 30,5% de cobertura nubosa (fecha de adquisición: 15 de enero de 2023). Por lo tanto, filtrar imágenes de Sentinel-2 por cobertura de nubes puede resultar ambiguo si el interés se centra en una subporción del mosaico.



IMPORTANTE

Por lo tanto, sugerimos **descartar las imágenes con nubes únicamente cuando la cobertura nubosa afecte a la clasificación de las condiciones hidrológicas** del tramo de río seleccionado.



CONTINUAR

3°. Sombras y problemas asociados en la detección de la presencia de agua

La presencia de sombras es uno de los principales obstáculos para la detección de agua superficial.

¿Existe algún **método para eliminar automáticamente las sombras** de las imágenes FCI?



Varios métodos han sido reportados en la literatura para eliminar automáticamente las sombras en imágenes satelitales multispectrales.

Sin embargo, **estos métodos pueden presentar problemas cuando también hay agua presente en las imágenes**, ya que el agua comparte características espectrales similares con las sombras.

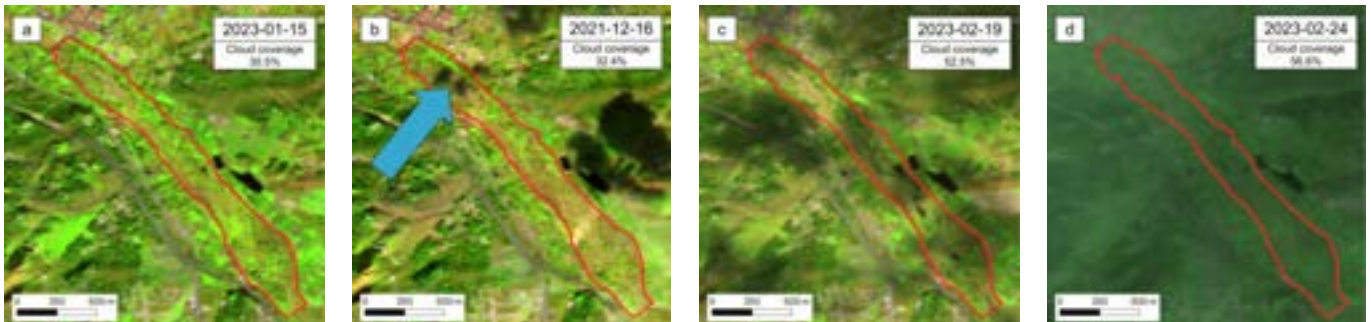
Efectivamente, **tanto el agua como las zonas con sombra presentan una baja reflectancia**, lo que dificulta

distinguir los píxeles de agua de los de sombra.

La figura muestra **cómo las sombras de nubes que caen sobre el tramo del río pueden confundirse con agua**, mientras que las demás imágenes reflejan las distintas extensiones e influencias de dichas sombras.



Haz clic en las imágenes para ampliarlas.



Imágenes FCI de Sentinel-2 que muestran el problema de las sombras de nubes en un tramo de estudio del río Palancia (España)



Sugerimos **observar cuidadosamente la presencia de sombras en las imágenes seleccionadas de Sentinel-2**, prestando atención a posibles errores de clasificación debido a la presencia de áreas sombreadas.

También se deben considerar las **características del cauce del río** para una correcta interpretación de las imágenes FCI satelitales.



Las plantas de las orillas vegetadas del río pueden cubrir una porción del canal activo con su dosel o generar sombras que luego se observan dentro del canal y que podrían ser malinterpretadas como agua.

En los cauces de ríos incisos, las sombras internas pueden generarse directamente por las orillas del río, dependiendo de la orientación de la radiación solar en el momento de la adquisición de la imagen.

Ejemplos de sombras

En la figura, la imagen FCI de Sentinel-2 del 11 de octubre de 2022 se asocia con fotos terrestres contemporáneas a lo largo del tramo, proporcionando ejemplos de sombras.





Haz clic en los botones para ver la información.





P1



(Haz clic en la imagen para ampliarla)

Ejemplo de sombras generadas por las orillas del río.



P2



(Haz clic en la imagen para ampliarla)

Ejemplo de sombras generadas por plantas.



P3

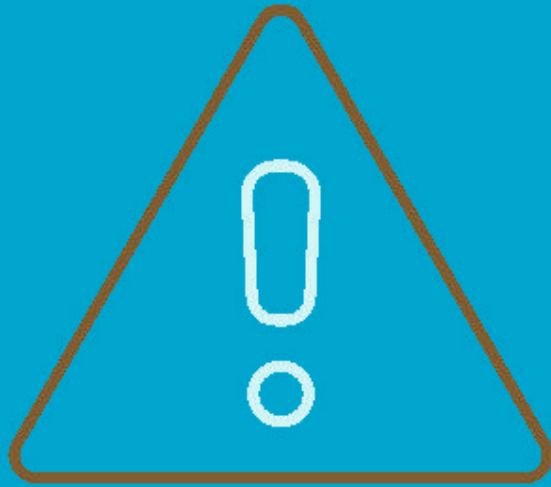


(Haz clic en la imagen para ampliarla)

Ejemplo de sombras que caen dentro del lecho del río y que pueden ser mal clasificadas como agua en la FCI.

a) FCI de Sentinel-2 del río Sangone (Italia) del 11 de septiembre de 2022 y fotos relacionadas desde las ubicaciones de disparo b) P1, c) P2, d) P3 tomadas el 11 de septiembre de 2022 y que muestran sombras de las orillas y del dosel de vegetación. Créditos de las fotos Giammarco Manfreda.





IMPORTANTE

Los estudios de campo pueden ayudar a entender dónde se encuentran normalmente los estanques y pozas en el tramo del río y dónde, en cambio, suelen estar presentes las sombras generadas por las orillas del río o la vegetación ribereña.

CONTINUAR

Un estudio de caso mediterráneo: Río Palancia



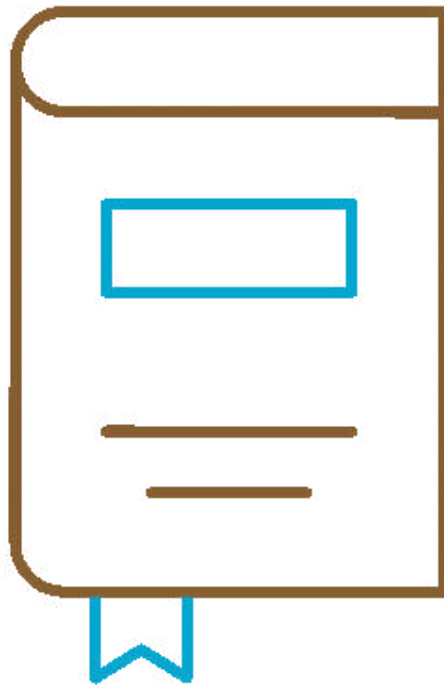
RIVERTEMP

PRUEBA DEL RECONOCIMIENTO DE LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS

Estudio de caso

Un estudio de caso mediterráneo: Río Palancia

¡Es hora de ver la información proporcionada aplicada a un tramo de río!



Río Palancia

El Palancia es un río regulado que fluye en el este de España, en la zona gestionada por la Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ). Tiene una cuenca de 976 km², con una longitud de 90,7 km, y fluye desde las montañas bajas hasta el mar Mediterráneo.

Según la clasificación española de ríos basada en la temporalidad (orden "ARM/2656/2008", IPH, 2008), se define como "perenne", aunque las numerosas extracciones de agua con fines de riego lo convierten en "temporal" en sus últimos 25 km.

Te invitamos a participar en **una simulación en línea interactiva** que presenta imágenes del mismo tramo bajo diferentes condiciones hidrológicas.

Al observar y analizar los componentes del río, **obtendrás una comprensión más profunda sobre el funcionamiento de los TRs** y su impacto en los ecosistemas.

CONTINUAR

¡Comencemos!

Observa las imágenes y contesta a las siguientes preguntas.

Las fotos representan una porción del río Palancia en el municipio de Gilet: la primera fue tomada en el invierno de 2023, el 20 de enero, mientras que la segunda fue tomada en la primavera de 2023, el 16 de abril

.



Haz clic en las imágenes para ampliarlas.



Río Palancia en Gilet (España), fotografiado bajo diferentes condiciones hidrológicas.

Créditos de las fotos Isabelle Brichetto

Basándose en lo que se observa en las imágenes:

1

¿Qué condición hidrológica
atribuirías a las imágenes? ¿Por

qué? ¿Eres capaz de determinarla con exactitud?

2

¿Qué etapa del ecosistema, de las presentadas al inicio del módulo, atribuirías al tramo visible del río para cada una de las fechas?

Revisa tus respuestas

Solución

Verifica tu respuesta y descubre más sobre el tramo navegando por plataformas de observación de la Tierra.

Navegador Copernicus

- Verifica tu respuesta sobre las condiciones hidrológicas buscando la adquisición de Sentinel-2 más cercana a las fechas de las fotos para la zona específica de interés.
- Las fotos tomadas en un único punto no son suficientes para evaluar la condición hidrológica a lo largo de un tramo del río homogéneo desde el punto de vista hidromorfológico, que es la escala en la que debe realizarse la clasificación.
- Para las fotos proporcionadas, la porción del río a considerar mientras navegas en el Copernicus Browser es el Palancia entre los municipios de Albalat dels Tarongers y Gilet (España).
- Una vez localizada el área y seleccionada una fecha, deberás personalizar la visualización para ver imágenes en falso color con la combinación de bandas B11-B8-B4.



Google Maps

También puedes observar el río en Google Maps, configurando la vista de mapa base en modo satélite.



Google Earth Pro

Alternativamente, puedes explorar el tramo del río mediante la aplicación Google Earth Pro.

Con esta herramienta, es posible visualizar ortofotos tomadas en diferentes fechas navegando por el historial de adquisiciones.



Haz clic en los enlaces para abrir los sitios web.

Navegador Copernicus

IR A LA WEB

Google Maps

IR A LA WEB

Google Earth Pro

IR A LA WEB

CONTINUAR

Test

¡Es hora de poner a prueba lo que has aprendido!

Por favor, selecciona la mejor respuesta para cada pregunta, basándote en tu comprensión del reconocimiento de fases y en los escenarios presentados durante la simulación.

Debes responder correctamente a todas las preguntas para poder continuar con el curso.

Pregunta

01/05

En la fase de encharcamiento...

- ☐ El agua subterránea siempre está conectada con el río.
- ☐ Varias especies pueden reproducirse.
- ☐ Todas las especies mueren.

Pregunta

02/05

¿El secado de los TRs renueva el hábitat para la fauna TSAI?

☐ Verdadero

☐ Falso

Pregunta

03/05

¿Qué le sucede al ecosistema en el paso de una condición hidrológica de flujo a una de encharcamiento?

- ☐ La biota acuática muere y los TSAI colonizan el lecho del río.
- ☐ La biota acuática se desplaza hacia refugios y la vegetación terrestre crece en las zonas del lecho que se están secando.
- ☐ La biota acuática se desplaza hacia refugios y los TSAI colonizan las zonas del lecho del río que se están secando.

Pregunta

04/05

En la imagen en falso color de Sentinel-2, el agua superficial aparece:

- ☐ Difícil de distinguir de la vegetación y los sedimentos.
- ☐ En tonos oscuros.
- ☐ En un color verde-azulado.

Pregunta

05/05

Los estanques con un ancho medio de entre 6 y 10 m son...

- ☐ Detectados solo si representan una porción del canal de caudal bajo.
- ☐ No siempre detectados, dependiendo de su posición relativa con respecto a la cuadrícula de píxeles.
- ☐ Siempre detectados, debido a su visibilidad en la imagen en falso color.

Referencias



Referencias bibliográficas

En el desarrollo de cualquier curso académico, las referencias bibliográficas desempeñan un papel crucial, ya que proporcionan el soporte teórico y práctico necesario para el material impartido.

Las referencias no solo refuerzan la credibilidad de los materiales de estudio, sino que también permiten a los estudiantes explorar más a fondo los temas tratados, adquiriendo una comprensión

Este conjunto de referencias ha sido cuidadosamente seleccionado para proporcionar una base sólida de conocimiento, abarcando una variedad de

más profunda de los conceptos clave y descubriendo nuevas perspectivas.

fuentes, que incluyen libros, artículos académicos, investigaciones recientes y recursos digitales.



Esperamos que estas referencias sean una herramienta valiosa para el aprendizaje, fomentando una comprensión integral y crítica de los temas abordados en este curso.

Cavallo, C., Papa, M. N., Negro, G., Gargiulo, M., Ruello, G., & Vezza, P. (2022). Exploiting Sentinel-2 dataset to assess flow intermittency in non-perennial rivers. *Scientific Reports*, 12(1), 21756.

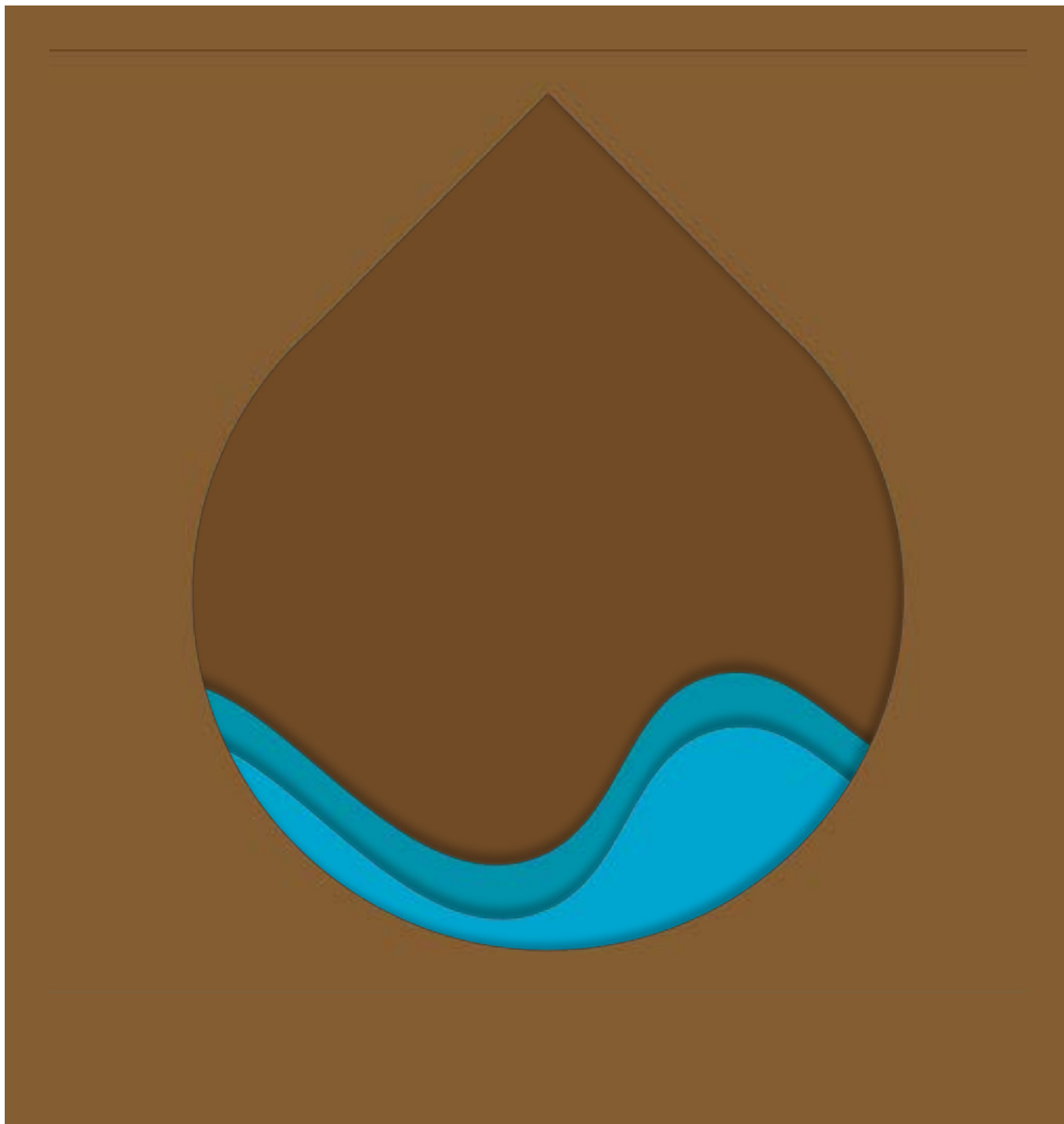
EO Browser, <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>, Sinergise Ltd.

IPH. (2008). Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la instruccion de planificacion hidrologica. Ministerio de Medio Ambiente, Y Medio Rural Y Marino. BOE (Boletín Oficial Del Estado), 229, 38472–38582.

Steward, A. L., Datry, T., & Langhans, S. D. (2022). The terrestrial and semi-aquatic invertebrates of intermittent rivers and ephemeral streams. *Biological Reviews*, 97(4), 1408–1425.

CONTINUAR

Cierre



Enhorabuena!

Has **completado** este módulo.

Confiamos en que este recorrido haya incrementado tu conocimiento sobre el funcionamiento ecológico de los ríos temporales y sobre cómo clasificar fácilmente las condiciones hidrológicas (flujo, encharcamiento y sequía) utilizando imágenes satelitales.

¡Tu habilidad para clasificar imágenes de Sentinel-2 será útil cuando utilices el Clasificador de Ríos Temporales (TRC) en el Módulo 4!

¡Continuemos con el módulo 4!

MÓDULO 4: Un clasificador web para ríos temporales



Co-funded by
the European Union



Co-funded by
the European Union

En este módulo aprenderás a utilizar la herramienta clasificadora RiverTemp, disponible en línea en la web.

¡EMPECEMOS!

1. OBJETIVOS. RESULTADOS DEL APRENDIZAJE



Objetivos. Resultados del aprendizaje

2. ENLACE. REGÍSTRATE. INICIAR SESIÓN. PÁGINA DE INICIO



Enlace al Clasificador de Ríos Temporales



Regístrate



Iniciar sesión



Página de inicio

3. EXPLORAR IMÁGENES SENTINEL-2



Navegar por el mapa



Clasificación de imágenes satelitales



Reanudar o modificar una de tus clasificaciones



Ver datos registrados



Regiones de interés

4. EXPORTACIÓN DE EXPORTACIONES



Exportación de Clasificaciones

5. CIERRE



Cierre

Objetivos. Resultados del aprendizaje



Los **3 objetivos y resultados del aprendizaje** de este módulo son los siguientes:



Haz clic en los botones para ver la información.

1



2



3



71



7

1

Crea una cuenta para la herramienta informática **Clasificador de ríos temporales (TRC)**.



7

2

Explora las **capacidades** y el **potencial** del **TRC**.



7

3

Familiarízate con el uso de esta **herramienta informática**.

CONTINAR

Enlace al Clasificador de Ríos Temporales



RIVERTEMP

ENLACE. REGÍSTRATE. INICIAR SESIÓN. PÁGINA DE INICIO

**Lo primero que debes hacer es entrar en la página
web de la herramienta**



Haz clic en el botón para iniciar el proceso de registro en la herramienta.

Clasificador de Ríos Temporales

WEB

CONTINUAR

Regístrate

Para **registrarte**, debes rellenar los siguientes campos:



Haz clic en los botones para ver la información.

A screenshot of a web form titled 'rivertemp Sign Up'. The form is set against a background image of a river. It contains four input fields: 'Username' with the text 'user123', 'Email' with 'user123@gmail.com', 'Password' with masked characters, and 'Confirm Password' with masked characters. Each field has a blue water drop icon to its right. At the bottom left, there is a 'Sign Up' button and a 'Back' button. A large, semi-transparent circular arrow is overlaid on the 'Sign Up' button, indicating a click action.



Sign Up

Username
user123

Email
user123@gmail.com

Password
password

Confirm Password
password
Must be same as password

[Sign Up](#) [Back](#)



Usuario

Introduce tu nombre de usuario.

Este es el nombre público que aparecerá en los polígonos que crees.

The image shows a 'Sign Up' form for 'rivertemp'. The background is a blurred landscape with a river. The form has four input fields: 'Username' with the text 'user123', 'Email' with 'user123@gmail.com', 'Password' with masked characters, and 'Confirm Password' with masked characters and a note 'Must be same as password'. There are four blue water drop icons to the right of the input fields. At the bottom, there is a blue 'Sign Up' button and a circular 'Back' button with a white arrow. The 'rivertemp' logo is at the top.

rivertemp

Sign Up

Username
user123

Email
user123@gmail.com

Password
password

Confirm Password
password
Must be same as password

[Sign Up](#) [Back](#)

Regístrate

Haz clic en el botón **Sign Up** y comprueba tu correo electrónico para recibir el «Correo electrónico de verificación».



Sign Up

Username
user123

Email
user123@gmail.com

Password

Confirm Password

Must be same as password

[Sign Up](#) [Back](#)



Correo electrónico

En esta dirección de correo electrónico recibirás un mensaje para completar el proceso de registro.



Sign Up

Username
user123

Email
user123@gmail.com

Password
password

Confirm Password
password
Must be same as password

[Sign Up](#) [Back](#)



Contraseña

La longitud mínima de la contraseña es de 8 caracteres.



Sign Up

Username
user123

Email
user123@gmail.com

Password
password

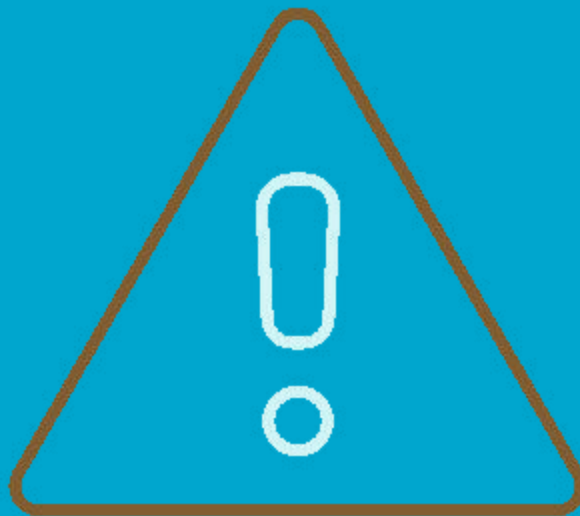
Confirm Password
password
Must be same as password

[Sign Up](#) [Back](#)



Confirma la contraseña

Vuelve a introducir tu contraseña para validarla.



IMPORTANTE

Estate atento porque en breve recibirás un correo electrónico en tu bandeja de entrada. Para completar el proceso de registro, debes hacer clic en el botón **Email verification**:



Haz clic en la imagen para ampliarla.

Rivertemp

Hello

Please verify your email address to complete the registration process.

Email verification



Best regards, Rivertemp

If you're having trouble clicking the "Email verification" button, copy and paste the URL below into your web browser: <https://api.classifier.rivertemp.eu/api/verify-email/65/4c28cc285d4f312c734d1515c546e169cf03e6fa?expires=1733233393&signature=901b5d3cf88baea3fc7712284a20db7651c194519fb6c9796ad7c61c6b399a4a>

El enlace del correo electrónico «**Email verification**» te
dirigirá a la página de inicio de sesión.

CONTINÚE A LA PÁGINA DE INICIO DE SESIÓN

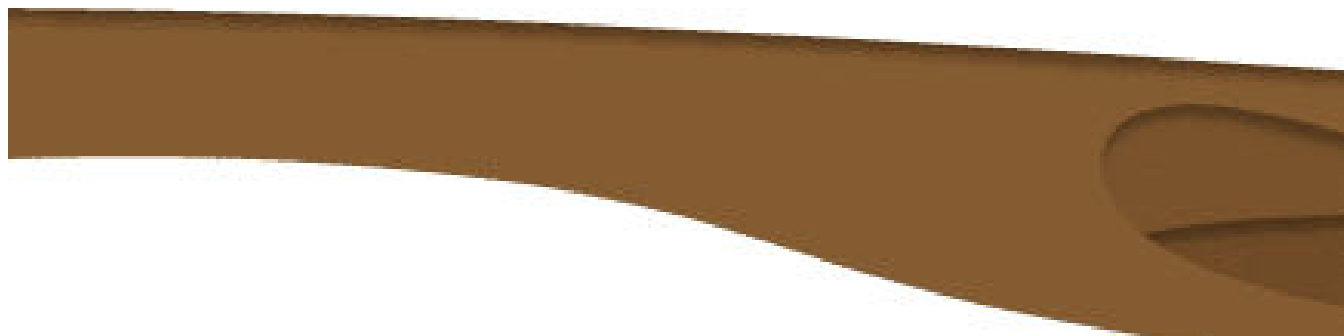
Iniciar sesión



Haz clic en el botón para abrir el sitio web.

**El correo electrónico de confirmación te
redirige directamente al sitio web:**

WEB





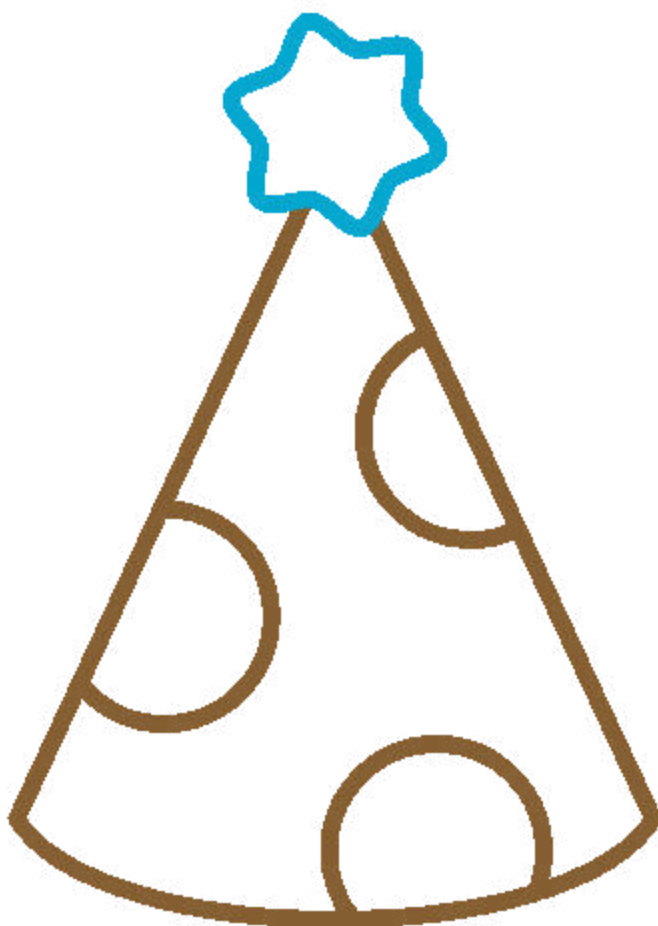
Haz clic en la imagen para ampliarla.



Solo tienes que introducir tus credenciales y pulsar el botón **Log In** para abrir la herramienta web.

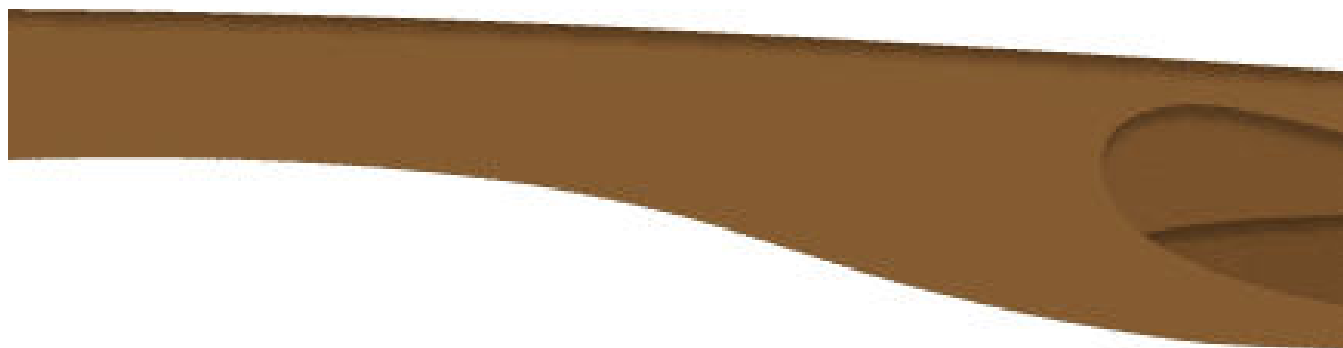
CONTINUAR

Página de inicio

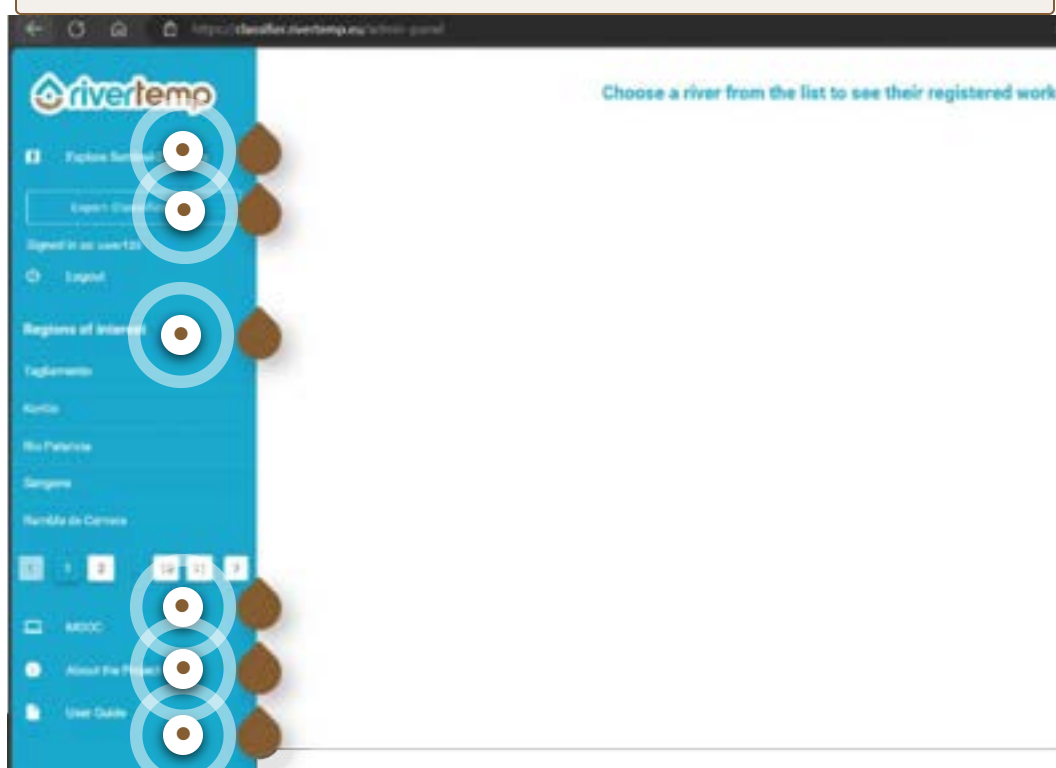


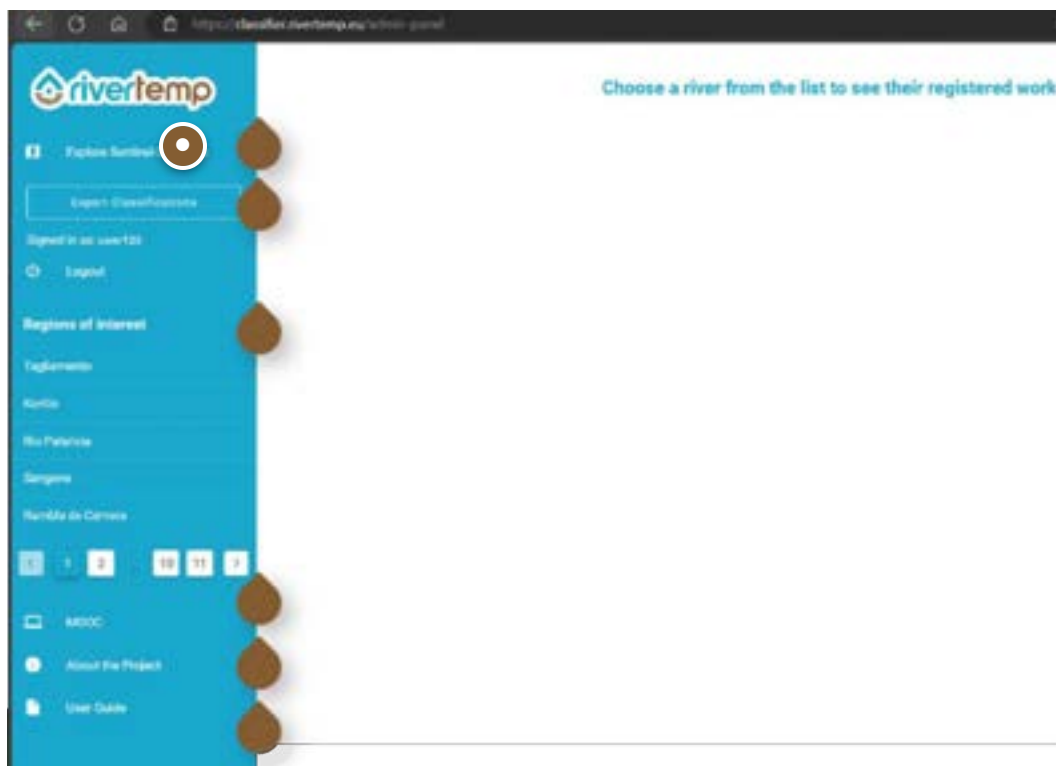
¡Enhorabuena!

Has accedido a la página de inicio del sitio web.



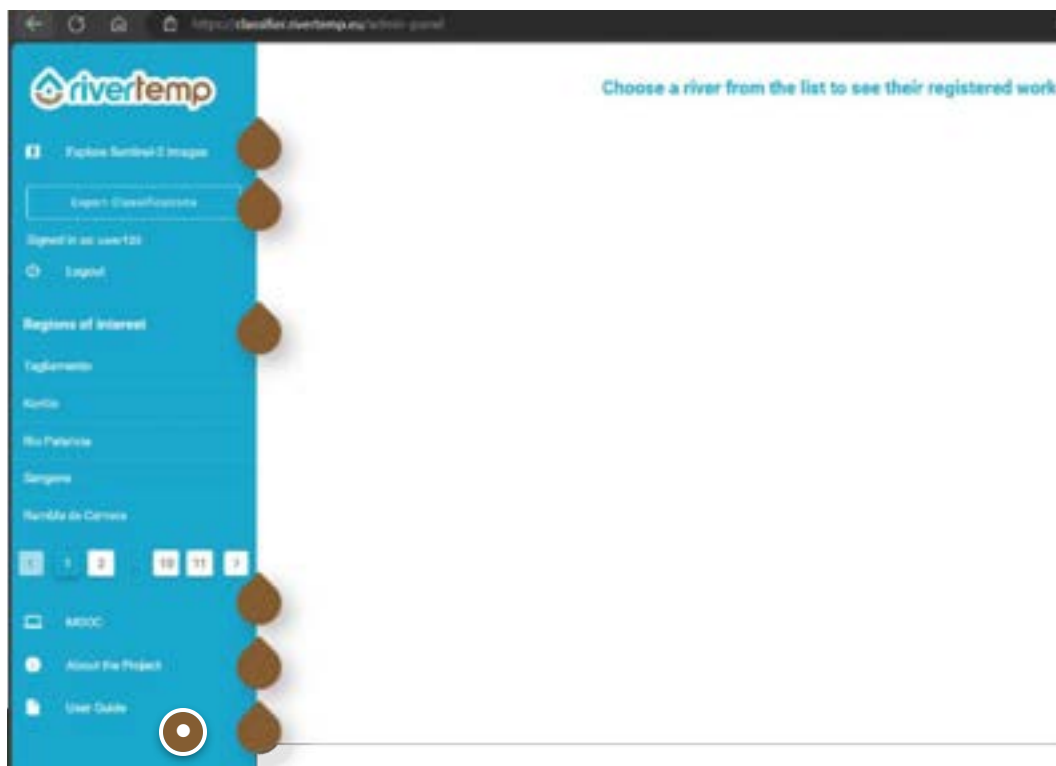
Haz clic en los botones para ver la información.





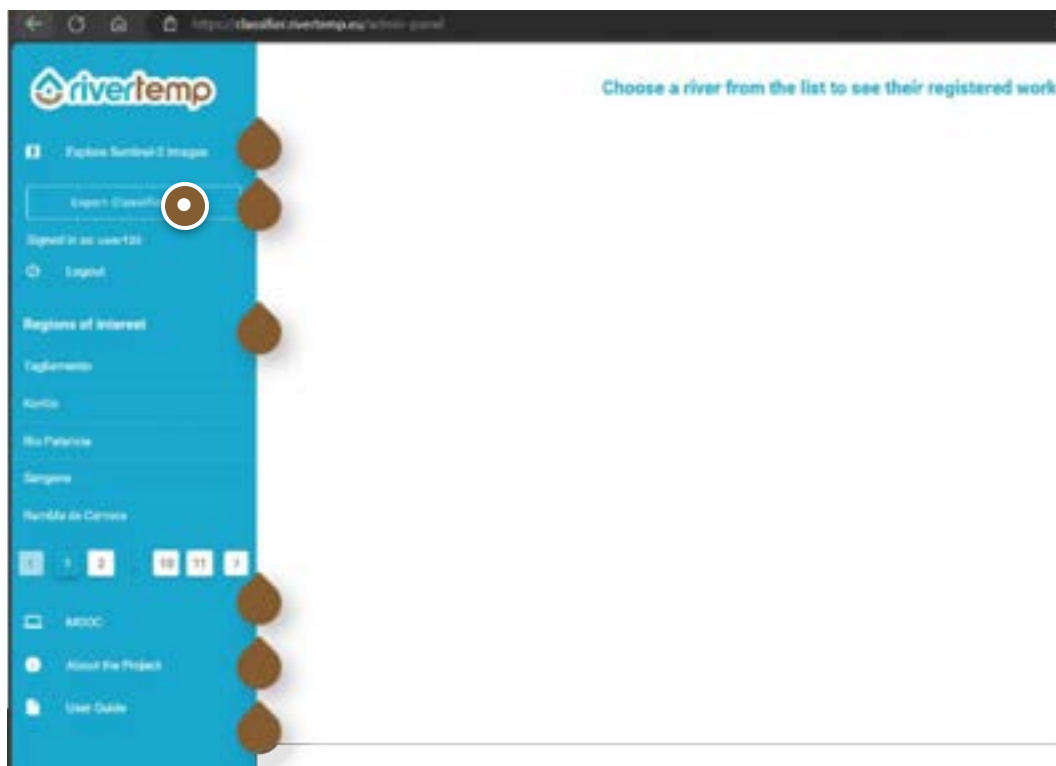
Explora las imágenes Sentinel-2

Haz clic en el botón **Explore Sentinel-2 Images** para ir al mapa.



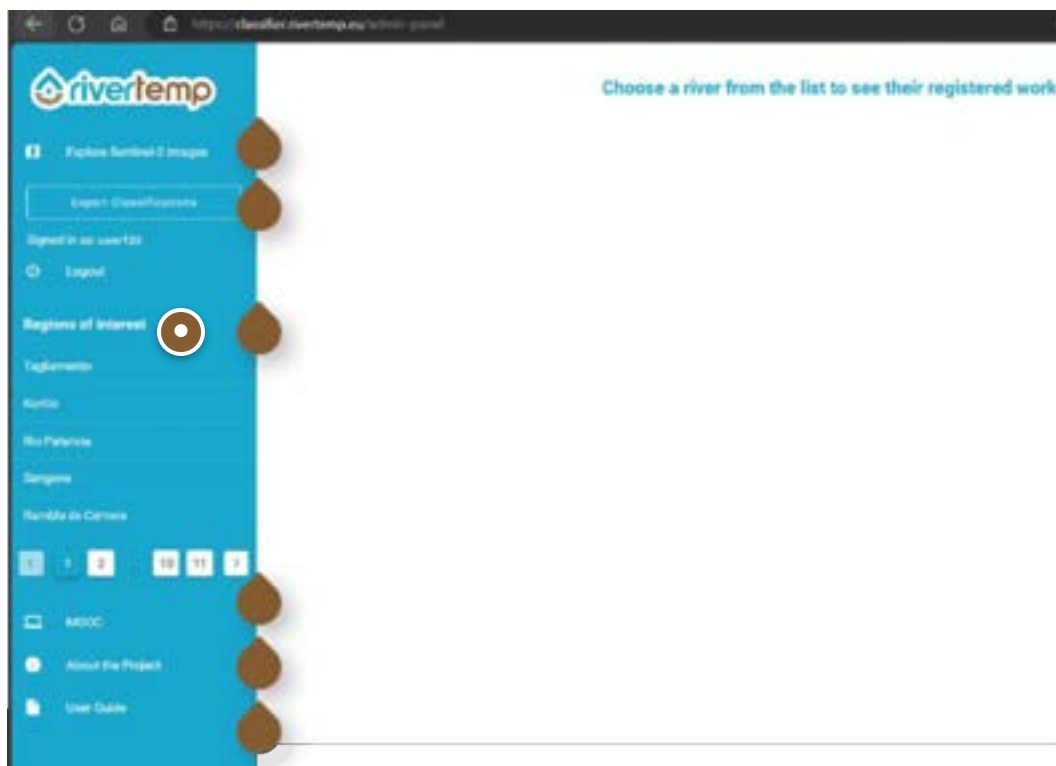
Guía de Usuario

Haz clic en el botón **User Guide** para descargar el archivo PDF con la guía del usuario de esta herramienta.



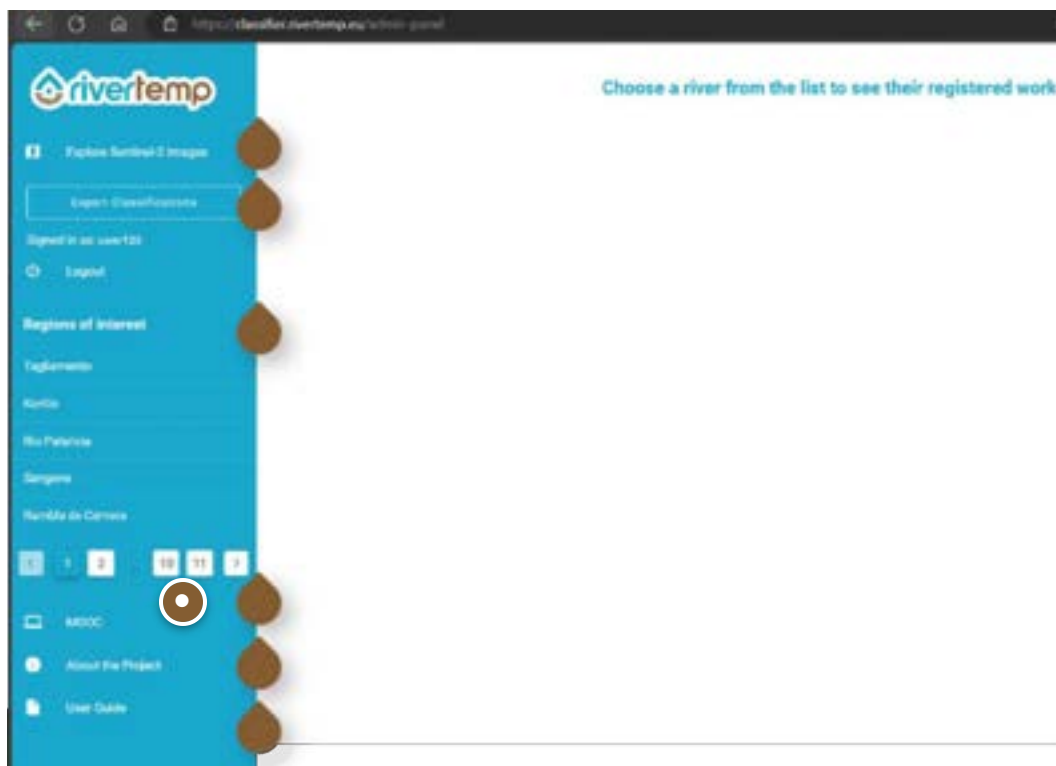
Exporta las Clasificaciones

Haz clic en el botón **Export classifications** para descargar las clasificaciones guardadas en la herramienta.



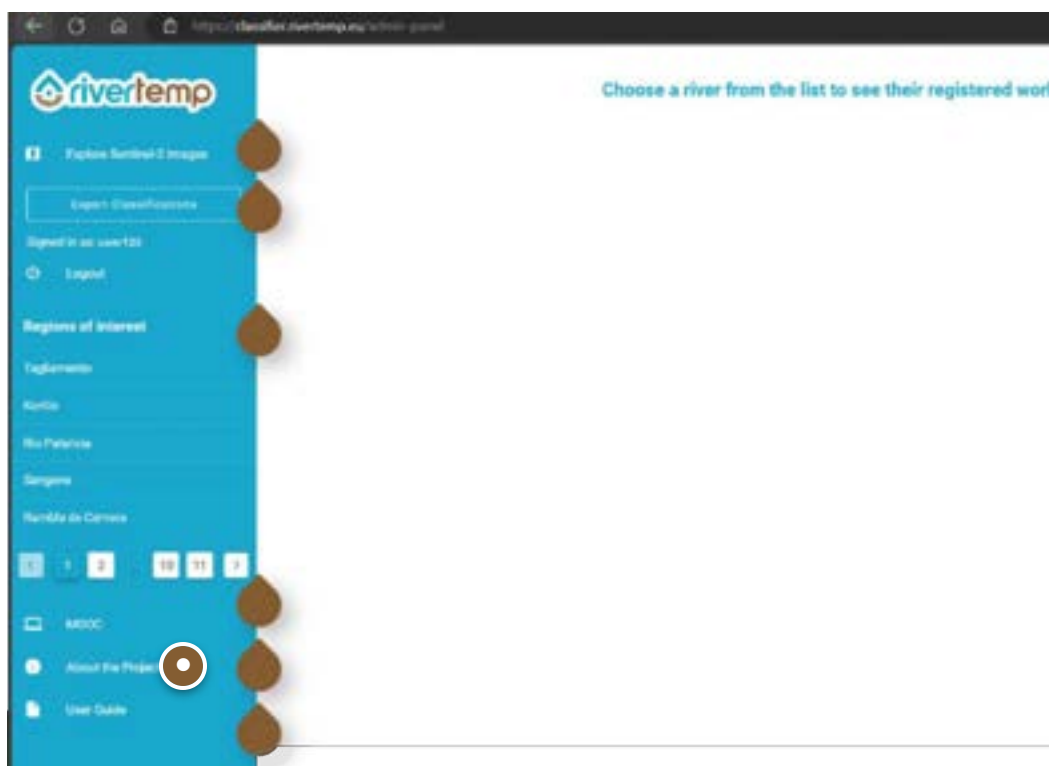
Regiones de interés

Navega por las regiones de interés (**ROI**) ya clasificadas.



MOOC

Haz clic en el botón **MOOC** para acceder a las clases en línea y explorar los módulos en la plataforma RiverTemp.



Sobre el Proyecto

Haz clic en el botón **About the Project** para explorar el sitio web de RiverTemp.

CONTINÚA CON EL MAPA

Navegar por el mapa



Para acceder al mapa desde la página de inicio,
haz clic en el botón **Explore Sentinel-2 Images**:



Puedes navegar por el mapa para encontrar y clasificar un tramo fluvial temporal:

CONTINUAR



Haz clic en los botones para ver la información.





Zoom in y Zoom out

Amplía la imagen para ver la red fluvial global.



Si mantienes pulsado el botón izquierdo del ratón, puedes moverte por el mapa del mundo.

Ahora **amplía el área del mapa** que te interesa hasta que aparezcan los ríos:



Haz clic en los botones para ver la información.





Dibujar un polígono

Este botón activa la función de **dibujar** los polígonos (o **ROIs**).



Polígonos

Este **polígono** aparece en la pantalla porque tienes activado el botón **Mostrar polígonos**.

Es **azul** porque lo ha creado otro usuario. Los que crees tú aparecerán en **amarillo** para distinguirlos.



Leyenda

Leyenda para distinguir tus polígonos (también llamados **ROIs**) de los demás.



Mostrar polígonos

Con este botón de alternancia puedes **mostrar u ocultar** los **polígonos** en la pantalla.

Este botón **solo se activará cuando amplíes la imagen.**



Borra polígonos

Este botón activa la función de **eliminar** los polígonos (o **ROI**).

Después de dibujar un polígono (1), en el caso de los ríos europeos, el nombre del río se reconoce automáticamente (2):



Haz clic en la imagen para ampliarla.



CONTINUAR

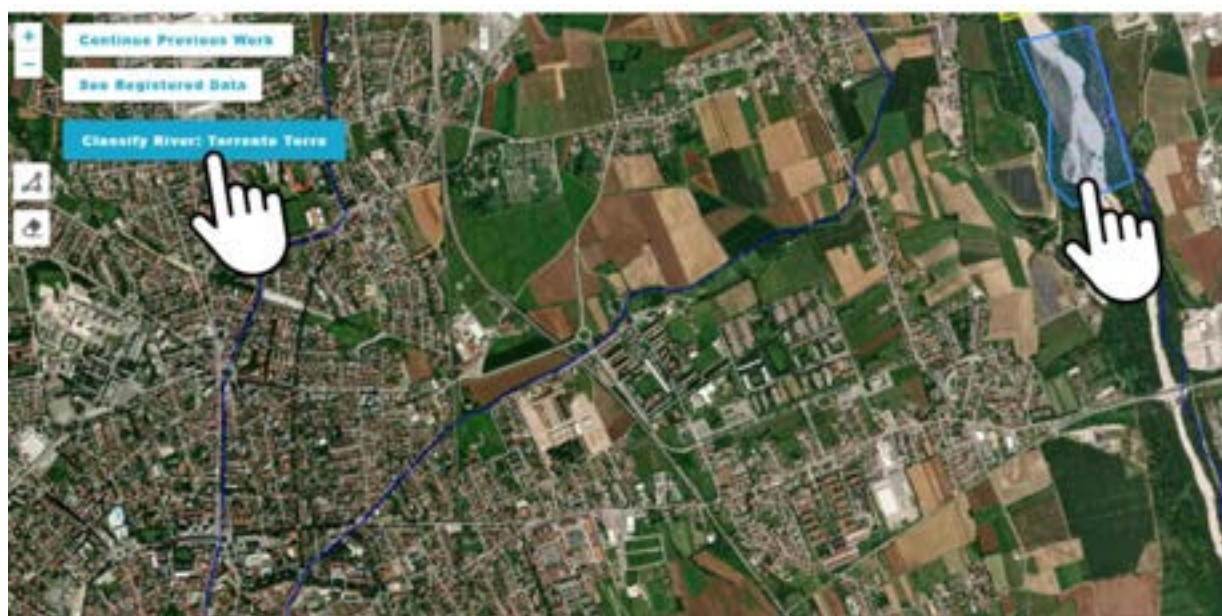
Clasificación de imágenes satelitales

Iniciando

Para iniciar la clasificación de imágenes satelitales **haz clic en el polígono** o en el cuadro azul que dice **Classify River**.



Haz clic en la imagen para ampliarla.

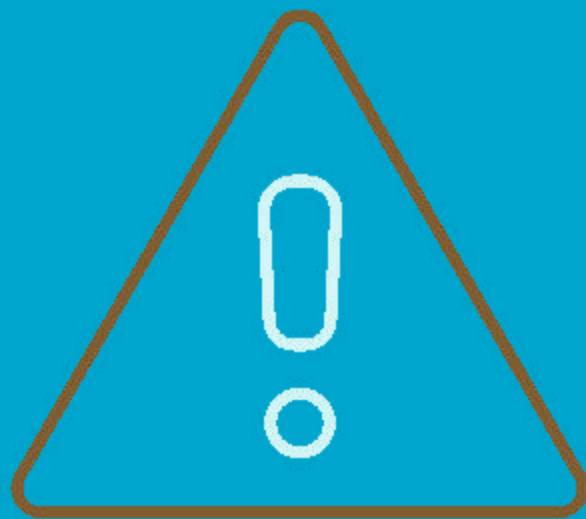
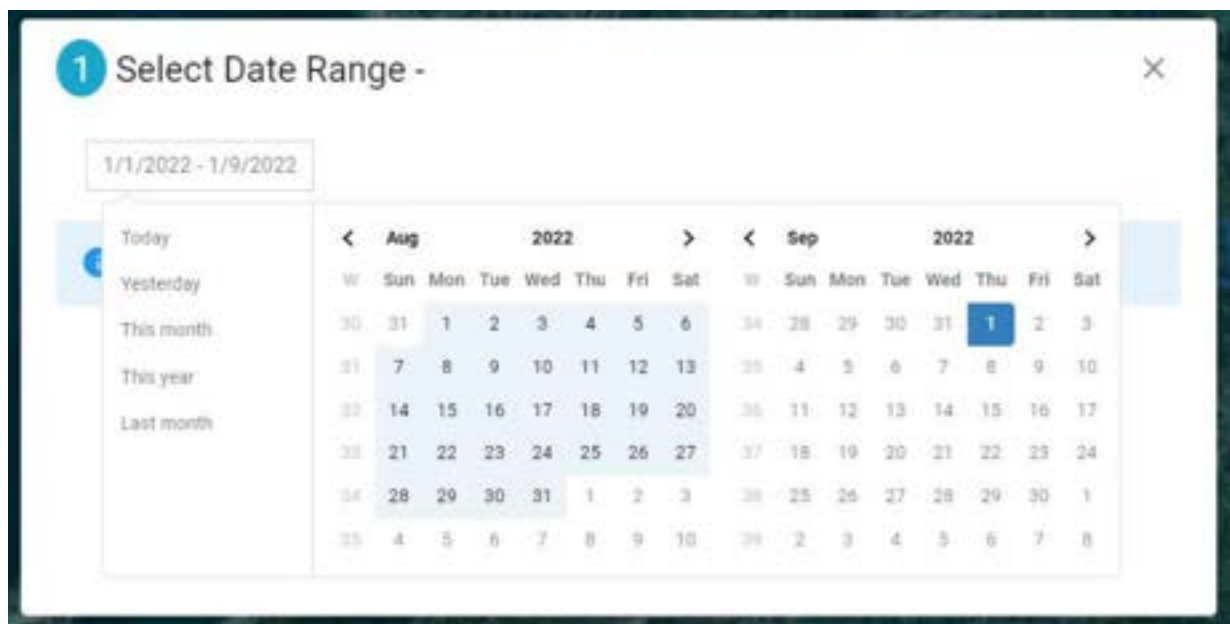


CONTINUAR

1

Selecciona el intervalo de fechas

Aparecerá automáticamente una pantalla para seleccionar el **intervalo de fechas**:



IMPORTANTE

No excedas la longitud del rango de datos.

Para evitar subir demasiadas imágenes, se ha establecido un número máximo de 250 días.

CONTINUAR

2

Configurar la información básica

Si está disponible, el **nombre del río se rellena automáticamente.**

Asigna un nombre al polígono y, si lo deseas, **añade notas.** A continuación, haz clic en el botón **Continue:**

2 Set the basic info - Torrente Torre

Name the river *

Torrente Torre

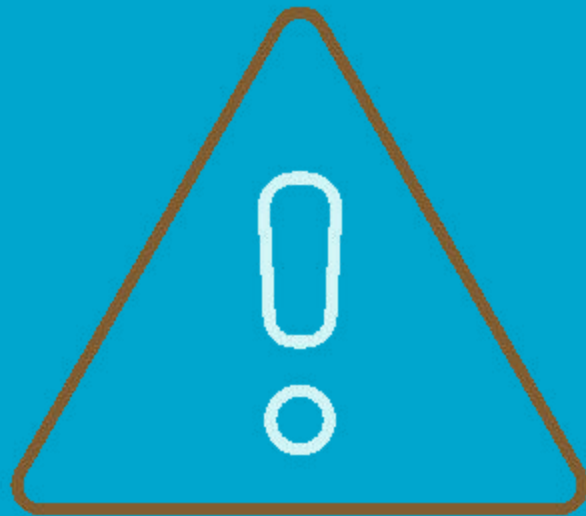
Name the polygon *

example_torre_4

Polygon Notes

+ Previous

Continue +



IMPORTANTE

Aparecerá un mensaje emergente indicando que no hay imágenes de satélite disponibles para ese tramo en el intervalo de fechas seleccionado o que el tamaño del polígono es demasiado grande.

CONTINUAR

3

Clasifica la imagen

Ten paciencia. Puede que tarde un poco, pero finalmente aparecerá la siguiente pantalla:



Haz clic en los botones para ver la información.

3 Classify the image - Torrente Torre

Set satellite image metadata

Get satellite image for the selected date and set its metadata

2022-07-02 1

Hydrological condition * 2

Notes 3

Ground truth image

Other Metadata

Sheet:
LW00123

11/20/2012

Sat. Download Date
2024-12-04

Polygon Name
 hexagon, 6 sides, 6

Polygon Notes



[← Previous](#)

☒ False Color / (B11-B3-B4) ☐ True Color / (B4-B3-B2)

4



7

8

3 Classify the image - Torrente Torre

Set satellite image metadata

Get satellite image for the selected date and set its metadata

Take a date *

2022-07-02

Hydrological condition *

Notes

Ground truth image

Other Metadata

User:	River:	Sat. Download Date:
user123	Torrente Torre	2024-12-04
Polygon Name:	Polygon Notes:	
example_torre_4		

Save

False Color / (B11-B8-B4) ☒ True Color / (B4-B3-B2) ☐

1

Previous



Selecciona la fecha para clasificar

En el menú desplegable, busca cualquier imagen dentro del intervalo de fechas.

3 Classify the image - Torrente Torre

Set satellite image metadata

Get satellite image for the selected date and set its metadata

Enter a date *

2022-07-02

Hydrological condition *

Notes

Ground truth image



Other Metadata

User: user123

River: Torrente Torre

Sat. Download Date: 2024-12-04

Polygon Name: example_torre_4

Polygon Notes

Save

Previous

False Color / (B11-B8-B4)

True Color / (B4-B3-B2)



Imagen real

Opcionalmente, sube fotos del estudio de campo para confirmar la clasificación.

3 Classify the image - Torrente Torre

Set satellite image metadata

Get satellite image for the selected date and set its metadata

Take a date *

2022-07-02

Hydrological condition *

Notes

Ground truth image

Other Metadata

User:	River:	Sat. Download Date:
user123	Torrente Torre	2024-12-04
Polygon Name:	Polygon Notes:	
example_torre_4		

Save

False Color / (B11-B8-B4) ☒ True Color / (B4-B3-B2) ☐

3

Previous



Notas

Si lo deseas, puedes dejar notas.

(por ejemplo, «Baja confianza» si tienes dudas sobre la clasificación).

3 Classify the image - Torrente Torre

Set satellite image metadata
Get satellite image for the selected date and set its metadata

Select a date
2022-07-02

Hydrological condition *

Notes

Ground truth image

Other Metadata

User: user123	River: Torrente Torre	Sat. Download Date: 2024-12-04
Polygon Name: example_torre_4	Polygon Notes	

False Color / (B11-B8-B4) ☒ True Color / (B4-B3-B2) ☐

Save

Previous



Condición Hidrológica

Debes clasificar la condición hidrológica:

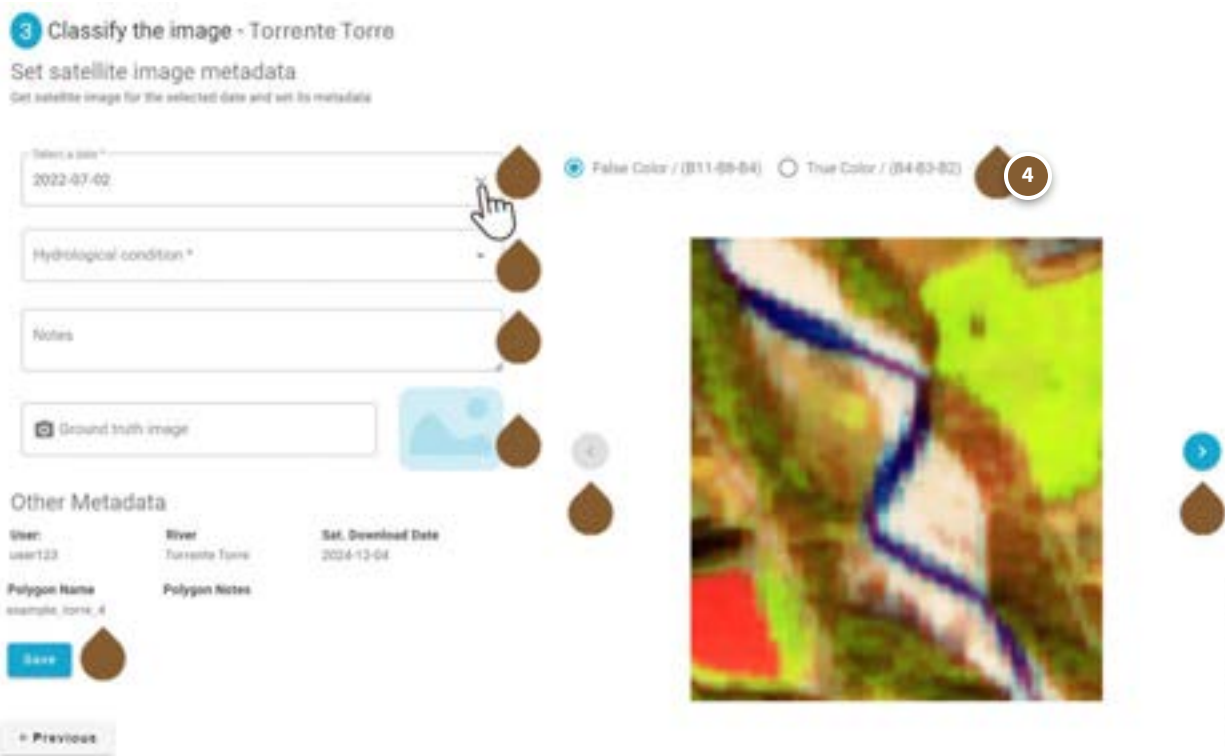
Fluido: flujo continuo y visible de agua a lo largo del tramo.

Encharcamiento: presencia discontinua de agua, con charcos aislados a lo largo del tramo.

Seco: ausencia de agua en la superficie.

Nublado

Debes seleccionar una condición hidrológica para habilitar el botón **Save**.



Falso / Color verdadero

Cuando **False Color** está habilitado (configuración predeterminada), la imagen en falso color se genera utilizando **B11** (como **Rojo**), **B8** (como **Verde**) y **B4** (como **Azul**) bandas. Al hacer clic en el botón **Color verdadero**, la imagen cambió a bandas **RGB** únicamente.

3 Classify the image - Torrente Torre

Set satellite image metadata

Get satellite image for the selected date and set its metadata

Take a date *

2022-07-02

Hydrological condition *

Notes

Ground truth image

Other Metadata

User:	River:	Sat. Download Date:
user123	Torrente Torre	2024-12-04
Polygon Name:	Polygon Notes:	
example_torre_4		

8

False Color / (B11-B8-B4) ☒ True Color / (B4-B3-B2) ☐

Previous



Guardar

Al seleccionar una condición hidrológica, se habilita el botón **Save**, que permite guardar la clasificación de la imagen.

ATENCIÓN:

¡Guarda todas las imágenes clasificadas!

3 Classify the image - Torrente Torre

Set satellite image metadata

Get satellite image for the selected date and set its metadata

Take a date *

2022-07-02

Hydrological condition *

Notes

Ground truth image

Other Metadata

User:	River:	Sat. Download Date:
user123	Torrente Torre	2024-12-04
Polygon Name:	Polygon Notes:	
example_torre_4		

False Color / (B11-B8-B4) ☒ True Color / (B4-B3-B2) ☐

6

Previous



Imagen previa

Pasar a la imagen anterior.

(Ten en cuenta que el botón aparece desactivado porque esta es la primera imagen del rango seleccionado en los pasos anteriores de este ejemplo).

3 Classify the image - Torrente Torre

Set satellite image metadata

Get satellite image for the selected date and set its metadata

Take a date *

2022-07-02

Hydrological condition *

Notes

Ground truth image

Other Metadata

User:	River:	Sat. Download Date:
user123	Torrente Torre	2024-12-04
Polygon Name:	Polygon Notes:	
example_torre_4		

Save

False Color / (B11-B8-B4) ☒ True Color / (B4-B3-B2) ☐

Previous

7



Siguiente imagen

Pasar a la siguiente imagen.

Esta **marca de verificación** indica que la clasificación de la imagen se ha **guardado**.



Haz clic en la imagen para ampliarla.

Select a date: 2022-07-02 ☒ Save

Hydrological condition: Flowing

Notes: This is an example for a training course.

Ground truth image:

Other Metadata

User: user123	River: Toronto River	Sat. Download Date: 2024-12-04
Polygon Name: example_polygon_A	Polygon Notes:	

False Color / (B11-B3-B4) ☒ True Color / (B4-B3-B2) ☐

Después de guardar la imagen, puedes realizar cambios (como condiciones hidrológicas, notas, tipo de color). Al hacer clic en este botón, se guardarán las **actualizaciones**.

CONTINUAR

4

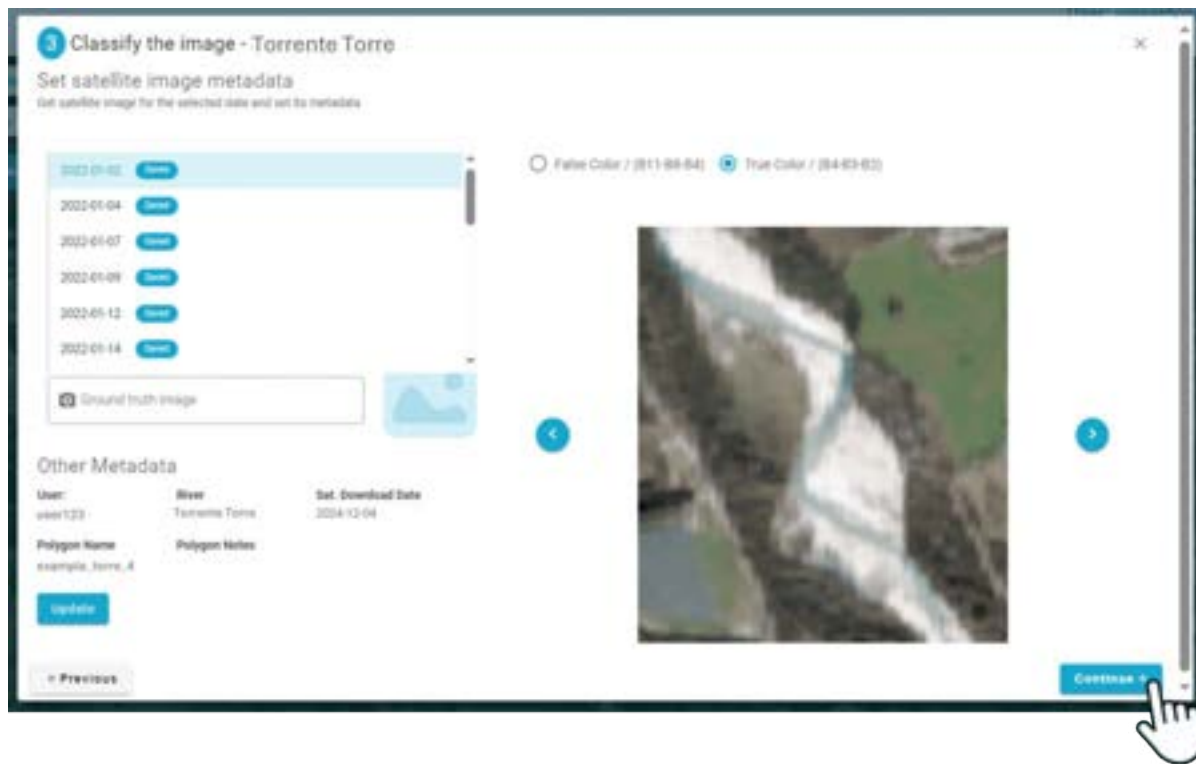
Clasificación final

Una vez revisadas todas las imágenes, pulsa el botón

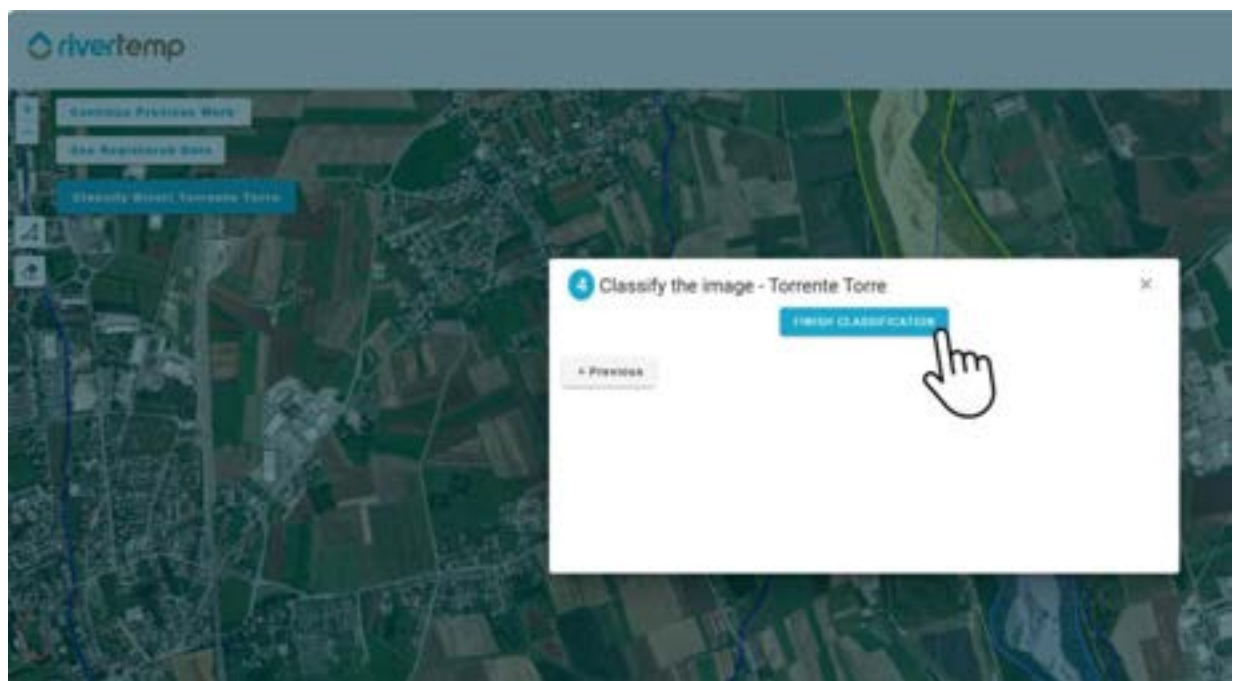
Continue...



Haz clic en las imágenes para ampliarlas.



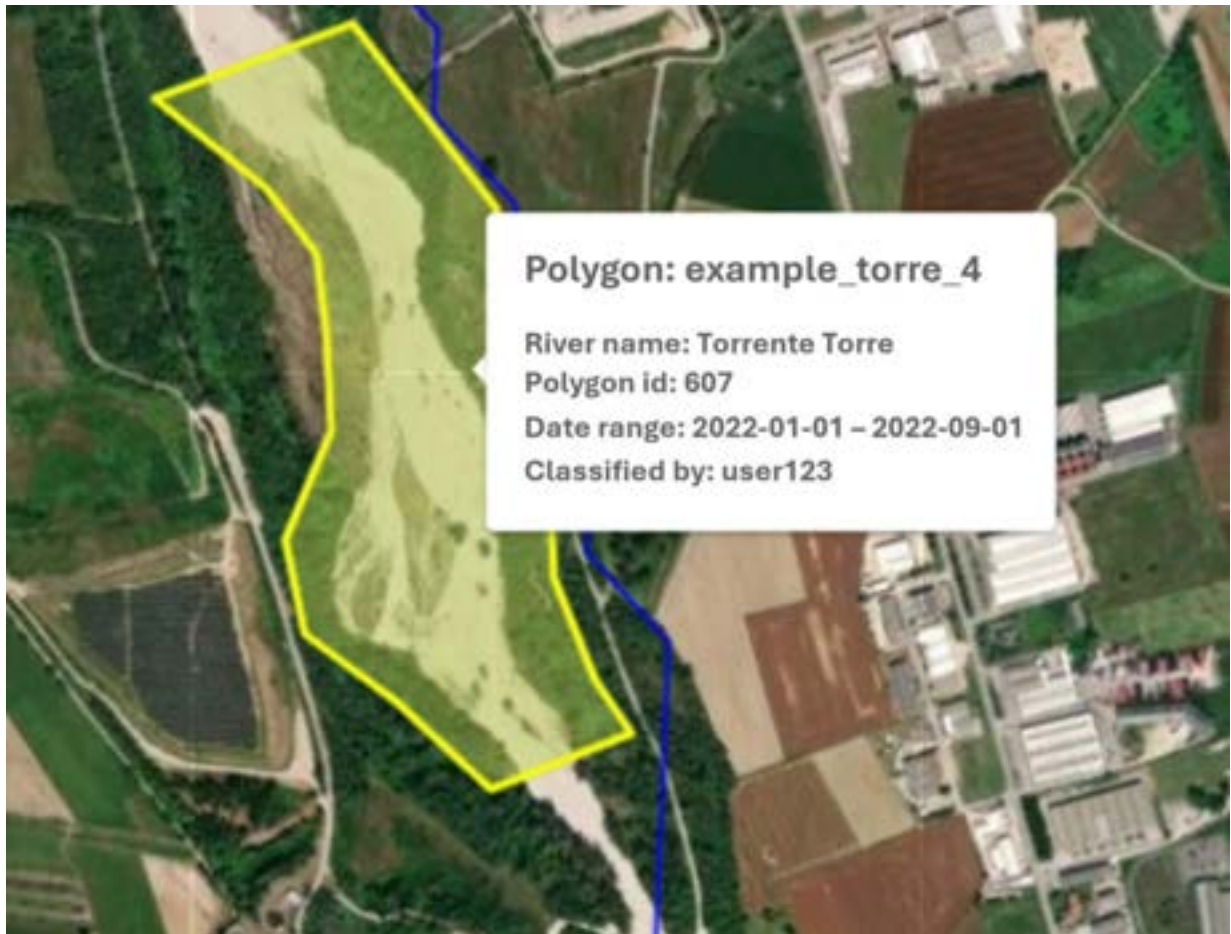
...y haz clic en el botón **FINISH CLASSIFICATION** para **confirmar**:



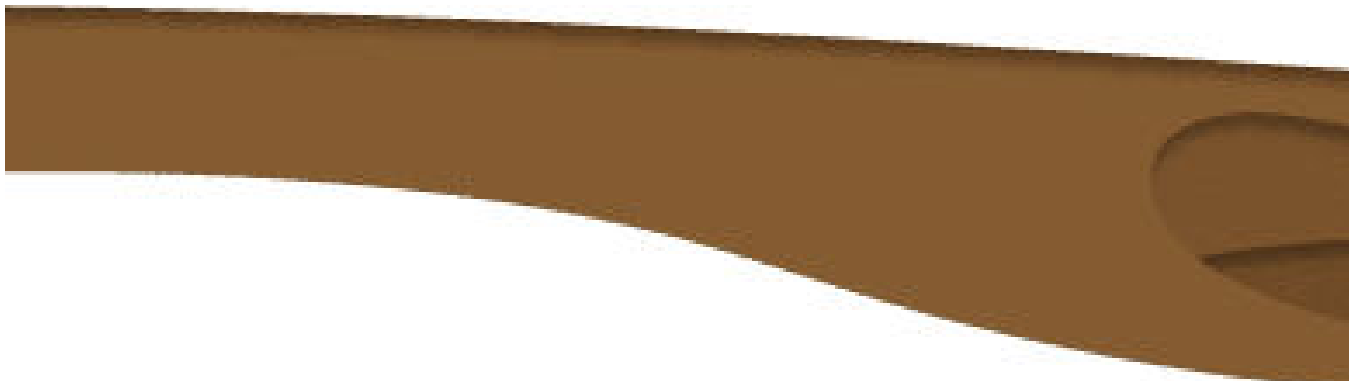
Ahora, el polígono es amarillo:

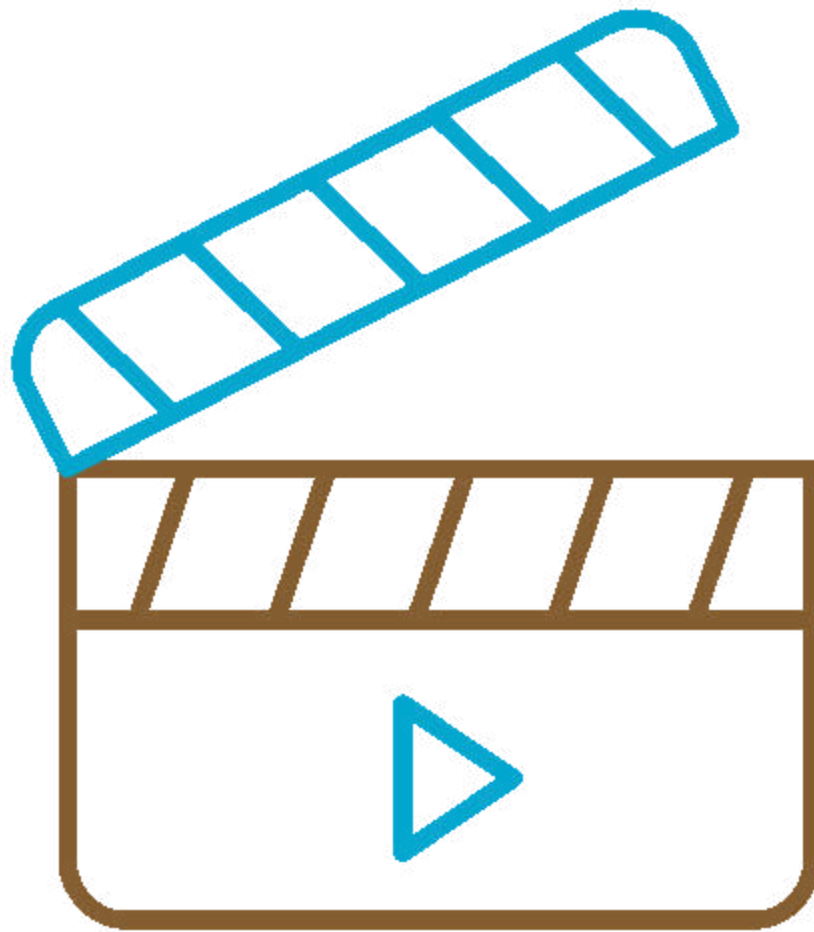


Si se pasa el ratón por encima del polígono, aparecerá la **metainformación**.



Haz clic en la imagen para ampliarla





1.

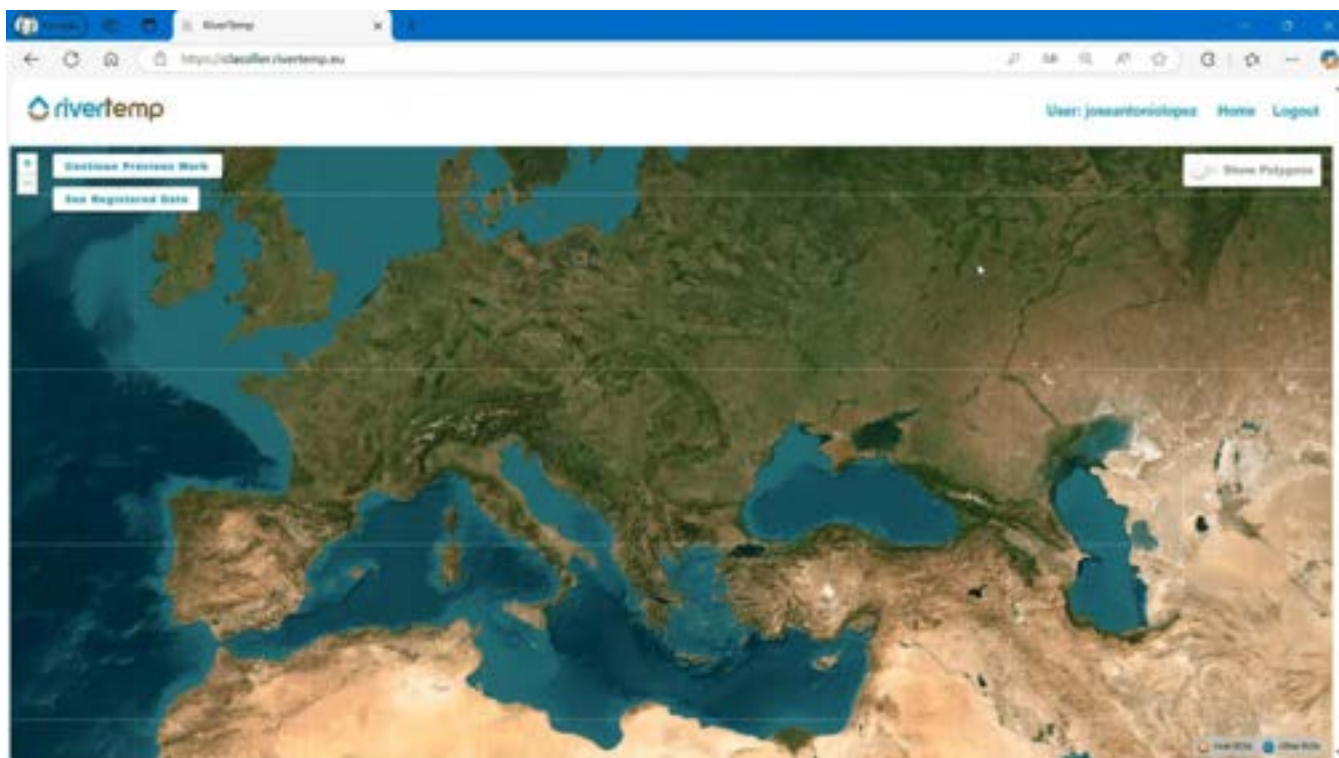
VIDEO

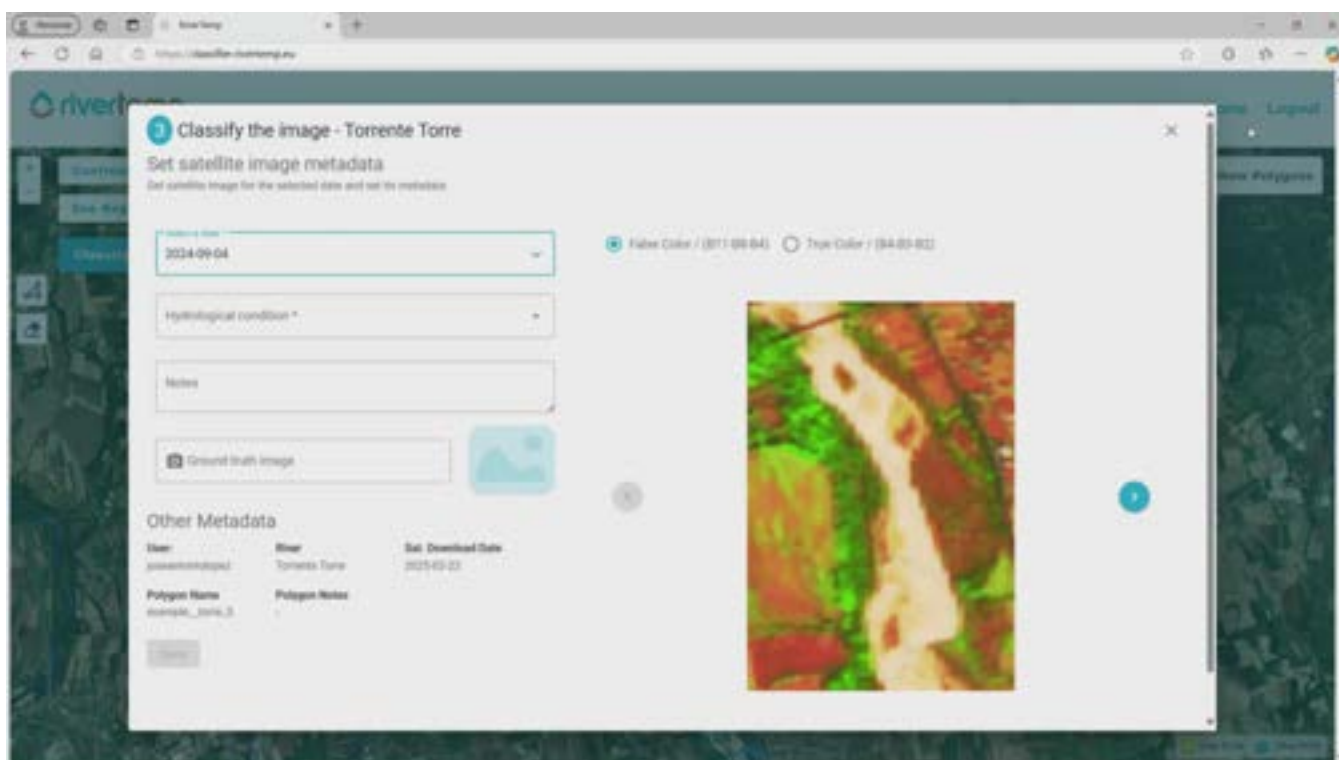
En los siguientes vídeos verás un ejemplo de todos los pasos que hemos visto hasta ahora:

1. Navegar por el mapa.
2. Crear polígonos.
3. Eliminar polígonos.
4. Seleccionar el intervalo de fechas.
5. Establecer la información básica.
6. Clasificar imágenes satelitales.
7. Finalizar la clasificación.



Haz clic en las imágenes para ver los vídeos.





CONTINUAR

5

Ver los resultados de la clasificación

Para ver los resultados de la clasificación, haz clic en el polígono:



Haz clic en la imagen para ampliarla.



Accederás a una nueva pantalla que contiene los siguientes campos:



Haz clic en los botones para ver la información.

example_name_5 (0)

Select a specific date to view the registered work.

Select a date

2024-09-06

☐ False Color / (B11-B0-B4)

☒ True Color / (B4-B3-B2)

Date of image

2024-09-06

Hydrological condition

Cloudy

Specify the image as Download / Printing / No / Cloudy

Notes

Save

Exit

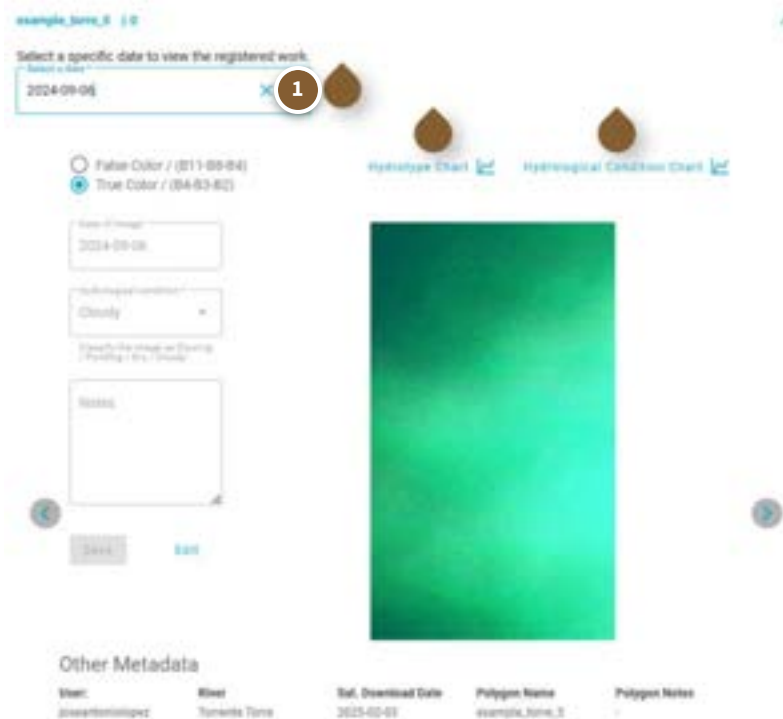
Hydrologic Chart

Hydrological Condition Chart



Other Metadata

User	River	Ref. Download Date	Polygon Name	Polygon Notes
presentmentlog2	Tomanda Tama	2025-02-03	example_name_5	



Datos clasificados

Selecciona la fecha de clasificación que deseas ver.

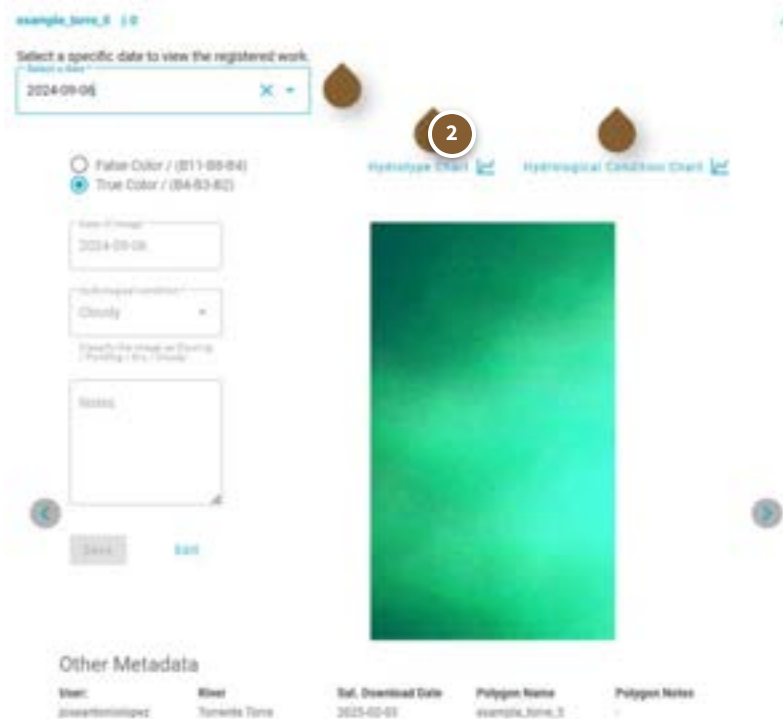
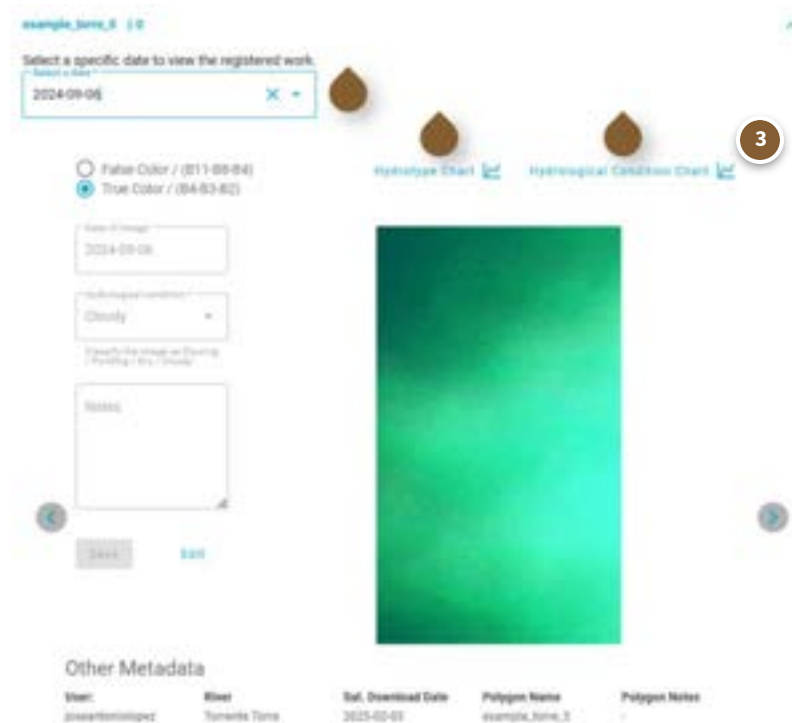


Gráfico ternario

Haz clic en el botón **Hydrotype Chart** para ver el gráfico ternario.



Series temporales

Haz clic en el botón **Hydrological Condition Chart** para ver la serie temporal.

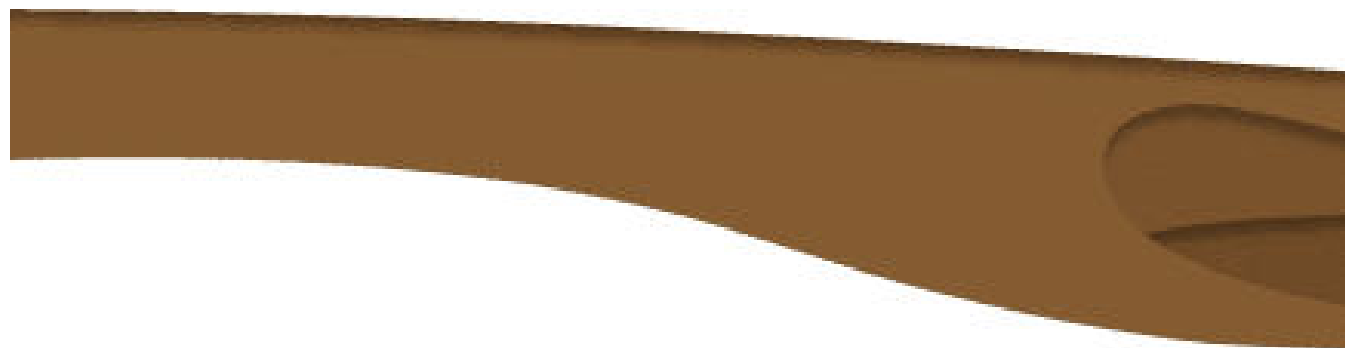


Gráfico de hidrotipos

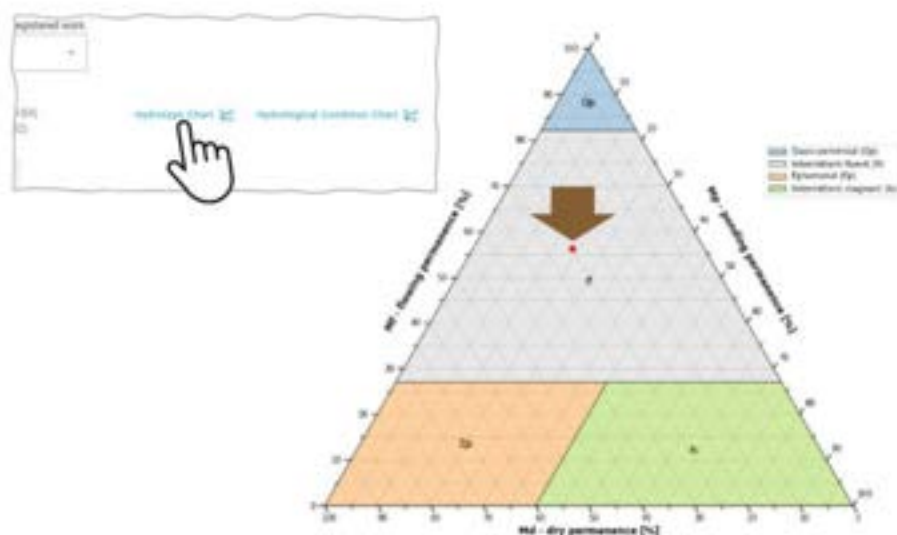
Si haces clic en el botón **Hydrotype Chart**, podrás ver el gráfico ternario:



Haz clic en la imagen para ampliarla.

09/04/2024 - 10/31/2024

Temporary River Classifier (TRC) of Torrente Torre at example_torre_5 from 2024-09-04 to 2024-10-31



Intermittent-fluent

Mf: 56.25

Cloudy Images: 30.43

Md: 25

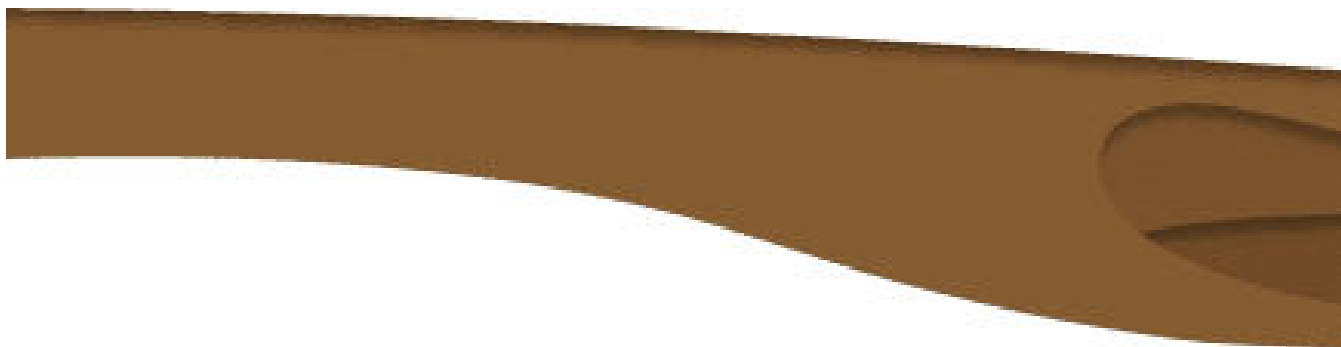
Revisit Time: 2

Mp: 18.75

Effective revisit time: 3

El **punto rojo** indica el hidrotipo del río.

Las 3 métricas (Mf - Md - Mp) se calculan automáticamente.



Example_morgadans_1

Select a specific date to view the registered work.

Select a date *

2022-07-02

☐ False Color / (B11-B8-B4)

☒ True Color / (B4-B3-B2)

Date of image

2024-11-29

Hydrological condition *

Flowing

Classify the image as Flowing / Pending / Dry / Cloudy

Hydrotype Chart ↗

Hydrological Condition Chart ↗

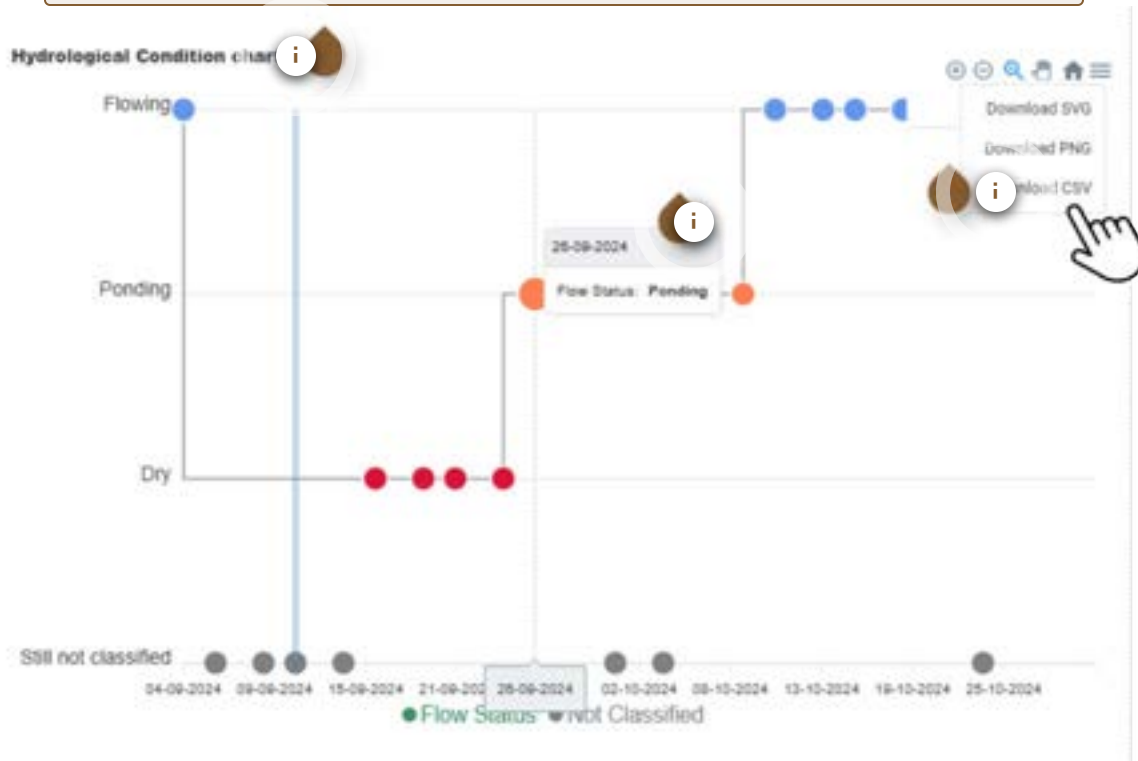
Haz clic en la imagen para ampliarla

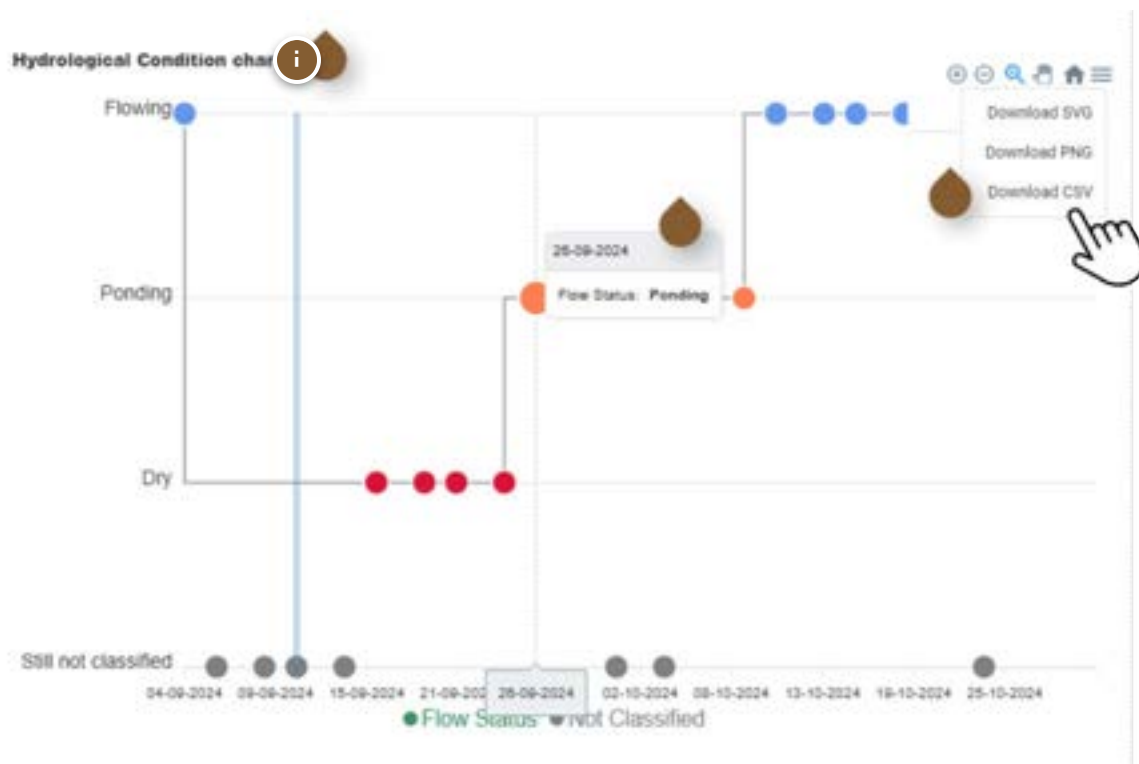
Gráfico de condiciones hidrológicas

Si haces clic en el botón **Hydrological Condition Chart**, podrás ver la **serie temporal**:

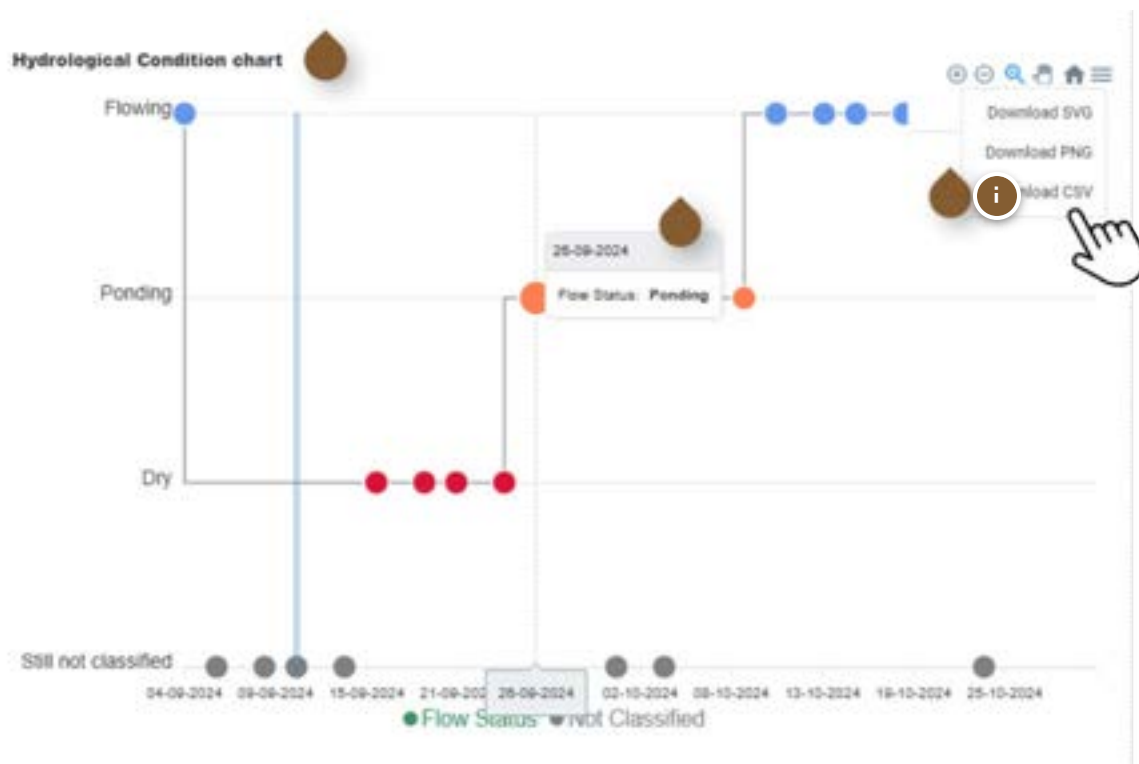


Haz clic en los botones para ver la información.

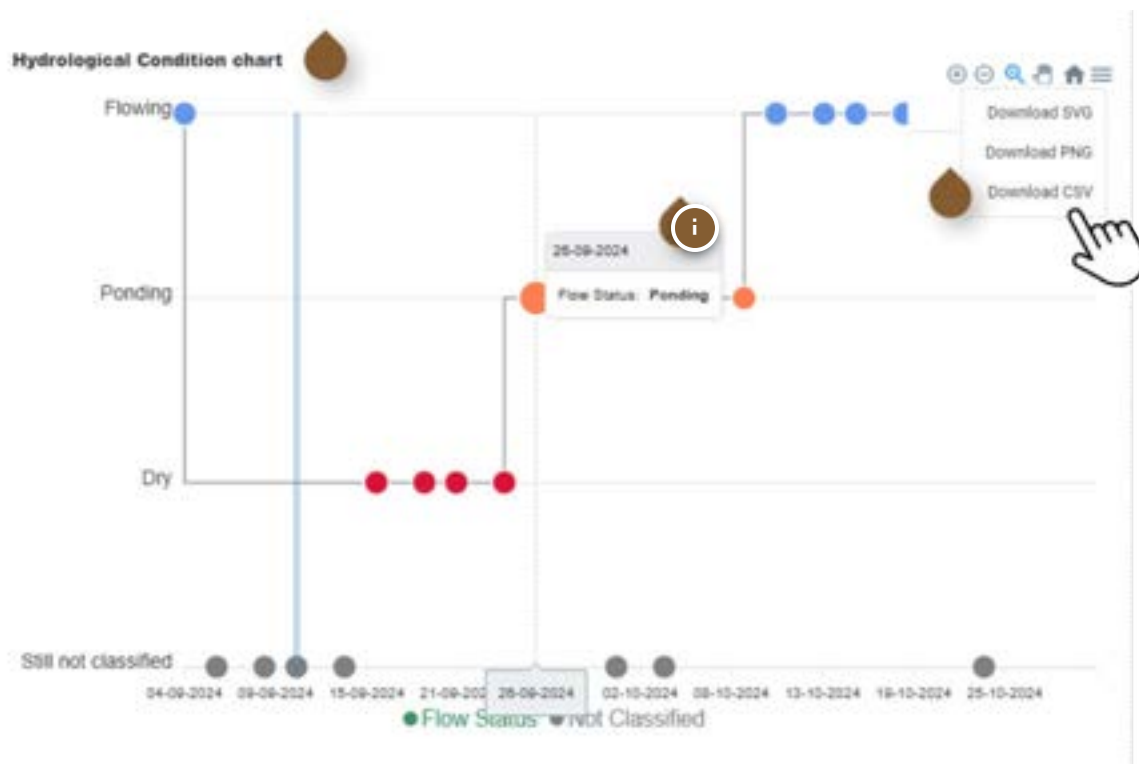




El gráfico muestra la serie temporal de imágenes satelitales clasificadas.



Puedes descargar el gráfico en diferentes formatos de archivo.

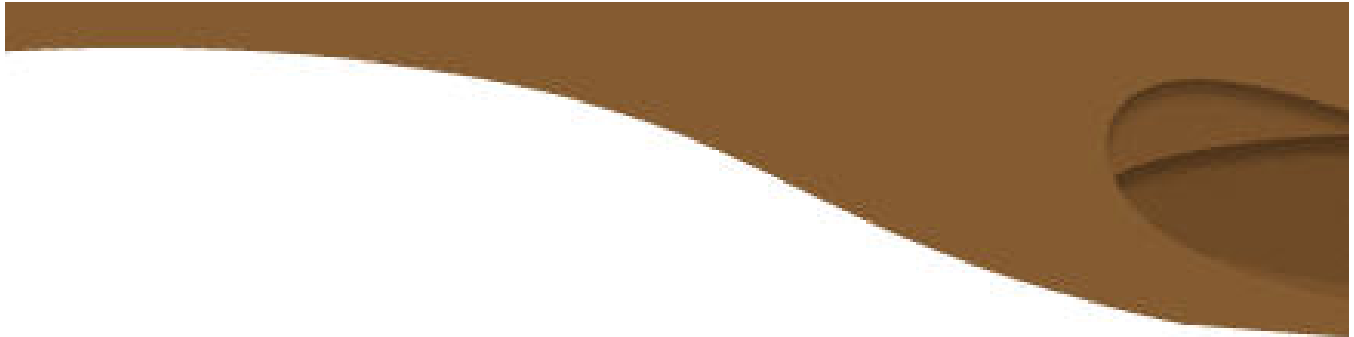


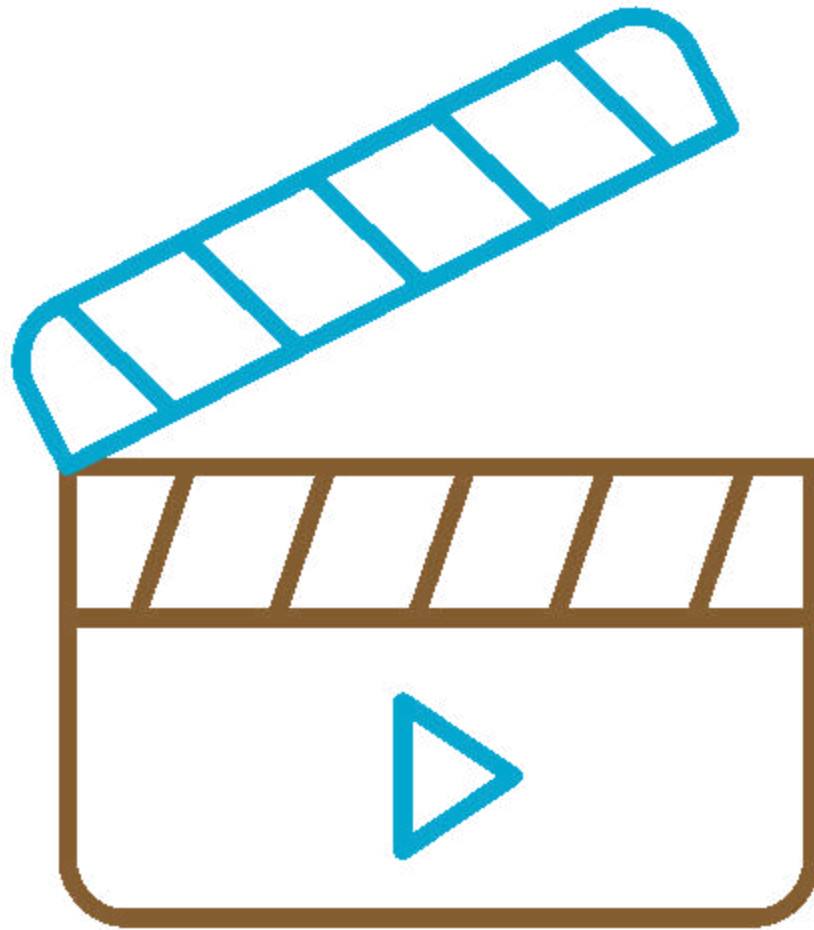
Si se pasa el ratón por encima de un punto, aparecen los valores de los datos.

En la siguiente imagen puedes ver un ejemplo de un archivo **.csv descargado:**

	A
1	category,Flow Status,Not Classified
2	Wed Sep 04 2024,3,
3	Fri Sep 06 2024,,0
4	Mon Sep 09 2024,,0
5	Wed Sep 11 2024,,0
6	Sat Sep 14 2024,,0
7	Mon Sep 16 2024,1,
8	Thu Sep 19 2024,1,
9	Sat Sep 21 2024,1,
10	Tue Sep 24 2024,1,
11	Thu Sep 26 2024,2,
12	Sun Sep 29 2024,2,
13	Tue Oct 01 2024,,0
14	Fri Oct 04 2024,,0
15	Wed Oct 09 2024,2,
16	Fri Oct 11 2024,3,
17	Mon Oct 14 2024,3,
18	Wed Oct 16 2024,3,
19	Sat Oct 19 2024,3,
20	Mon Oct 21 2024,3,
21	Thu Oct 24 2024,,0
22	Sat Oct 26 2024,3,
23	Tue Oct 29 2024,3,
24	Thu Oct 31 2024,3,







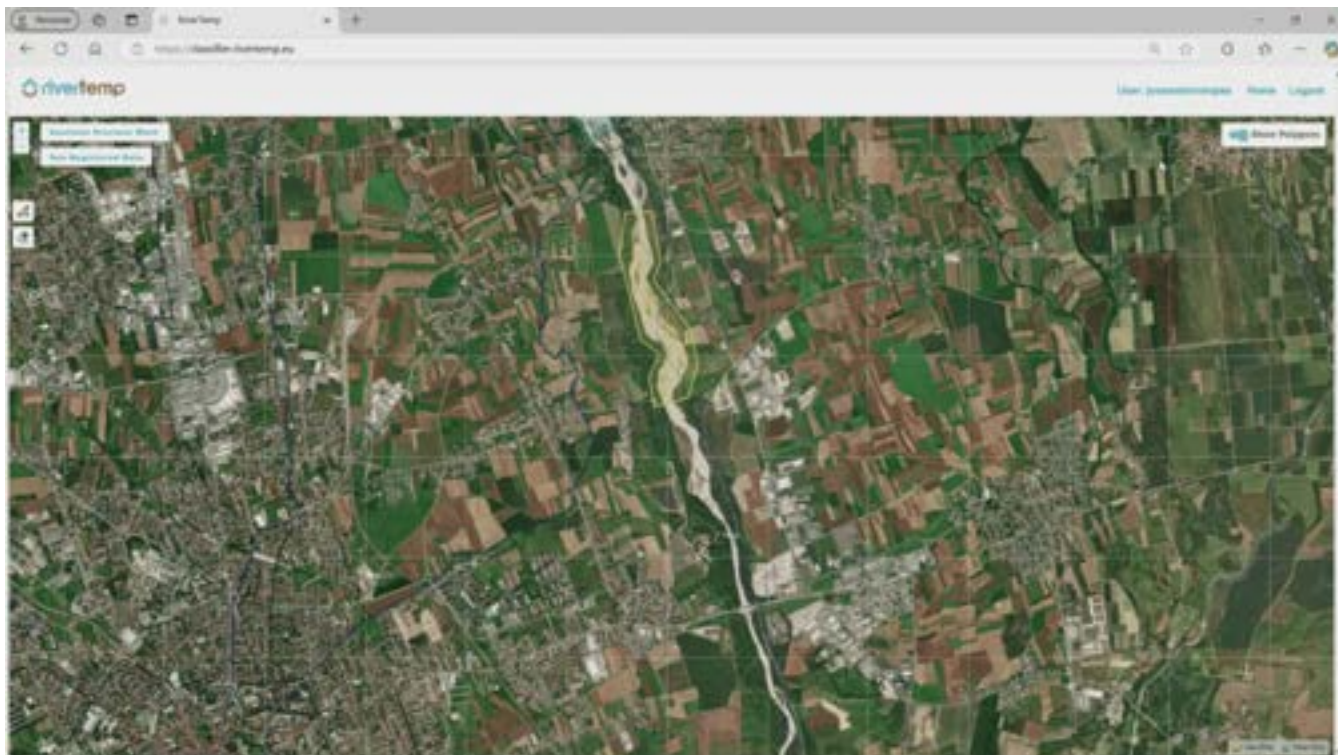
1.

VIDEO

En el siguiente vídeo vemos los resultados de la clasificación del ROI que hemos creado.



Haz clic en el botón para ver el vídeo.



CONTINUAR

Reanudar o modificar una de tus clasificaciones



Recapitulación

Antes de continuar, detengámonos y echemos la vista atrás.

¿Qué hemos hecho hasta ahora?

1

Nos hemos **inscrito** en la herramienta informática denominada **Clasificador de Ríos Temporales (TRC)**.

2

Iniciamos sesión **y accedemos a la página de inicio de la herramienta informática.**

3

Navegamos **por el mapa mundial** y localizamos el tramo temporal del río que queremos clasificar:

Torrente Torre

4

Seleccionamos el **intervalo de fechas** que queremos clasificar:

01/09/2024 - 31/10/2024.

(Recuerda: se permite un máximo de **250 días**).

5

Creamos **un polígono** y le dimos el nombre:

example_torre_5

6

A continuación, **clasificamos** la mayoría de las imágenes y las guardamos.

7

Finalmente, **terminamos la clasificación** y guardamos el trabajo.

En este punto, es posible que tengas las siguientes **preguntas:**



Haz clic en las tarjetas para voltearlas.



¿Puedo **modificar** los datos del polígono que acabo de guardar?



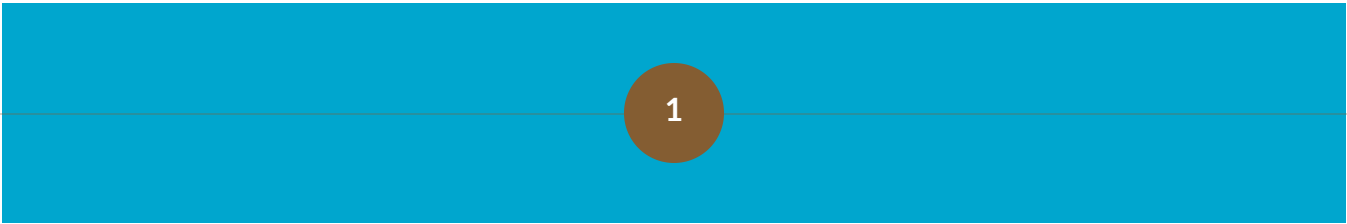
¿Puedo **ampliar** la clasificación de un polígono existente?



Obviamente, la respuesta es sí. Continúa con el curso y descubre cómo se hace.



CONTINUAR



1



Haz clic en los botones para ver la información.

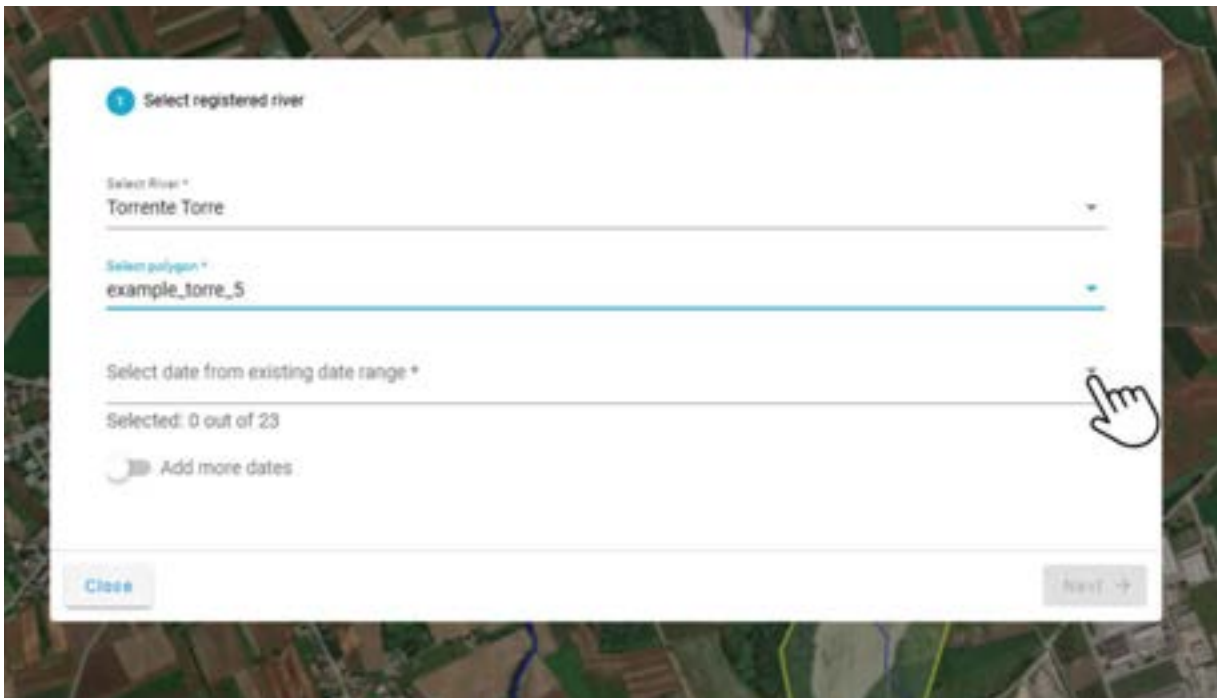
Modificar una clasificación



Pulsa el botón **COMENZAR** y descubre cómo **modificar** datos en un polígono ya creado:



En el mapa del mundo, haz clic en el botón **Continue Previous Work**.



The screenshot shows a web application interface with a white modal window overlaid on a satellite map background. The modal has a title bar with a blue circle containing a white '1' and the text 'Select registered river'. Inside the modal, there are three main sections: 1. 'Select River *' with a dropdown menu showing 'Torrente Torre'. 2. 'Select polygon *' with a dropdown menu showing 'example_torre_5'. 3. 'Select date from existing date range *' with a dropdown menu showing 'Selected: 0 out of 23'. Below the date selection is a toggle switch labeled 'Add more dates'. At the bottom left of the modal is a 'Close' button, and at the bottom right is a 'Next' button with a right arrow. A hand cursor icon is pointing at the date selection dropdown.

1 Select registered river

Select River *
Torrente Torre

Select polygon *
example_torre_5

Select date from existing date range *
Selected: 0 out of 23

☐ Add more dates

Close

Next →

Selecciona el río y el polígono.

A continuación, selecciona las fechas del intervalo de fechas existente
(en este ejemplo: 01/09/2024 - 31/10/2024)

1 Select registered river

Select River *
Torrente Torre

Select polygon *
example_torre_5

Select date from existing date range *

☒ 2024-09-04 ☒ 2024-09-06

Select All

☒ 2024-09-04

☒ 2024-09-06

☒ 2024-09-09

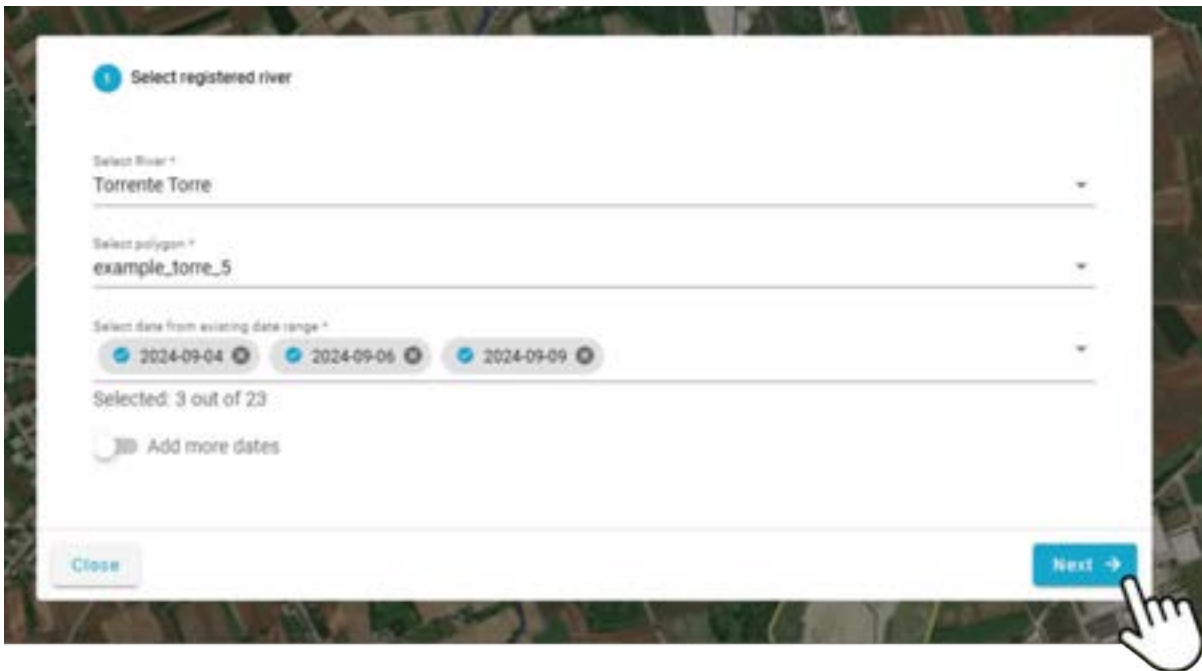
☐ 2024-09-11

☐ 2024-09-14

En la ventana emergente, puedes seleccionar todas las fechas que desees.

Tienes la opción de seleccionarlas todas haciendo clic en **Select All**.

En este ejemplo, seleccionaremos las tres primeras fechas.



The screenshot shows a web application interface with a white modal window overlaid on a satellite map background. The modal has a title bar with a blue circle containing the number '1' and the text 'Select registered river'. Below the title bar, there are three selection fields: 'Select River *' with the value 'Torrente Torre', 'Select polygon *' with the value 'example_torre_5', and 'Select date from existing date range *' with three selected dates: '2024-09-04', '2024-09-06', and '2024-09-09'. Below these fields, it says 'Selected: 3 out of 23' and there is a button labeled 'Add more dates'. At the bottom of the modal, there is a 'Close' button on the left and a 'Next →' button on the right. A hand cursor is pointing at the 'Next →' button.

1 Select registered river

Select River *
Torrente Torre

Select polygon *
example_torre_5

Select date from existing date range *
2024-09-04 2024-09-06 2024-09-09

Selected: 3 out of 23
Add more dates

Close Next →

Una vez seleccionadas las fechas que queremos investigar, hacemos clic en el botón **Next**.

Set satellite image metadata
Set satellite image for the selected date and set its metadata

Select a date: 2024-09-04

Hydrological condition: Dry

Notes:

Ground truth image:

False Color / (B11-B3-B4) ☒ True Color / (B4-B3-B2) ☐

Other Metadata

User:	Site:	Sat. Download Date:
joseph@humboldt	Tumaco Turp	2024-02-05
Polygon Name:	Polygon Notes:	
example_1, June_3		

Next

Back

En esta pantalla podemos modificar todos los datos que queramos.
Primero seleccionamos la fecha.

The screenshot shows a web form titled "Set satellite image metadata" with the subtitle "Get satellite image for the selected date and set its metadata". The form is divided into several sections:

- Date Selection:** A list of dates: 2024-09-04, 2024-09-06, 2024-09-09, and "Today". Each date has a "Select" button. A hand cursor is pointing at the "2024-09-09" button.
- Color Scheme:** Two radio buttons: "False Color / (211-85-84)" (selected) and "True Color / (24-83-82)".
- Ground Truth Image:** A text input field with a placeholder icon and a "Ground truth image" label.
- Other Metadata:** A section with four fields: "User:" (username: jasonfornico), "River:" (Tumaco River), "Set Download Date:" (2025-03-02), and "Polygon Name:" (example_Zone_2). There is also a "Polygon Notes:" field.
- Buttons:** A "Download" button at the bottom left and a "Back" link at the bottom left.
- Preview:** A satellite image preview on the right side of the form, showing a river and surrounding land.

Si te fijas, solo aparecen las tres fechas que seleccionamos en el paso anterior.

En este ejemplo, seleccionamos la tercera.

Set satellite image metadata

Set satellite image for the selected date and set its metadata.

Selecting Date: 2024-09-06

False Color / (311-85-84) True Color / (34-83-82)

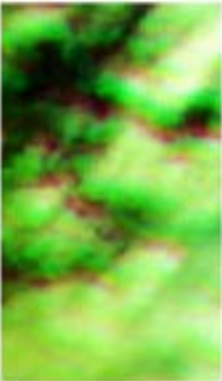
Flowing - visible continuous flow of water along the reach
Ponding - discontinuous water presence, with isolated ponds along the reach
Dry - absence of surface water
Cloudy

Other Metadata

User:	River:	Sat. Download Date:
example_username	Tennessee River	2023-02-03
Polygon Name:	Polygon Index:	
example_name_2	1	

Update

Back



Ahora hacemos una modificación: cambiamos la condición hidrológica de nublado a encharcado.

Set satellite image metadata
Get satellite image for the selected date and set its metadata.

Select a date: 2024-09-09

Satellite image product: Ponding

Notes:

Ground truth image:

Other Metadata

User: example@example.com	River: Example River	Sat. Download Date: 2024-09-09
Polygon Name: example_polygon_1	Polygon Notes:	

Update

Recuerda hacer clic en el botón **Update** para guardar los cambios.



Pero podemos ir más allá. Podemos añadir nuevas fechas a un polígono ya creado.

CONTINUAR

2



Haz clic en los botones para ver la información.

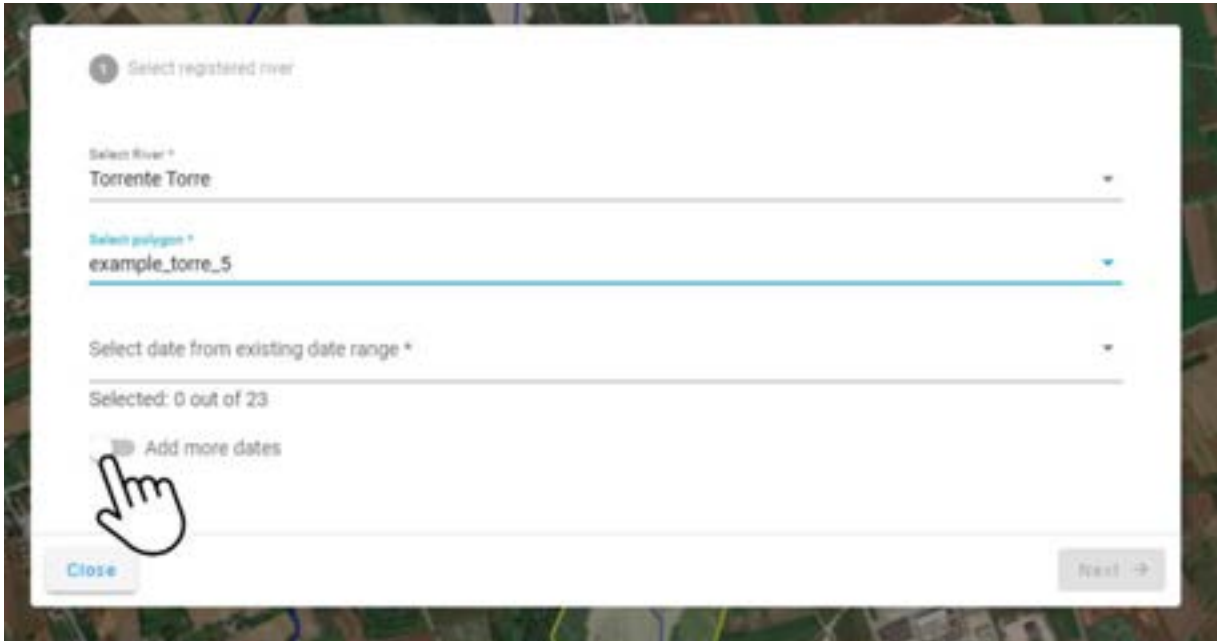
Reanudar una clasificación



Pulsa el botón **INICIO** y descubre cómo **añadir fechas** en un polígono ya creado:



Como vimos en el ejemplo anterior, volvemos a hacer clic en el botón **Continue Previous Work**.



The screenshot shows a web form titled "Select registered river" with the following elements:

- A dropdown menu labeled "Select River *" with the value "Torrente Torre" selected.
- A dropdown menu labeled "Select polygon *" with the value "example_torre_5" selected.
- A dropdown menu labeled "Select date from existing date range *" with the value "Selected: 0 out of 23" displayed below it.
- A button labeled "Add more dates" with a plus icon, which is being pointed to by a hand cursor.
- A "Close" button in the bottom left corner.
- A "Next" button with a right arrow in the bottom right corner.

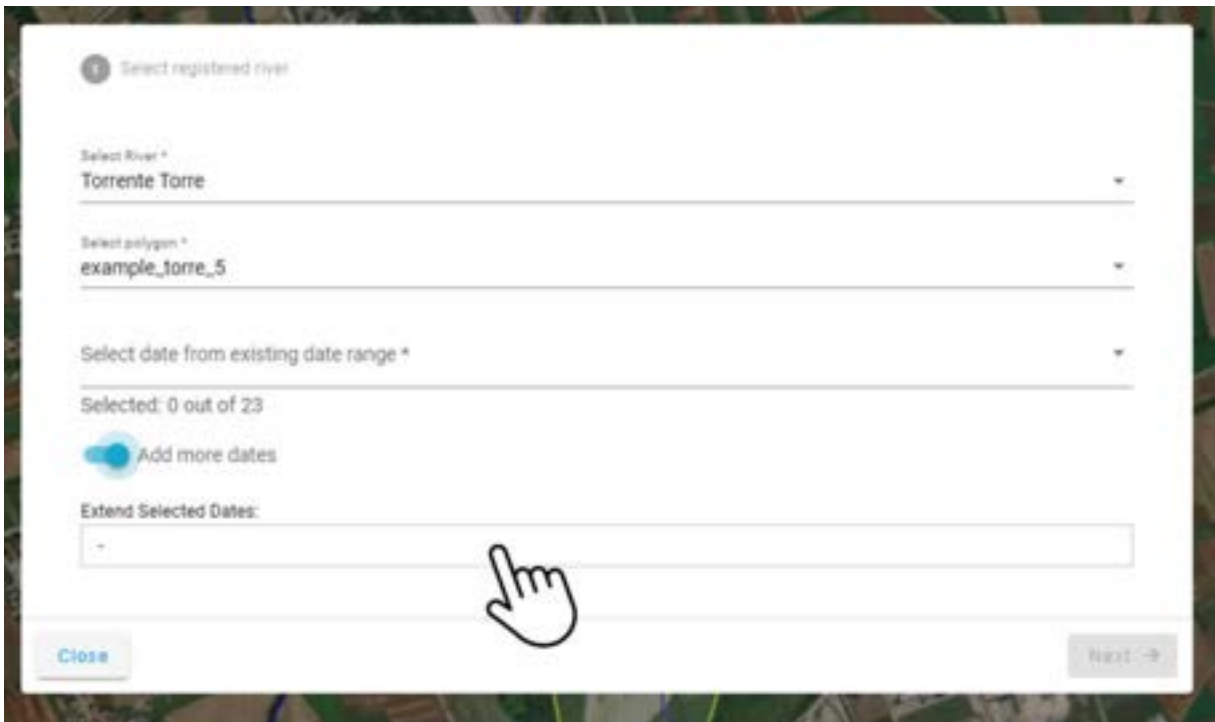
Atención:

Actualmente tenemos 23 imágenes correspondientes al intervalo seleccionado cuando se definió el polígono: del 1 de septiembre de 2024 al 31 de octubre de 2024.

Ahora queremos incluir imágenes de noviembre y diciembre de 2024.

¿Cómo podemos hacerlo?

Activando el botón de alternancia para ampliar el intervalo de fechas.



The screenshot shows a web form titled "Select registered river" with the following elements:

- Select River ***: A dropdown menu with "Torrente Torre" selected.
- Select polygon ***: A dropdown menu with "example_torre_5" selected.
- Select date from existing date range ***: A dropdown menu with "Selected: 0 out of 23" displayed below it.
- Add more dates**: A toggle switch that is currently turned on.
- Extend Selected Dates:**: An input field with a small downward arrow icon on the left. A hand cursor is pointing at this field.
- Close**: A button in the bottom left corner.
- Next →**: A button in the bottom right corner.

Aparece una nueva barra de selección: **Extend Selected Dates**.

Hacemos clic en ella.

1 Select registration river

Select River *

Toronto Tame

Select polygon *

example_tame_5

Select date from existing date range *

Selected: 0 out of 23

☒ Add more dates

Extend Selected Dates:

01/11/2024 - 31/12/2024

Close

Today

Yesterday

This month

This year

Last month

Dec 2024

De	Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa
27	28	29	30	31	1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31	1	2	3	4	5	6

Dec 2024

De	Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa
24	25	26	27	28	29	30
31	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31	1	2	3

Ahora seleccionamos el intervalo de fechas que queremos añadir:

01/11/2024 - 31/12/2024

The screenshot shows a web form titled "Select registered river". It contains the following elements:

- A title "Select registered river" with a small circular icon.
- A label "Select River *" with a dropdown menu showing "Torrente Torre".
- A label "Select polygon *" with a dropdown menu showing "example_torre_5".
- A label "Select date from existing date range *" with a text input field showing "Selected: 0 out of 47".
- A toggle switch labeled "Add more dates" which is currently turned on.
- A label "Extend Selected Dates:" with a text input field showing "01/11/2024 - 31/12/2024".
- A green success message: "Available dates updated! You have now a total of 47 dates to select from." with a green checkmark icon.
- Buttons at the bottom: "Close" on the left and "Next ->" on the right.

Three brown arrows are overlaid on the image: one pointing right to the "Add more dates" toggle, one pointing up to the "Next" button, and one pointing left to the "Select date from existing date range" label.

¡Echa un vistazo!

El sistema nos informa de que hemos añadido nuevas fechas. Si recuerdas, teníamos 23 fechas. Ahora tenemos un total de 47. Por lo tanto, acabamos de añadir 24 nuevas fechas.

1 Select registered cover

Select River *
Torrente Torre

Select polygon *
example_torre_5

Select date from existing date range *

2024-11-03 2024-11-05 2024-11-08 2024-11-10 (+20 others)

- ☒ 2024-12-18
- ☒ 2024-12-20
- ☒ 2024-12-23
- ☒ 2024-12-25
- ☒ 2024-12-28
- ☒ 2024-12-30

Clear

Al igual que en el ejemplo anterior, desplegamos el menú **Select date from existing date range**.

Ahora podemos ver las 24 fechas nuevas que acabamos de añadir. Las seleccionamos.

Set satellite image metadata
Get satellite image for the selected date and set its metadata

Select a day
2024-11-05

Hydrological condition *

Taxes

Ground truth image

False Color / (311-88-84) ☒ True Color / (84-83-42) ☐

Other Metadata

User: joseantonio	River: Ternero Tuna	Sat. Download Date: 2025-02-01
Polygon Name: example_name_3	Polygon Notes: 	

Save

[Back](#)

Y ahora podemos clasificar las nuevas imágenes, tal y como hicimos en los ejemplos anteriores.

Set the info

Set satellite image metadata

Set satellite image for the selected date and set its metadata

Minimum date:

2024-12-18

Save

2024-12-20

Save

2024-12-23

Save

2024-12-25

Save

2024-12-28

Save

2024-12-30

Save

Other Metadata

User: joseantonio	River: Toro Verde River	Sat. Download Date: 2023-02-02
Polygon Name: example, Spine_2	Polygon Notes: /	

Update

[Back](#)

False Color / (B11-B3-B4) ☒ True Color / (B4-B3-B2) ☐



Recuerda hacer clic en el botón **Update** para actualizar y guardar los cambios.

CONTINUAR

Ver datos registrados

En cualquier momento podemos consultar los datos almacenados en nuestros polígonos

¿Cómo lo hacemos?



1

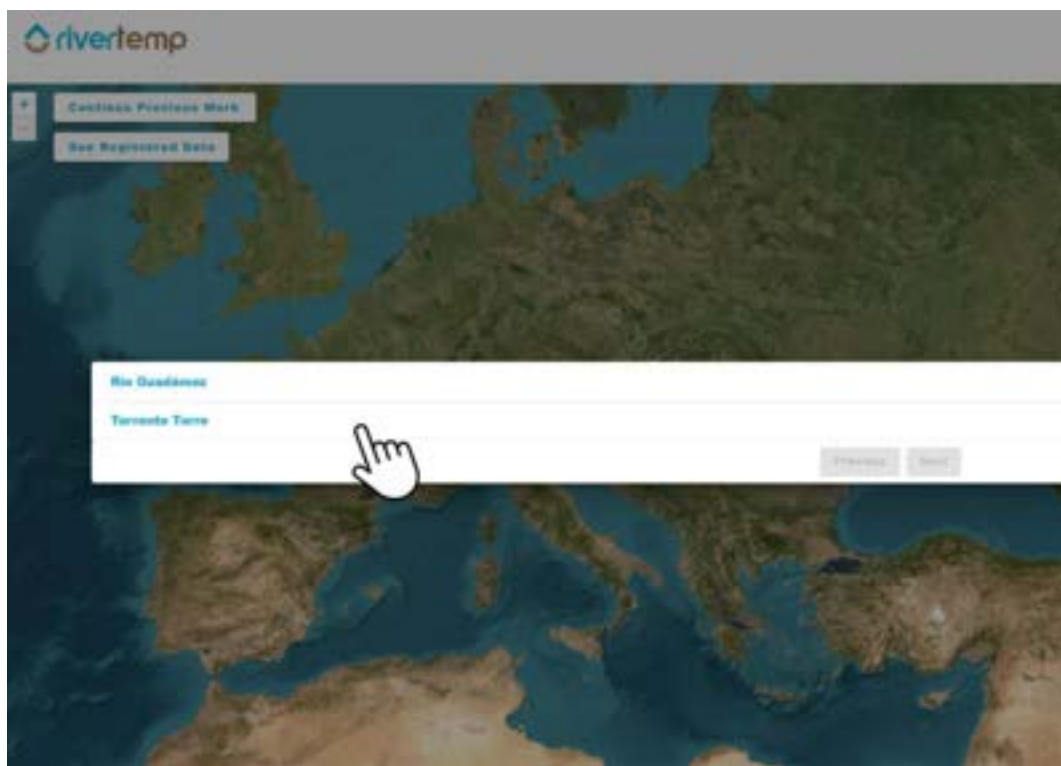
Haz clic en el botón **See Registered Data** para comprobar las clasificaciones y los gráficos.



2

Selecciona el **río** en este menú desplegable.

En este ejemplo: ***Torrente Torre***



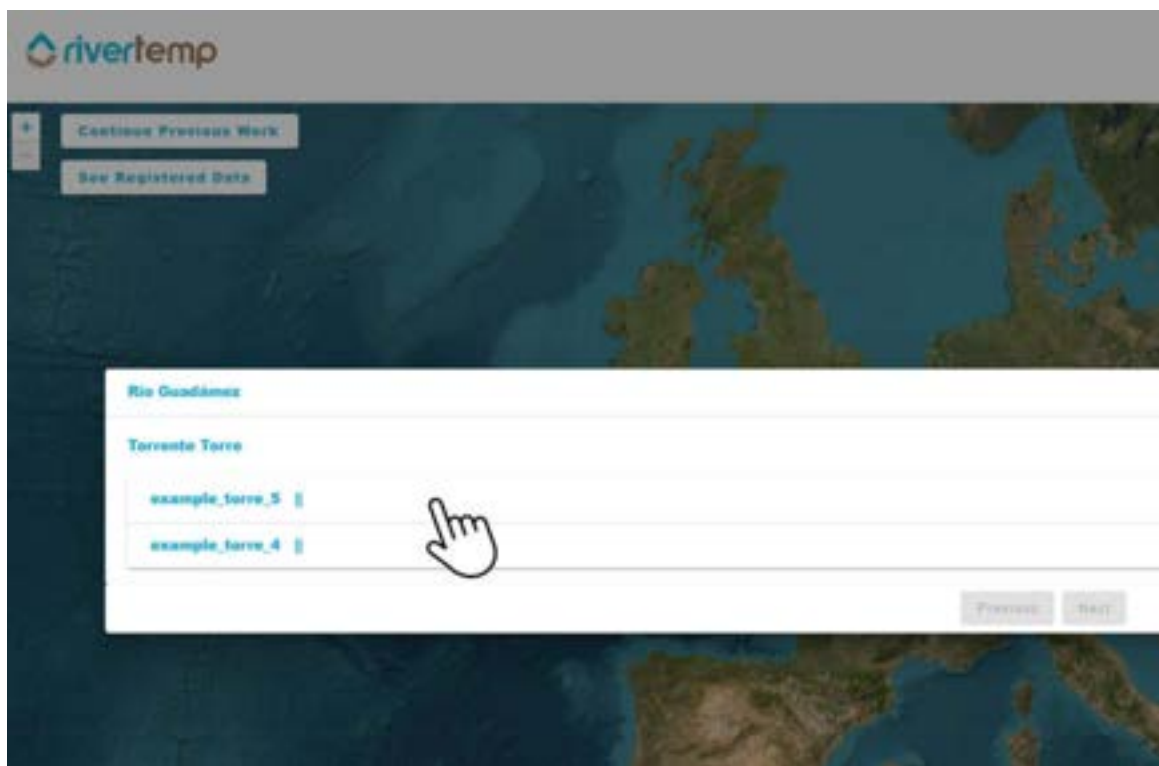
3

Ahora selecciona el **polígono**.

En este ejemplo: ***ejemplo_torrente_5***

Nota:

En este río, hemos creado dos polígonos diferentes.



4

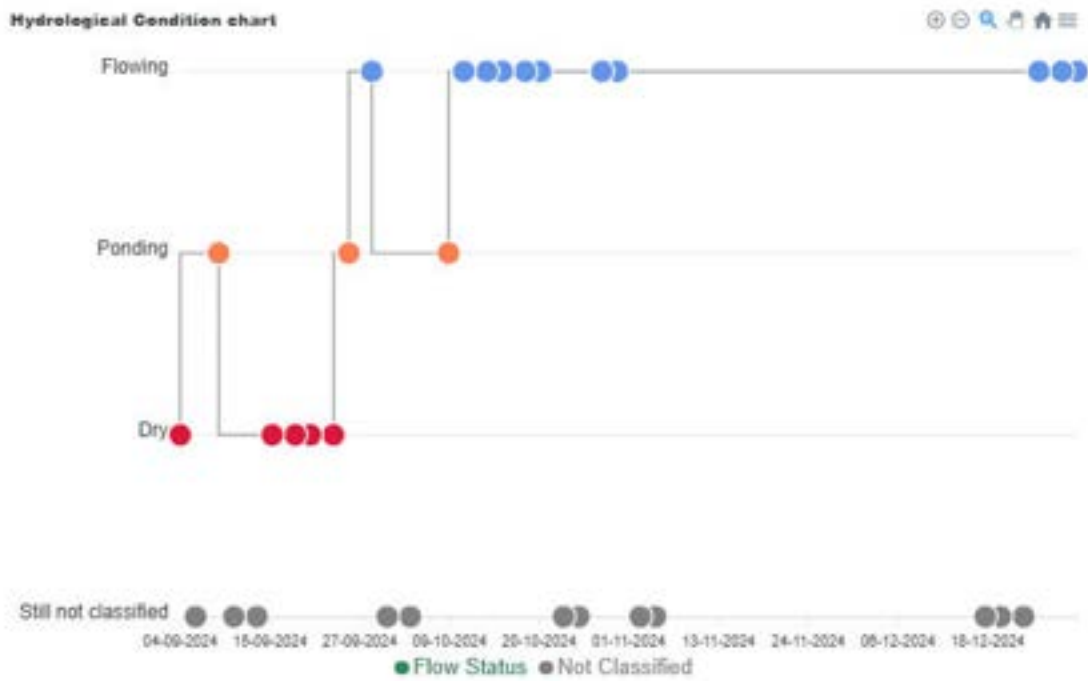
Ahora puede consultar todos los datos que desee.
Por ejemplo, el **gráfico de condiciones hidrológicas**.
Haz clic en el botón.



5

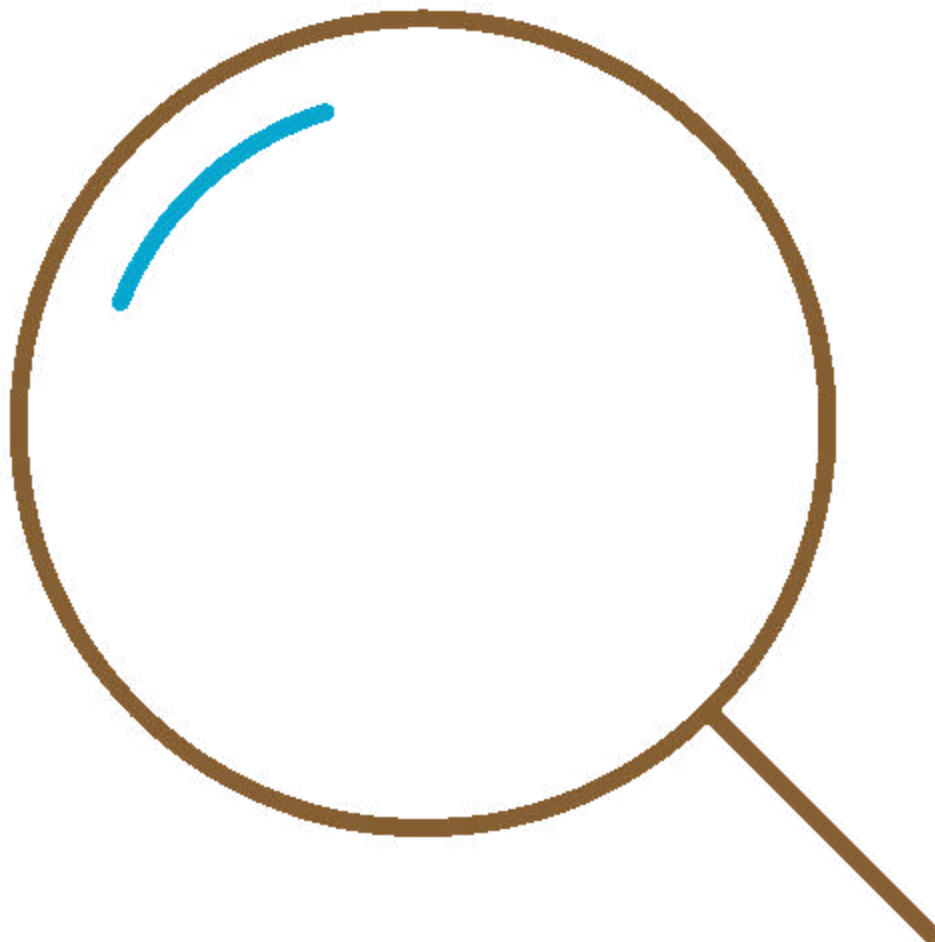
Observa que ahora aparecen los puntos correspondientes a las últimas clasificaciones que hemos realizado (las de los meses de noviembre y diciembre de 2024).

Hydrological Condition chart



CONTINUAR

Regiones de interés



Desde la página de inicio también podemos consultar los datos de los ROIs de otros usuarios.



Haz clic en las pestañas para ver la información.

SELECCIONA EL RÍO

**SELECCIONA EL
POLÍGONO**

**VER EL TRABAJO
REGISTRADO**

**EJEMPLO: EL
GRÁFICO TERNARIO**

En la **página de inicio**, en la sección **Regions of interest**, selecciona el **río**.



Choose a river from the list to see their registered work

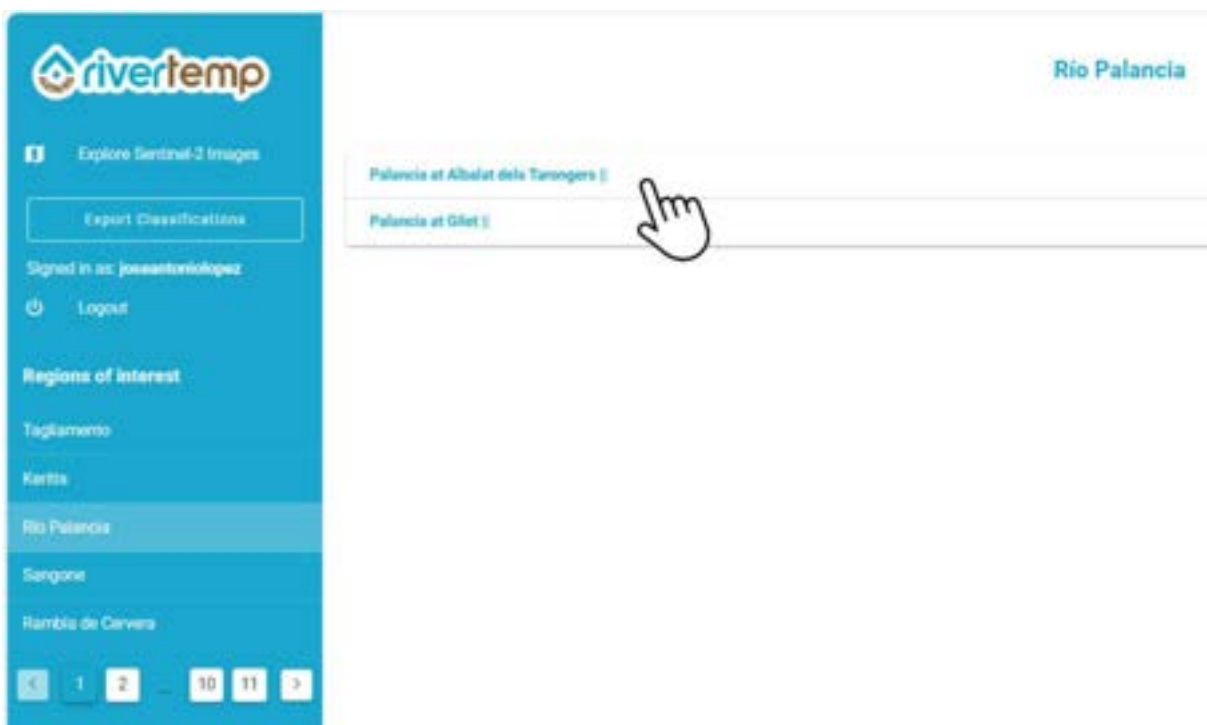
SELECCIONA EL RÍO

SELECCIONA EL
POLÍGONO

VER EL TRABAJO
REGISTRADO

EJEMPLO: EL
GRÁFICO TERNARIO

Una vez seleccionado el río, selecciona el **ROI**.
Recuerda: un mismo río puede tener varios **ROIs**.



SELECCIONA EL RÍO	SELECCIONA EL POLÍGONO	VER EL TRABAJO REGISTRADO	EJEMPLO: EL GRÁFICO TERNARIO

En esta pantalla podemos ver todos los datos de este ROI:

- Imágenes satelitales
- Condiciones hidrológicas
- Cuadro de hidrotipos
- Cuadro de condiciones hidrológicas

Polareza at Giliat (1)

Select a specific date to view the registered work.

Select a date *

☐ False Color / (B11-B08-B4)

☒ True Color / (B4-B3-B2)

Date of image
2023-12-01

Processing condition
Pending

Click on the image to download. Pending. 300 x 300px

Notes

Hydrology Chart

Hydrological Condition Chart



Other Metadata:

Isabelle Bruchetto

Blower

No Preference

Get Download Date

2024-04-21

Polygon Name

Polareza at Giliat

Polygon Notes

SELECCIONA EL RÍO

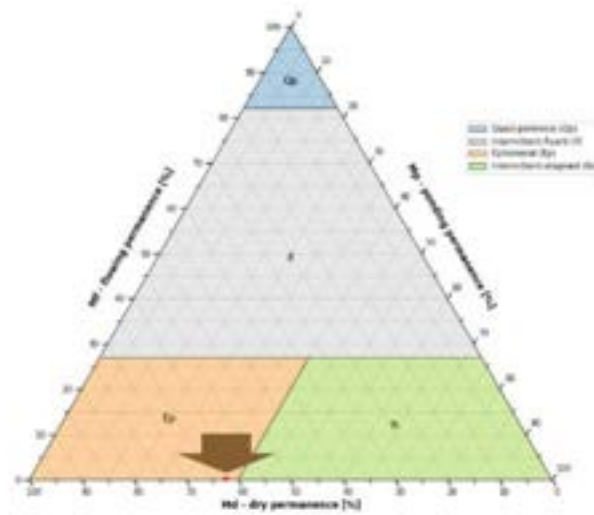
SELECCIONA EL
POLÍGONO

VER EL TRABAJO
REGISTRADO

EJEMPLO: EL
GRÁFICO TERNARIO

12/31/2022 - 06/19/2023

Temporary River Classifier (TRC) of Rio Palancia at Palancia at Gilet from 2022-12-31 to 2023-06-19



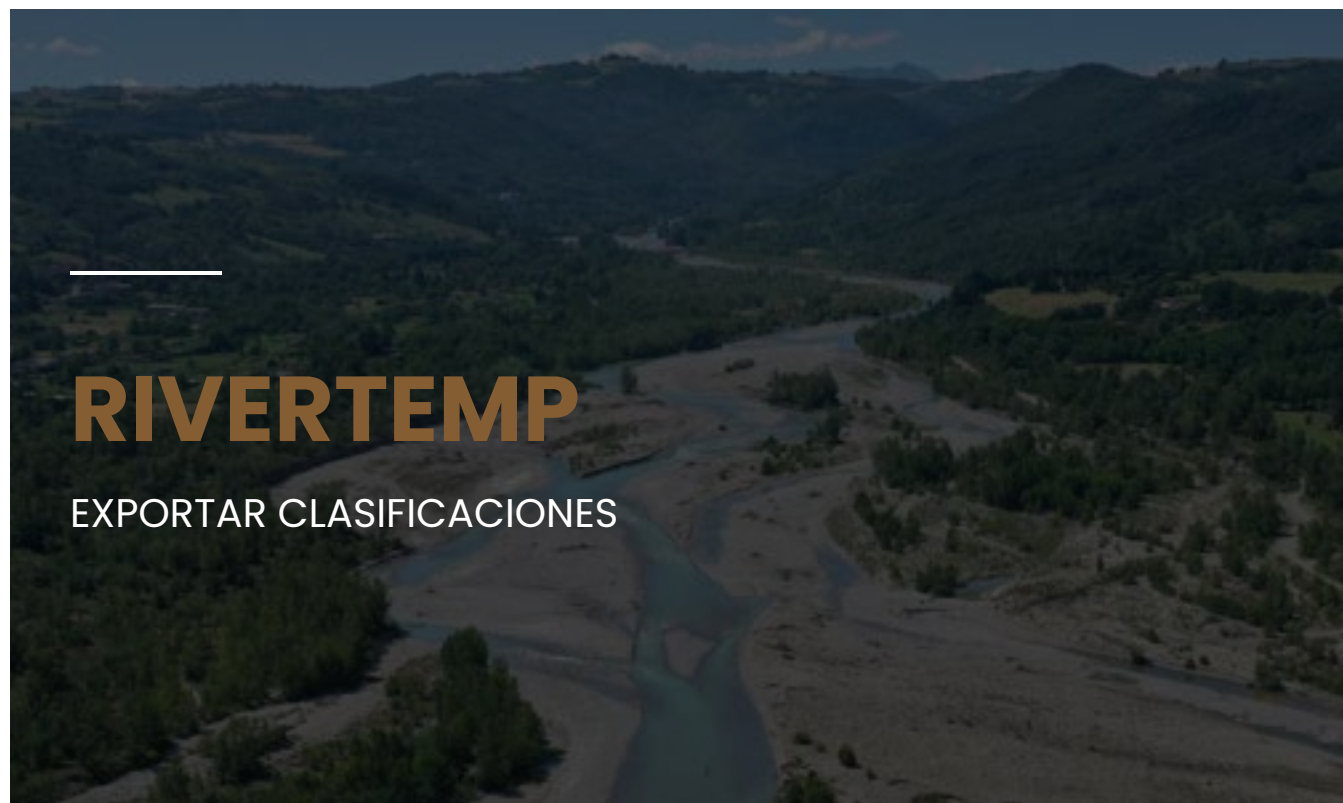
Ephemeral

Mf: 0
Md: 62.5
Mp: 37.5

Cloudy Images: 31.43
Revisit Time: 4
Effective revisit time: 7

CONTINUAR

Exportación de Clasificaciones



Para **exportar** datos de polígonos, debes seguir los siguientes pasos:

PASO 1

Pulsa en el botón **Home** para volver a la **página de inicio**.



PASO 2

Haz clic en el botón **Export Classifications** para descargar las clasificaciones guardadas en la herramienta.



PASO 3



Haz clic en los botones para ver la información.

Export Classifications

Export all classifications for reach

River

Torrente Torre

Select the river

Reach

example_torre_5

Select the reach you wish to export



Export All Dates



Export Only Current User

Export All Classifications



Close

Export Classifications

Export all classifications for reach

River

Torrente Torre

Select the river

Reach

example_torre_5

Select the reach you wish to export

☒ Export All Dates

☐ Export Only Current User

Export All Classifications

Close

Rango de fechas

Selecciona la fecha de inicio y finalización.

Nota:

Si va a exportar todos los datos disponibles, no es necesario seleccionar este campo.

Export Classifications

Export all classifications for reach

River
Torrente Torre

Select the river

Reach
example_torre_5

Select the reach you wish to export

☒ Export All Dates ☐ Export Only Current User

[Export All Classifications](#)

[Close](#)

Río

Selecciona el río.

Export Classifications

Export all classifications for reach

River
Torrente Torre

Select the river

Reach
example_torre_5

Select the reach you wish to export

☒ Export All Dates ☐ Export Only Current User

[Export All Classifications](#)

[Close](#)

Alcance

Selecciona el polígono.

Export Classifications

Export all classifications for reach

River

Torrente Torre

Select the river

☒ Export All Dates

☐ Export Only Current User

Export All Classifications

Reach

example_torre_5

Select the reach you wish to export

Close

Todos los usuarios

Selecciona esta casilla si deseas mostrar todos los ríos y polígonos disponibles en la herramienta, tanto los tuyos como los de otros usuarios.

Export Classifications

Export all classifications for reach

River
Torrente Torre

Select the river

Reach
example_torre_5

Select the reach you wish to export

☒ Export All Dates ☐ Export Only Current User

[Export All Classifications](#)

[Close](#)

Actual Usuario

Si seleccionas esta casilla, se filtrarán solo tus ríos y polígonos.

Export Classifications

Export all classifications for reach

River
Torrente Torre

Select the river

Reach
example_torre_5

Select the reach you wish to export

☒ Export All Dates ☐ Export Only Current User

[Export All Classifications](#)

[Close](#)

Exportar todas las clasificaciones

Pulsando este botón, podrás exportar un archivo **.xlsx**.



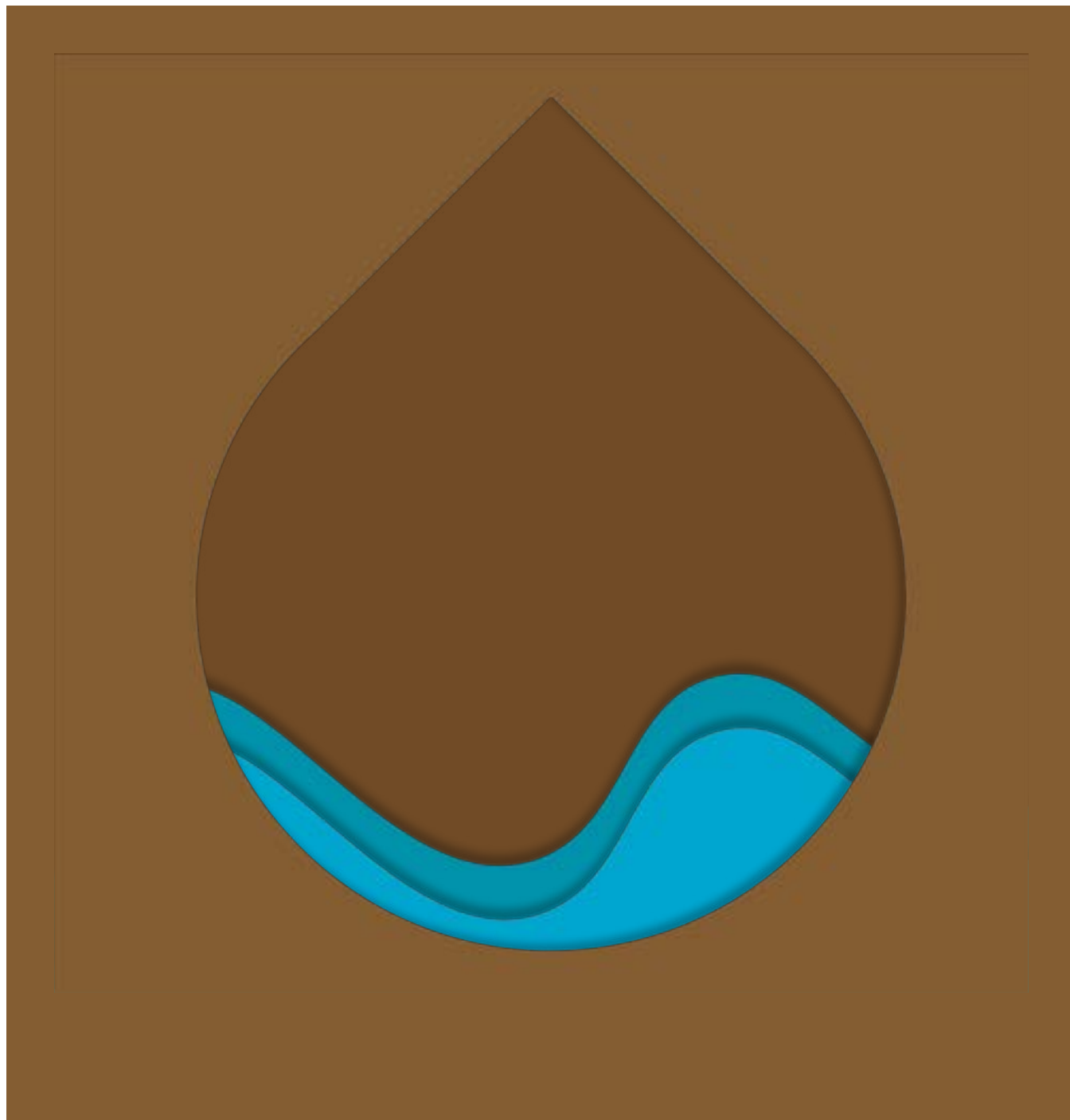
Haz clic en la imagen para ampliarla.

	A	B	C	D	E
1	Date	River	Polygon	Classification	User
2	2024-09-04	Torrente Torre	example_torre_5	Flowing	joseantoniolopez
3	2024-09-06	Torrente Torre	example_torre_5	Cloudy	joseantoniolopez
4	2024-09-09	Torrente Torre	example_torre_5	Ponding	joseantoniolopez
5	2024-09-11	Torrente Torre	example_torre_5	Cloudy	joseantoniolopez
6	2024-09-14	Torrente Torre	example_torre_5	Cloudy	joseantoniolopez
7	2024-09-16	Torrente Torre	example_torre_5	Dry	joseantoniolopez
8	2024-09-19	Torrente Torre	example_torre_5	Dry	joseantoniolopez
9	2024-09-21	Torrente Torre	example_torre_5	Dry	joseantoniolopez
10	2024-09-24	Torrente Torre	example_torre_5	Dry	joseantoniolopez
11	2024-09-26	Torrente Torre	example_torre_5	Ponding	joseantoniolopez
12	2024-09-29	Torrente Torre	example_torre_5	Ponding	joseantoniolopez
13	2024-10-01	Torrente Torre	example_torre_5	Cloudy	joseantoniolopez
14	2024-10-04	Torrente Torre	example_torre_5	Cloudy	joseantoniolopez
15	2024-10-09	Torrente Torre	example_torre_5	Ponding	joseantoniolopez
16	2024-10-11	Torrente Torre	example_torre_5	Flowing	joseantoniolopez
17	2024-10-14	Torrente Torre	example_torre_5	Flowing	joseantoniolopez
18	2024-10-16	Torrente Torre	example_torre_5	Flowing	joseantoniolopez
19	2024-10-19	Torrente Torre	example_torre_5	Flowing	joseantoniolopez
20	2024-10-21	Torrente Torre	example_torre_5	Flowing	joseantoniolopez
21	2024-10-24	Torrente Torre	example_torre_5	Cloudy	joseantoniolopez
22	2024-10-26	Torrente Torre	example_torre_5	Flowing	joseantoniolopez
23	2024-10-29	Torrente Torre	example_torre_5	Flowing	joseantoniolopez
24	2024-10-31	Torrente Torre	example_torre_5	Flowing	joseantoniolopez
25	2024-11-03	Torrente Torre	example_torre_5	Cloudy	joseantoniolopez
26	2024-11-05	Torrente Torre	example_torre_5	Cloudy	joseantoniolopez
27	2024-11-08	Torrente Torre	example_torre_5	Cloudy	joseantoniolopez
28	2024-11-10	Torrente Torre	example_torre_5	Cloudy	joseantoniolopez
29	2024-11-13	Torrente Torre	example_torre_5	Cloudy	joseantoniolopez
30	2024-11-15	Torrente Torre	example_torre_5	Flowing	joseantoniolopez
31	2024-11-18	Torrente Torre	example_torre_5	Flowing	joseantoniolopez

Archivo **.xlsx** exportado con todos los datos del
polígono del ejemplo

CONTINUAR

Cierre



¡Enhorabuena!

Has **completado** este módulo.

Confiamos en que este recorrido haya aumentado tus conocimientos sobre el uso de la herramienta clasificadora RiverTemp.

¡Pasemos al módulo 5!

MÓDULO 5: Análisis de series temporales y modelización hidrológica



Este módulo te enseñará a integrar modelos hidrológicos con imágenes satelitales clasificadas. Esta integración ayudará a determinar mejor la intensidad de la intermitencia del flujo y a comprender el comportamiento real de los ríos temporales.

¡EMPECEMOS!

1. OBJETIVOS. RESULTADOS DEL APRENDIZAJE. INTRODUCCIÓN

Objetivos y resultados del aprendizaje

2. ANÁLISIS DE SERIES TEMPORALES DE IMÁGENES SATELITALES

Análisis de series temporales de imágenes satelitales

3. INTEGRACIÓN DE MODELOS HIDROLÓGICOS CON INFORMACIÓN DE IMÁGENES SATELITALES Y SERIES TEMPORALES

Integración de modelos hidrológicos con información de imágenes satelitales y series temporales

4. LIMITACIONES DE LOS SATÉLITES

Limitaciones de los satélites

5. EJEMPLO: ESTUDIO DE CASO DE LA CUENCA DE KERITIS, CHANIA, CRETA (GRECIA)

Ejemplo: Estudio de caso de la cuenca de Keritis, Chania, Creta (Grecia)

6. PREGUNTA FINAL

Pregunta final

7. REFERENCIAS

7. Referencias

8. CIERRE

Cierre

Objetivos y resultados del aprendizaje



RIVERTEMP

OBJETIVOS. RESULTADOS DEL APRENDIZAJE. INTRODUCCIÓN

Los 4 objetivos y resultados del aprendizaje de este módulo son los siguientes:



Haz clic en los botones para ver la información.

1



2

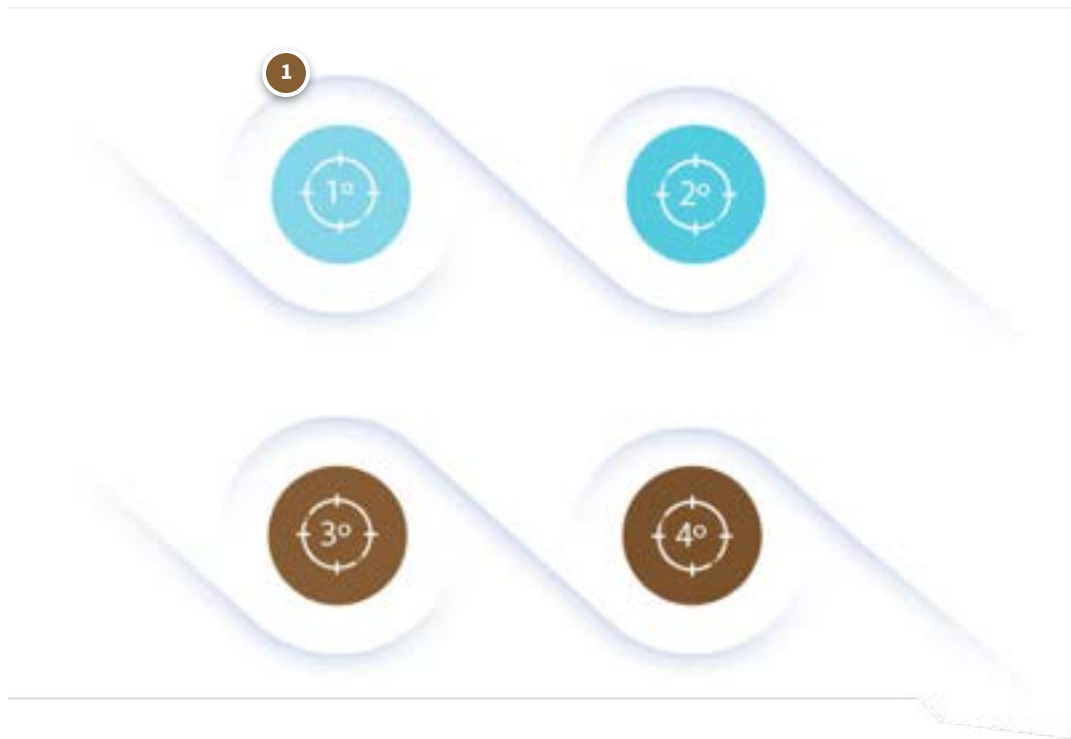


3



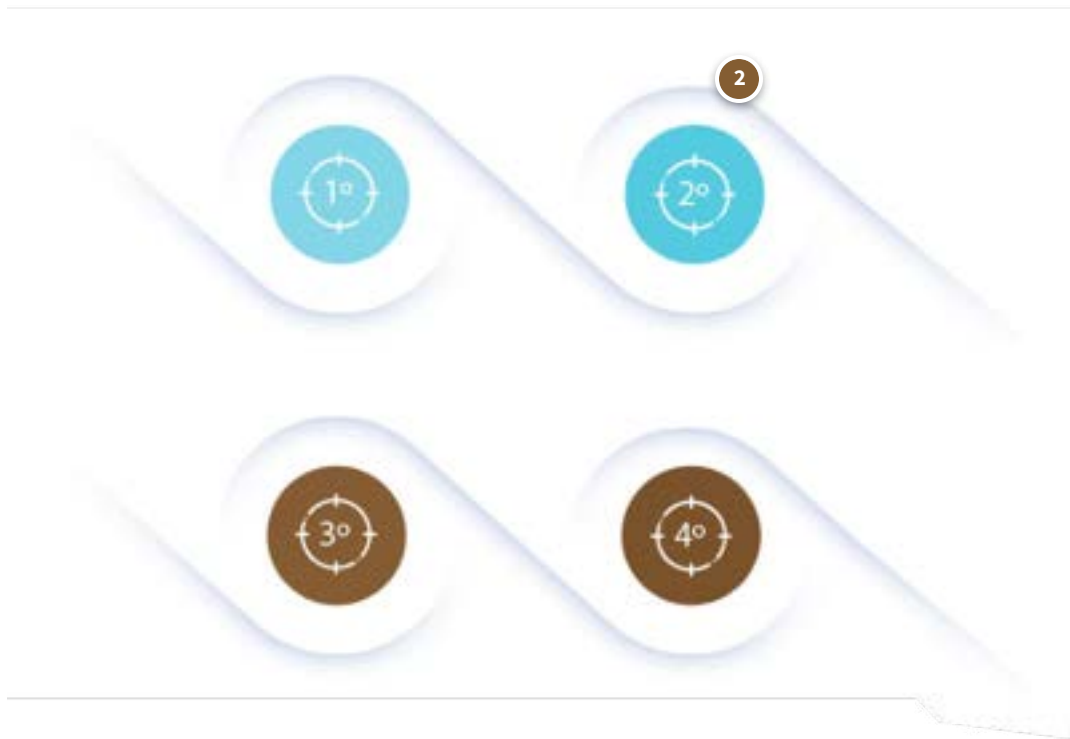
4





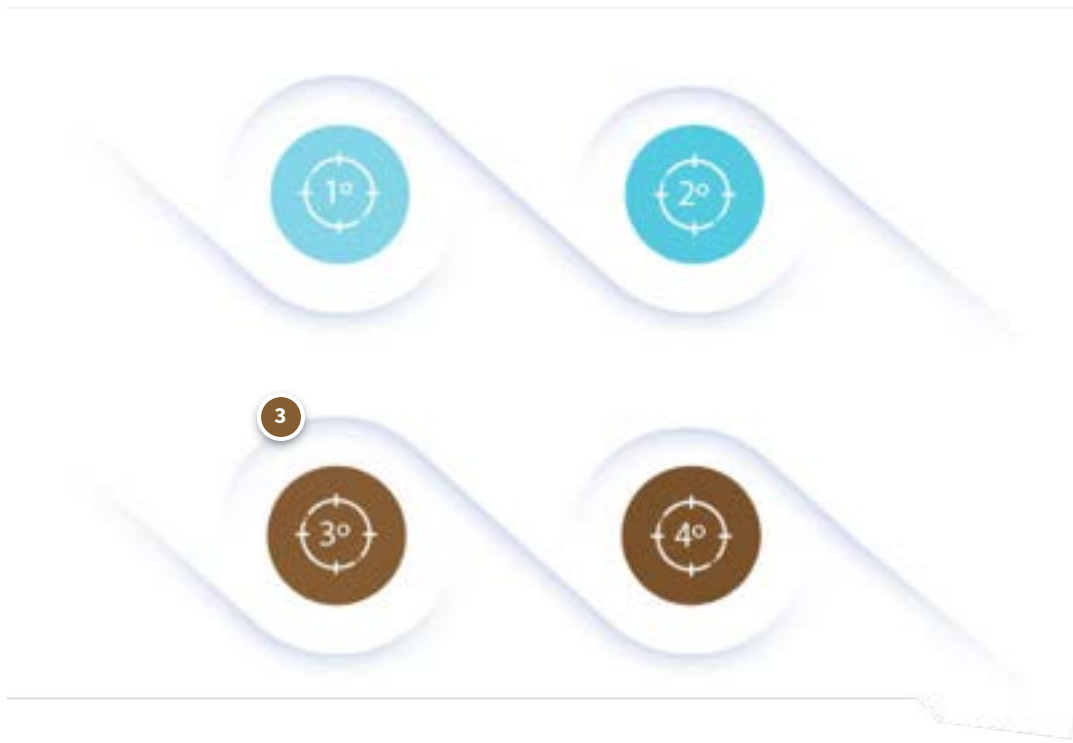
1

Aprender a **analizar series temporales** de imágenes satelitales.



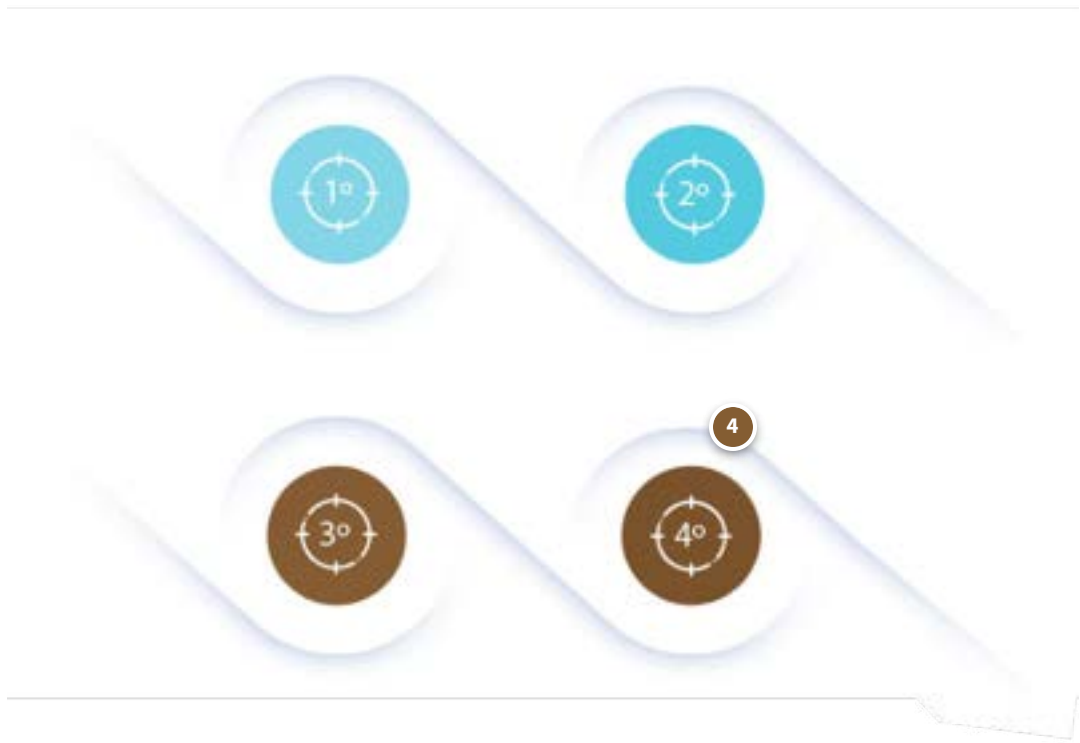
2

Comprender **las limitaciones de los datos satelitales y los modelos hidrológicos.**



3

Aprender a **integrar los resultados de modelos hidrológicos con imágenes satelitales.**



4

Utilizar un **ejemplo práctico** en el **río Keritis, Chania** (Grecia).

CONTINUAR

Análisis de series temporales de imágenes satelitales



En módulos anteriores, se demostró que las imágenes satelitales podían utilizarse para evaluar las condiciones hidrológicas de un río temporal y determinar si el río se encuentra en:



F

Condición de flujo



P

Condición de
encharcamiento

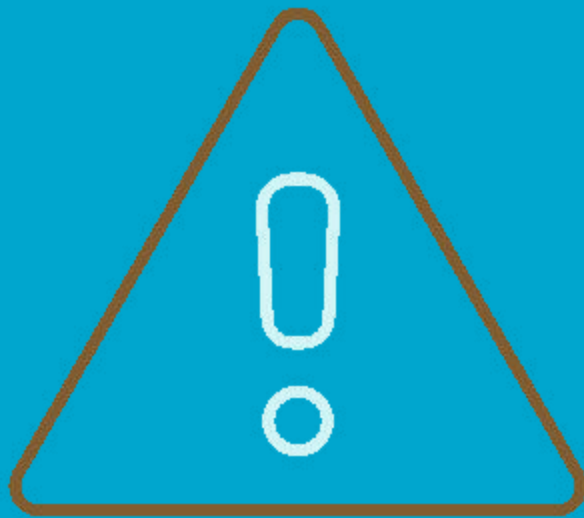


D

Condición seca

CONTINUAR





IMPORTANTE

Desde una perspectiva hidrológica y ecológica, uno de los enfoques más difundidos para estimar la frecuencia y la duración de los períodos secos se basa en la distinción de tres condiciones hidrológicas diferentes.



Haz clic en el botón **COMENZAR** para ver la información y haz clic en las imágenes para ampliarlas.



Río Sciarapotamo, Salerno (IT) en las tres condiciones hidrológicas F) con caudal, P) encharcado y D) seco.

Condición de flujo (F)



Flujo continuo visible de agua a lo largo del tramo analizado del río.

La condición de flujo es fácilmente detectable, ya que hay un flujo superficial continuo en el cauce del río.

Condición de encharcamiento (P)



Presencia discontinua de agua; el agua superficial se encuentra en charcos aislados, charcas o partes del cauce con poco caudal.

La condición de encharcamiento es más ambigua, ya que agrupa estados intermedios en los que el agua superficial está presente a lo largo del cauce del río, formando estanques aislados, charcas o partes sumergidas del cauce de caudal bajo. Esta condición suele ser estable cuando existe una conexión significativa con el agua subterránea o cuando hay flujos hiporreicos que conectan el lecho del río y el nivel freático.

Condición seca (D)



Ausencia de agua superficial, con cauce seco.

La condición seca implica la ausencia de agua superficial, lo que provoca el lecho seco del río, y suele deberse a la desconexión total del río con las aguas subterráneas.

Referencias:

(Cavallo et al., 2022)

Cavallo, C., Papa, M. N., Negro, G., Gargiulo, M., Ruello, G., & Vezza, P. (2022). Exploiting Sentinel-2 dataset to assess flow intermittency in non-perennial rivers. *Scientific Reports*, 12(1), 21756.

Como resultado de la clasificación para un periodo de tiempo definido, las métricas que utilizamos son **Mf, Mp y Md**, que representan respectivamente la permanencia temporal de las **corrientes**, **encharcamiento y sequía** condiciones hidrológicas, expresada como un **porcentaje de las imágenes satelitales sin nubes**.

En concreto, estos porcentajes se calculan a partir del total de imágenes clasificadas (N_{tot}).



Ten en cuenta que el número total de imágenes clasificadas no incluye las imágenes nubladas.



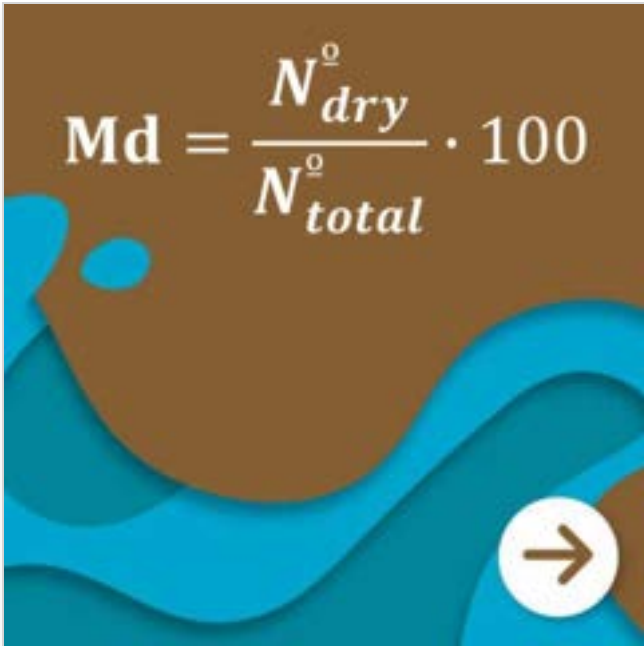
Haz clic en las tarjetas para voltearlas.

$$Mf = \frac{N_{flowing}^o}{N_{total}^o} \cdot 100$$


N_{flowing} es el número de imágenes clasificadas como **fluyendo**.

$$Mp = \frac{N_{ponding}^o}{N_{total}^o} \cdot 100$$


N_{ponding} es el número de imágenes clasificadas como **encharcamiento**.


$$Md = \frac{N_{dry}^o}{N_{total}^o} \cdot 100$$

N_{dry} es el número de imágenes clasificadas como **seco**.

Por definición, la suma de estos tres parámetros es igual al 100 %.

CONTINUAR

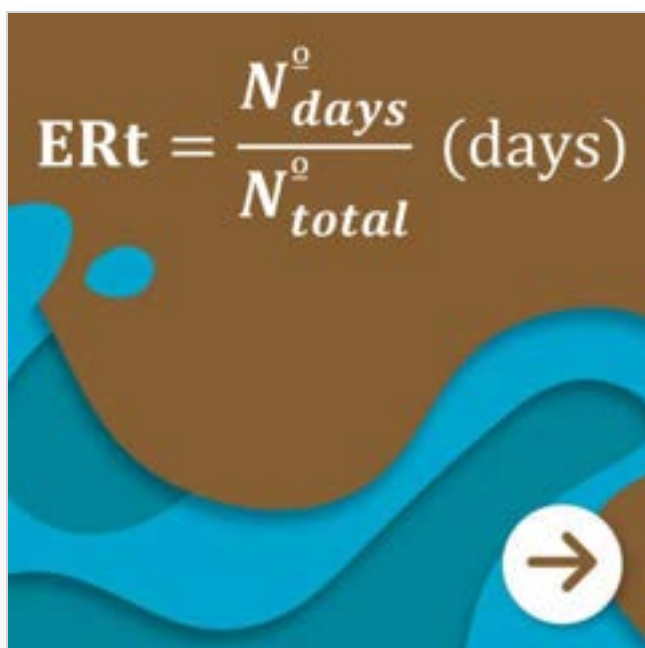
**Tiempo efectivo de
revisitación**

El **tiempo efectivo de revisitación (ERt)**

representa el tiempo efectivo medio transcurrido entre dos imágenes clasificadas, excluyendo las nubladas. Este parámetro se puede calcular de la siguiente manera:



Haz clic en la tarjeta para voltearla.

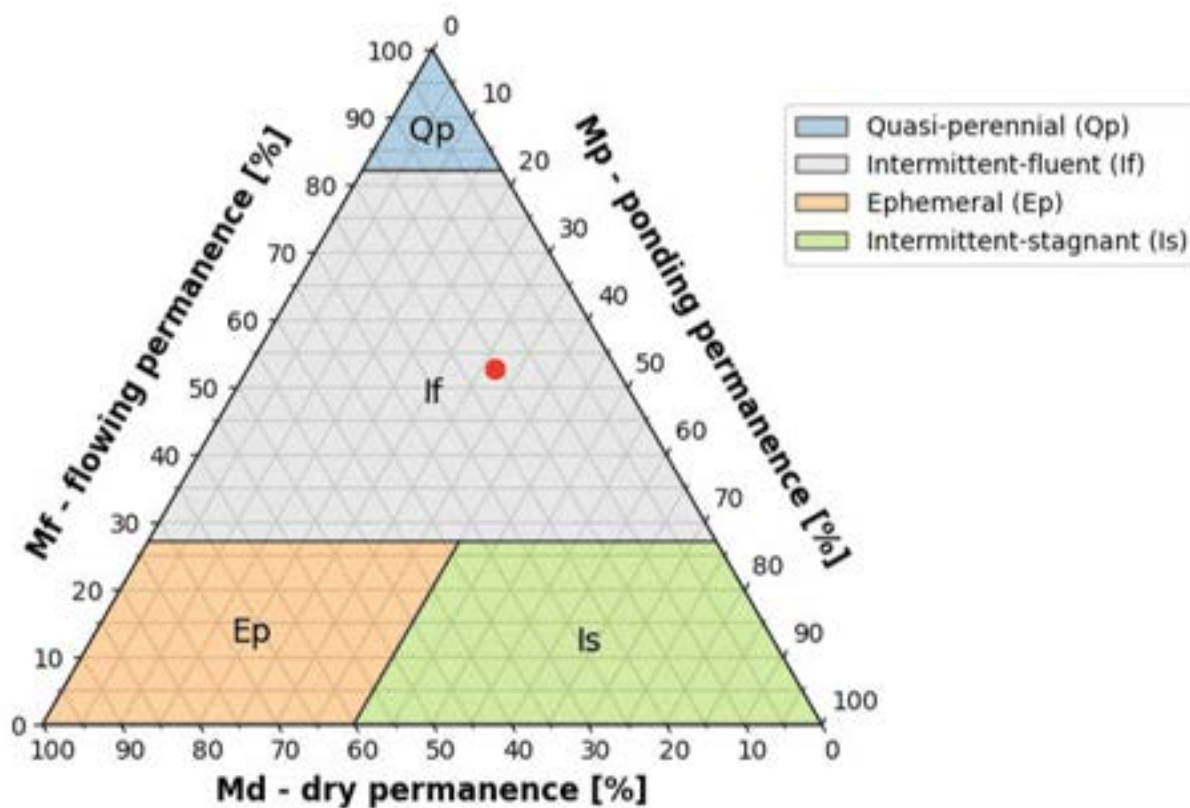

$$ERt = \frac{N_{days}^o}{N_{total}^o} \text{ (days)}$$

Dónde **N_{days}** es el número de días del periodo analizado.

Por ejemplo:

365 días para un período seleccionado de 1 año.

Una vez calculada la permanencia de cada condición hidrológica (**Mf**, **Mp** y **Md**), es posible trazar un punto en el **gráfico ternario** y determinar el **hidrotipo relativo**.



Definición de hidrotipo utilizando el gráfico ternario para ríos temporales. El punto rojo puede pertenecer a una de las cuatro clases siguientes: «Cuasi perenne», «Intermitente-fluente», «Intermitente-estancado» y «Efímero» (**Munné et al., 2021**).

Munné, A., Bonada, N., Cid, N., Gallart, F., Solà, C., Bardina, M., ... & Prat, N. (2021). A proposal to classify and assess ecological status in Mediterranean temporary rivers: Research insights to solve management needs. *Water*, 13(6), 767.

Ejemplo

En el ejemplo, los valores son:

- **Mf**=52.6%
- **Mp**= 31.6%
- **Md**=15.8%.

Estos valores indican que **el tramo del río es intermitente-fluente** (denominado **If**, el área en color gris).

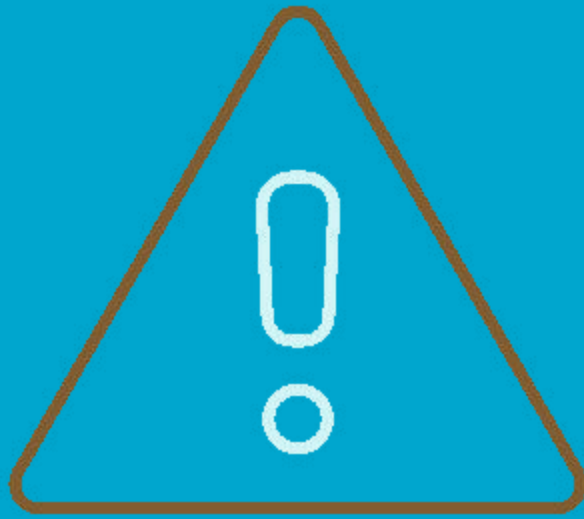
CONTINUAR

Integración de modelos hidrológicos con información de imágenes satelitales y series temporales



RIVERTEMP

Integración de modelos hidrológicos con información de imágenes satelitales y series temporales



IMPORTANTE

La **integración del modelo hidrológico y las imágenes satelitales** permite determinar las condiciones hidrológicas diariamente, llenando los vacíos entre las imágenes satelitales.

La red fluvial temporal adolece de una falta de representación en los conjuntos de datos hidrológicos digitales disponibles, ya que **los sistemas tradicionales de medición del caudal fluvial se instalan generalmente en ríos perennes.**

Además, **los medidores de caudal solo miden el flujo superficial en un punto o sección transversal.** En ríos temporales, este tipo de medición demostró limitaciones a la hora de representar la extensión real y la variabilidad espacial de las zonas sumergidas a lo largo del lecho del río (por ejemplo, durante la fase de encharcamiento).

Por lo tanto, es extremadamente difícil vincular los caudales registrados directamente con la presencia real de agua superficial en tramos temporales de los ríos. **Se pueden utilizar modelos hidrológicos para simular el caudal de un río cuando no hay medidores de caudal.**

Sin embargo, tanto las series temporales de caudales medidos como los previstos pueden verificarse

utilizando las imágenes satelitales disponibles.



Haz clic en la tarjeta para voltearla.

¿Qué
significa?
esto?

Esto significa que un caudal previsto puede relacionarse con una condición hidrológica específica (condición de flujo, encharcamiento o seco).

Además:

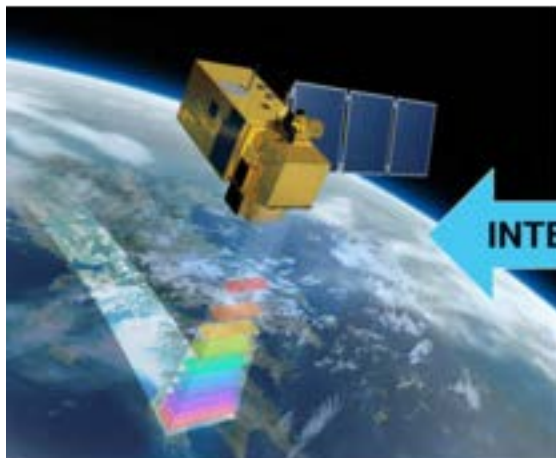
Si un modelo hidrológico se integra correctamente con imágenes satelitales, su rendimiento en materia de predicción puede aumentar e incluso puede utilizarse para llenar los vacíos entre las imágenes satelitales.

En otras palabras...

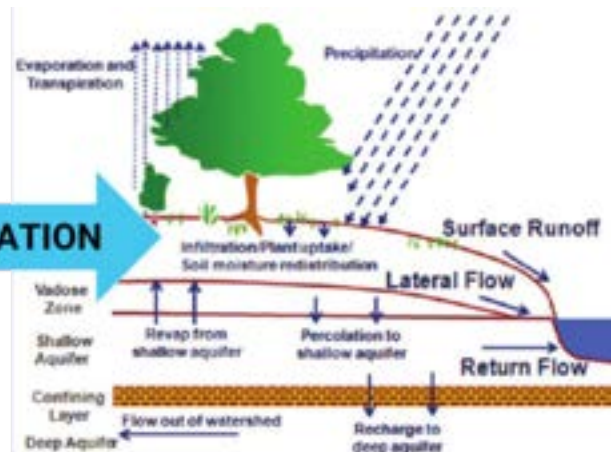
Los datos satelitales clasificados pueden utilizarse para validar la predicción de modelos hidrológicos y, a su vez, los resultados de las simulaciones de modelos hidrológicos pueden utilizarse para estimar las condiciones hidrológicas cuando no se dispone de imágenes satelitales.



Haz clic en la imagen para ampliarla.



Sentinel-2 imagery



Hydrological model

Integración de imágenes satelitales y modelos hidrológicos
(fuente de la imagen izquierda: Agencia Espacial Europea)

(**ESA**), fuente de la imagen derecha: **Neitsch et al., 2011**.
Adaptado).

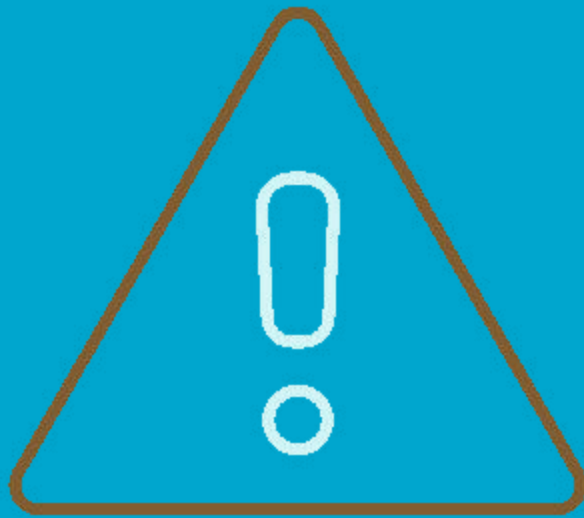




Neitsch, S. L., Arnold, J. G., Kiniry, J. R., & Williams, J. R. (2011). Soil and water assessment tool theoretical documentation version 2009. Texas Water Resources Institute.



ESA, <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi/revisit-coverage>



IMPORTANTE

Es importante señalar que este enfoque cumple con la **Directiva Marco del Agua (WFD, Comisión Europea, 2000)**, que exige mediciones continuas o la elaboración de modelos del caudal natural en todas las masas de agua pertenecientes a los Estados miembros de la UE.





European Commission. (2000). Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of October 23, 2000 establishing a framework for community action in the field of water policy. Official Journal of the European Communities, 22(12), 2000.<https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi/revisit-coverage>

CONTINUAR

Limitaciones de los satélites

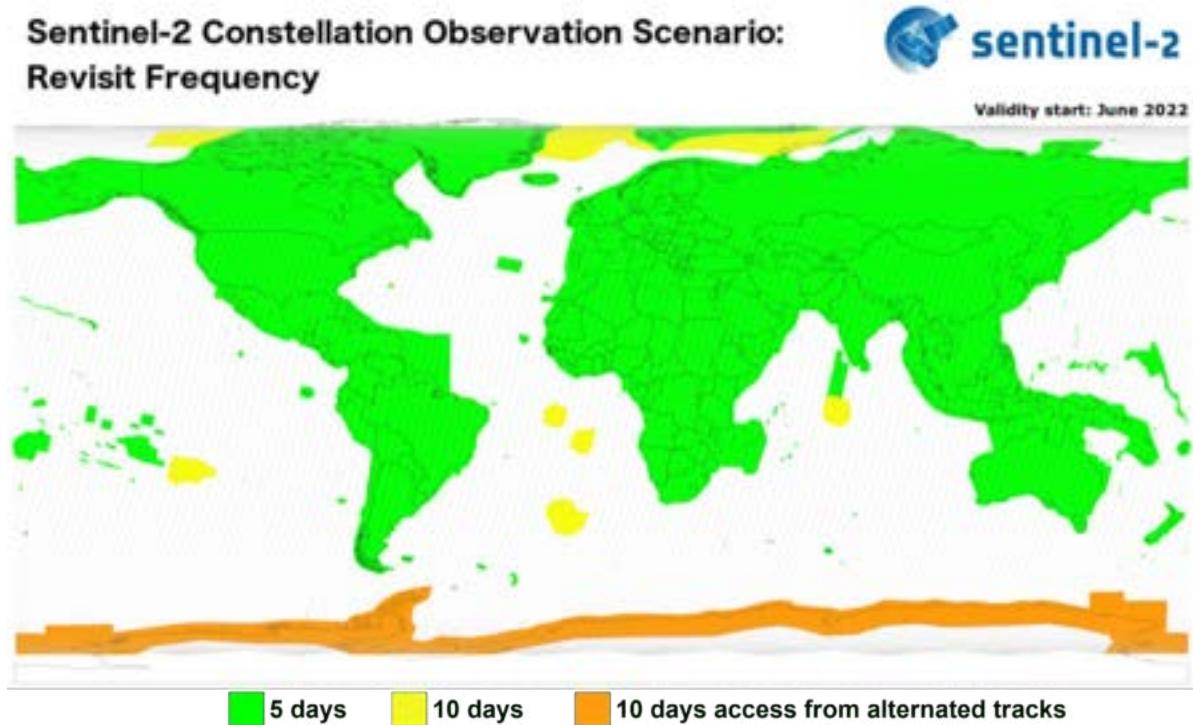


La integración de modelos hidrológicos con imágenes satelitales clasificadas puede utilizarse para superar las siguientes **limitaciones:**



Haz clic en los botones para ver la información.

Tiempo de re-visitas de satélites alto

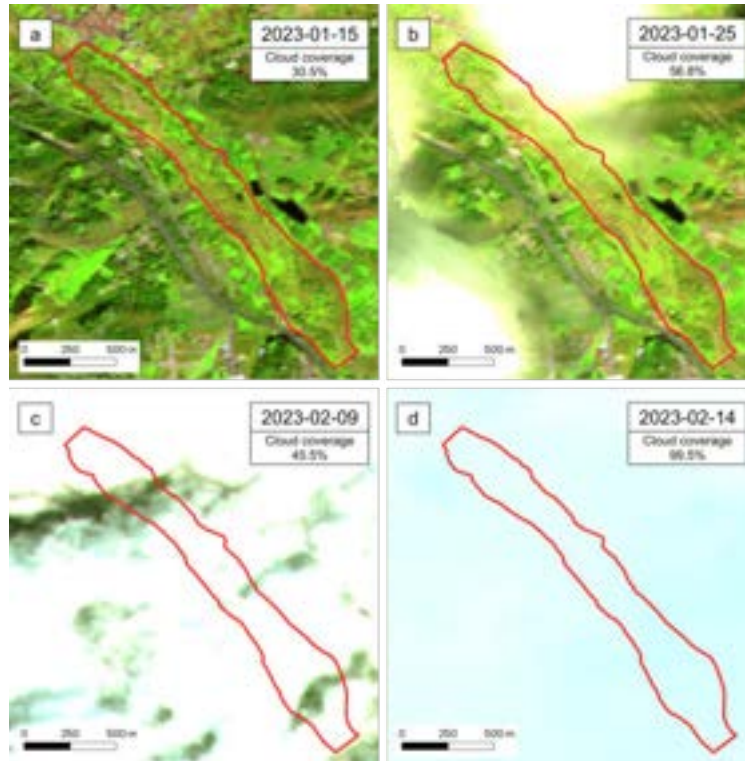


Mapa de frecuencia de revisita de los satélites Sentinel-2 (fuente: ESA).

Referencia: ESA, <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi/revisit-coverage>

Los satélites Sentinel-2 no pasan diariamente por una ubicación determinada, sino que tienen un tiempo de revisita nominal de **normalmente 5 días** (para zonas no polares).

Nubosidad



Diferentes ejemplos de imágenes satelitales Sentinel-2 en las que hay cobertura nubosa. a-d) Ejemplos del río Palancia en Gilet (España).

La presencia de nubes reduce el número de imágenes satelitales adecuadas.

Presencia de sombras



Ejemplo de imagen del satélite Sentinel-2 en la que se proyectan las sombras de las nubes en el lecho del río Palancia, en Gilet (España).

Las sombras pueden clasificarse erróneamente como agua, ya que ambas tienen un comportamiento espectral similar. Las imágenes de satélite pueden descartarse debido a la presencia de sombras producidas por nubes, vegetación ribereña alta y riberas elevadas.

Canal fluvial estrecho



Visualización a partir de una imagen satelital y fotografías georreferenciadas del tramo del río Sangone en Rivalta di Torino (Italia), 2022. Créditos de las fotografías: Giammarco Manfreda.

Teniendo en cuenta la resolución espacial de los satélites Sentinel-2, que va de 10 a 20 m para las bandas de interés, los cauces fluviales estrechos, con una anchura media inferior a 30 m, no pueden interpretarse correctamente.

Presencia de vegetación frondosa

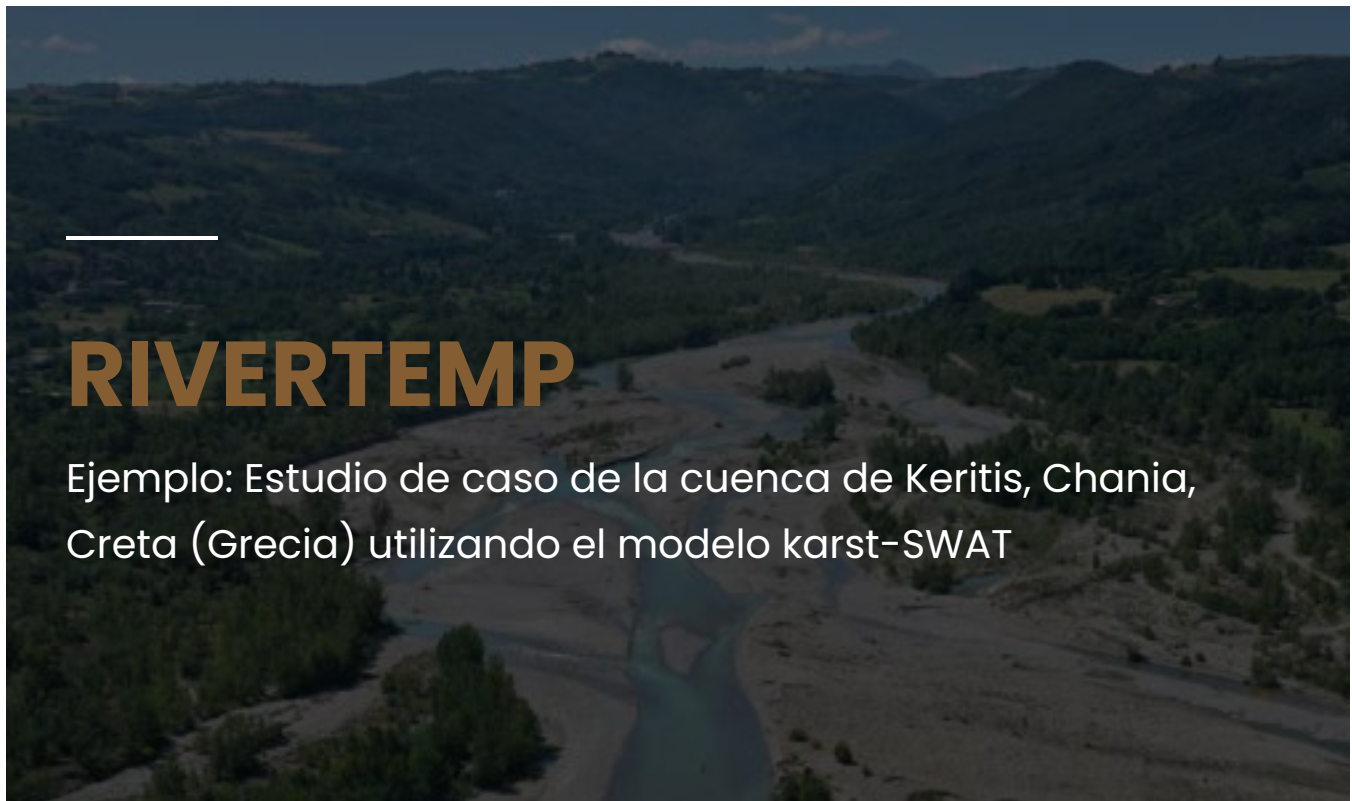


Cúpula vegetal en el arroyo Lurisia (Italia). Créditos de la foto: Paolo Vezza

Si el canal activo está parcial o totalmente cubierto por cúpulas vegetales o doseles, no es posible recuperar las condiciones hidrológicas actuales a partir de observaciones satelitales.

CONTINUAR

Ejemplo: Estudio de caso de la cuenca de Keritis, Chania, Creta (Grecia)



Área de estudio



Imagen de Adrian Campfield

El área de estudio utilizada para el ejemplo de modelización hidrológica es la **cuenca del río Keritis**, situada en la **noroeste** de la **prefectura de Chania** en la **isla de Creta, Grecia**.

El **Keritis** es una de las dos cuencas fluviales principales del municipio de Chania (Grecia). Tiene

una longitud de **11 km**, drenando una superficie de unos 136 km² (**Kanta et al., 2013**).



Kanta, A., Soupios, P., Barsukov, P., Kouli, M., & Vallianatos, F. (2013). Aquifer characterization using shallow geophysics in the Keritis Basin of Western Crete, Greece. *Environmental Earth Sciences*, 70, 2153–2165.

La geomorfología específica de esta cuenca hidrográfica puede simplificarse definiendo tres zonas principales (**Dimitriou et al., 2016**):

- 1 El **karst**.
- 2 Una **zona de transición**.
- 3 Las **zona baja**.

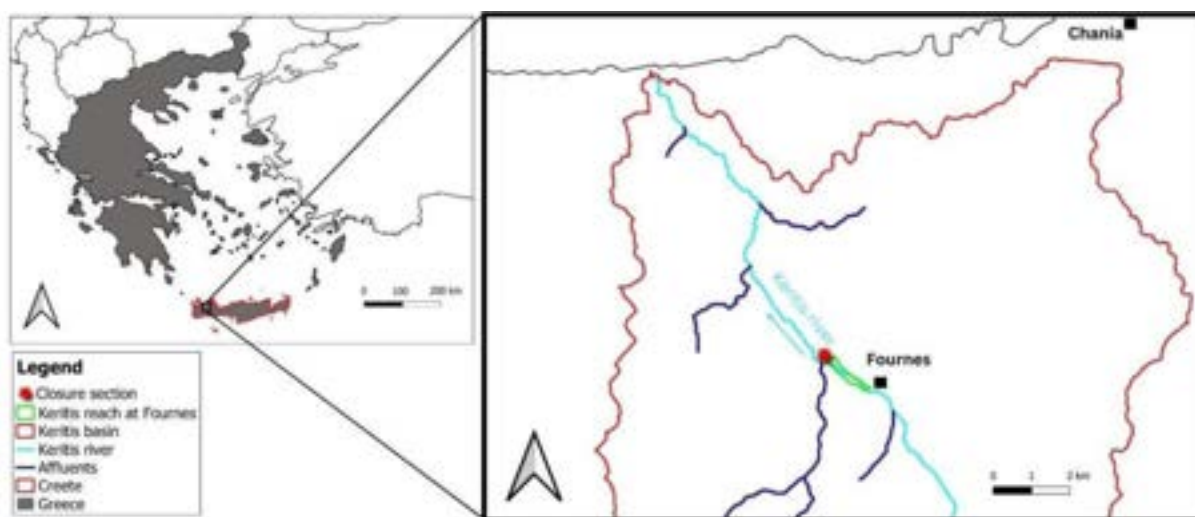


Dimitriou, A., Giannakis, G., Nerantzaki, S., & Nikolaidis, N. P. (2016). Hydrologic and geochemical modeling of Keritis River Basin. Proceedings of the 2nd EWaS International Conference. 1–4 June, 2016, Chania, Crete, Greece. ResearchGate.

Dentro de la red hidrológica de la **cuenca del Keritis**, un tramo hidromorfológicamente homogéneo en **Fournes**, se definió como zona de estudio para la aplicación del enfoque integrado utilizando la clasificación satelital supervisada y la modelización hidrológica.



Haz clic en la imagen para ampliarla.



Ubicación del tramo analizado del río Keritis en la prefectura de Chania, cerca del pueblo de Fournes.

CONTINUAR

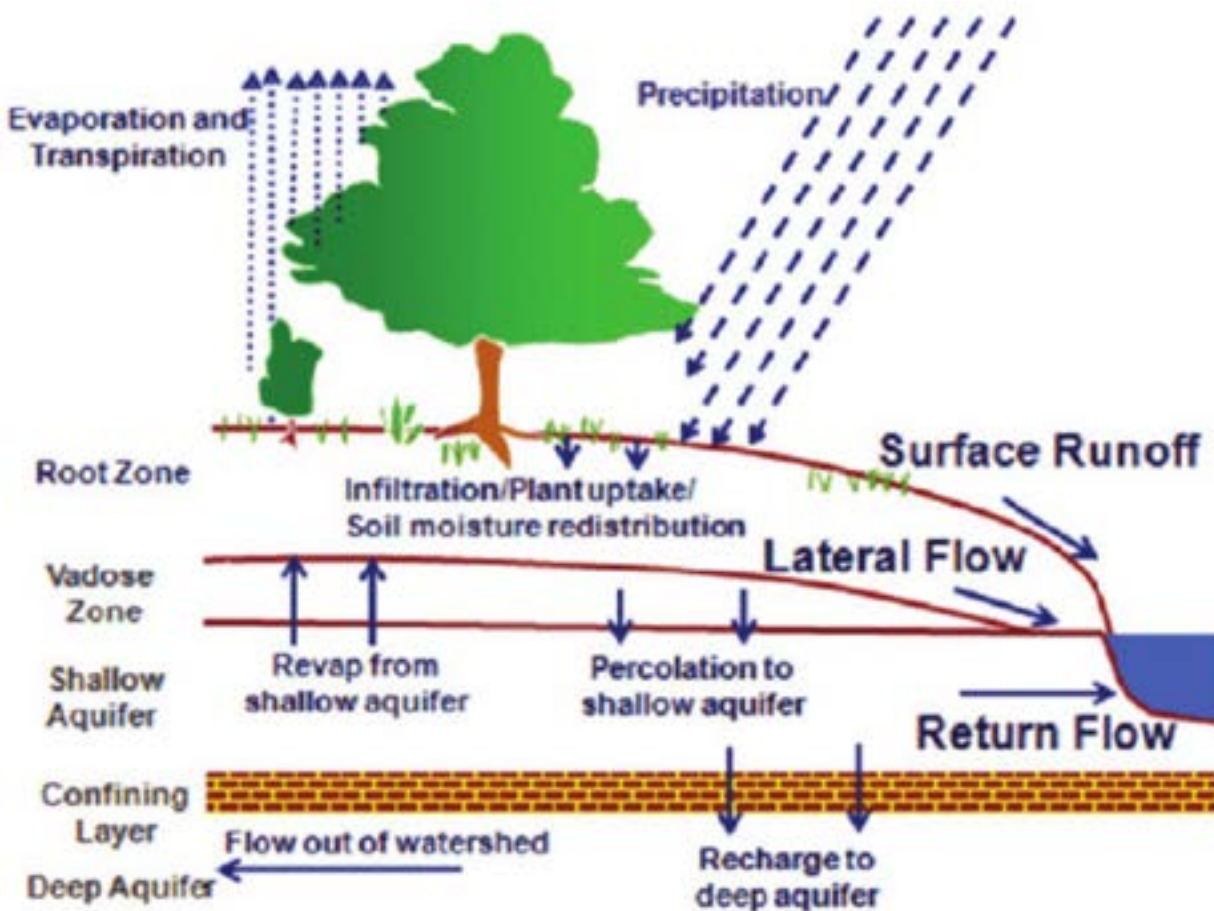
Modelización de cuencas hidrográficas con el modelo SWAT

En este módulo, utilizamos la herramienta de evaluación del suelo y el agua **Herramienta de evaluación del suelo y el agua (SWAT)** para modelar los caudales diarios del río Keritis en Fournes. **SWAT** es un modelo hidrológico que evalúa el impacto de las técnicas de gestión del suelo en los recursos hídricos (**Neitsch et al., 2011**).

SWAT es un modelo orientado a procesos y distribuido espacialmente capaz de simular diversas facetas del ciclo hidrológico, tales como **precipitación, escorrentía, evapotranspiración, humedad del suelo y transporte de nutrientes.**



Neitsch, S. L., Arnold, J. G., Kiniry, J. R., & Williams, J. R. (2011). Soil and water assessment tool theoretical documentation version 2009. Texas Water Resources Institute.



Representación esquemática del modelo SWAT (**Dimitriou et al., 2016**).



Dimitriou, A., Giannakis, G., Nerantzaki, S., & Nikolaidis, N. P. (2016). Hydrologic and geochemical modeling of Keritis River Basin. Proceedings of the 2nd EWaS International Conference. 1–4 June, 2016, Chania, Crete, Greece. ResearchGate.

Por lo tanto...

El **modelo SWAT** es capaz de simular **la escorrentía superficial** en la superficie terrestre cuando las precipitaciones superan:

- La capacidad de absorción del suelo.
- El flujo lateral en la zona vadosa (o zona no saturada) por encima del nivel freático.
- El flujo de retorno desde el acuífero superficial.

CONTINUAR

Formaciones kársticas

Sin embargo, la **complejidad de esta cuenca** se debe a la amplia presencia de **formaciones kársticas** en la parte alta de la cuenca. La **hidrología** de la formación kárstica está regida por la **zona epikárstica**, la zona no saturada caracterizada por **alta conductividad hidráulica** debido a las grandes fracturas.

El **epikarst** es el **drenaje primario** hacia la zona saturada compuesta por la **matriz, baja permeabilidad y conductos kársticos**, canales o túneles formados por la erosión de la roca a lo largo del tiempo, responsables de los altos caudales en el acuífero profundo.

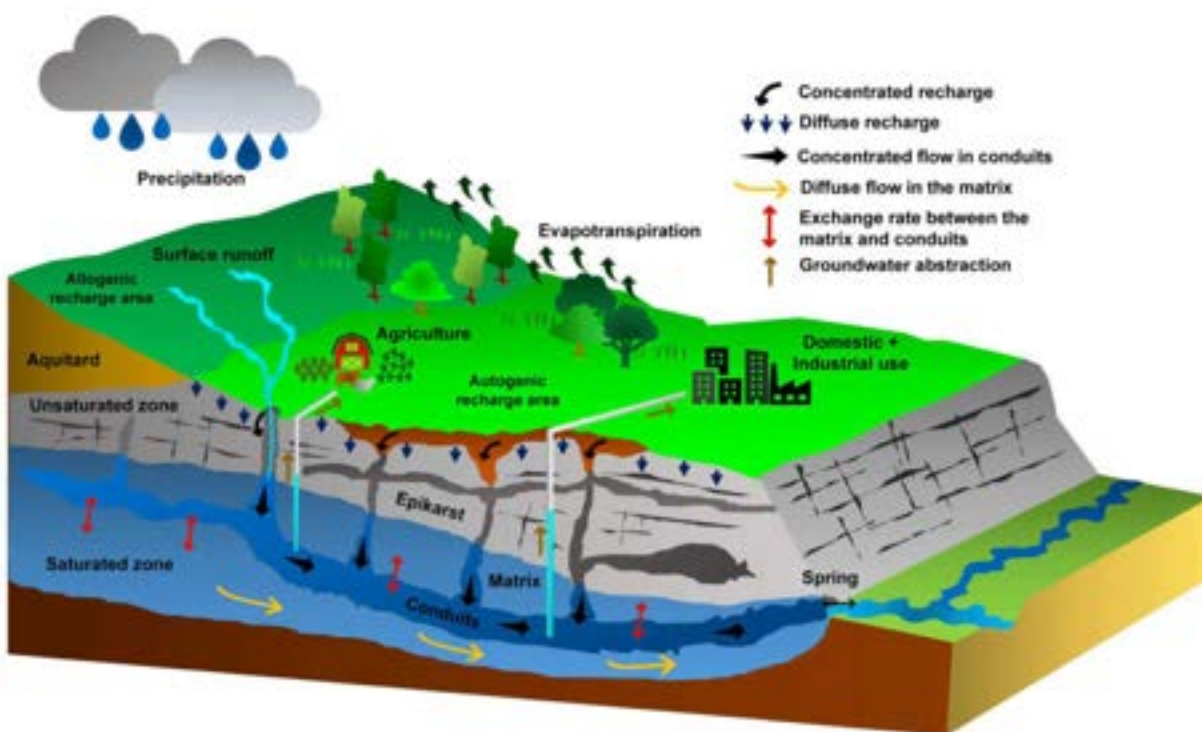
Cuando los **conductos del acuífero profundo** llegan a la superficie, forman los **manantiales kársticos**, normalmente donde la formación kárstica se encuentra con la zona de transición. Es importante señalar que, en el caso del **río Keritis**, la **contribución de este sistema** no es desdeñable, estimándose en **alrededor del 60 % del caudal total** (Nikolaidis et al., 2013)



Nikolaidis, N. P., Bouraoui, F., & Bidoglio, G. (2013). Hydrologic and geochemical modeling of a karstic Mediterranean watershed. *Journal of Hydrology*, 477, 129-138.



Haz clic en la imagen para ampliarla.



Esquema conceptual de los procesos hidrológicos en un sistema kárstico (Al Khoury I et al., 2023).





Al Khoury I, Boithias L, Labat D. A Review of the Application of the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) in Karst Watersheds. *Water*. 2023; 15(5):954.

CONTINUAR

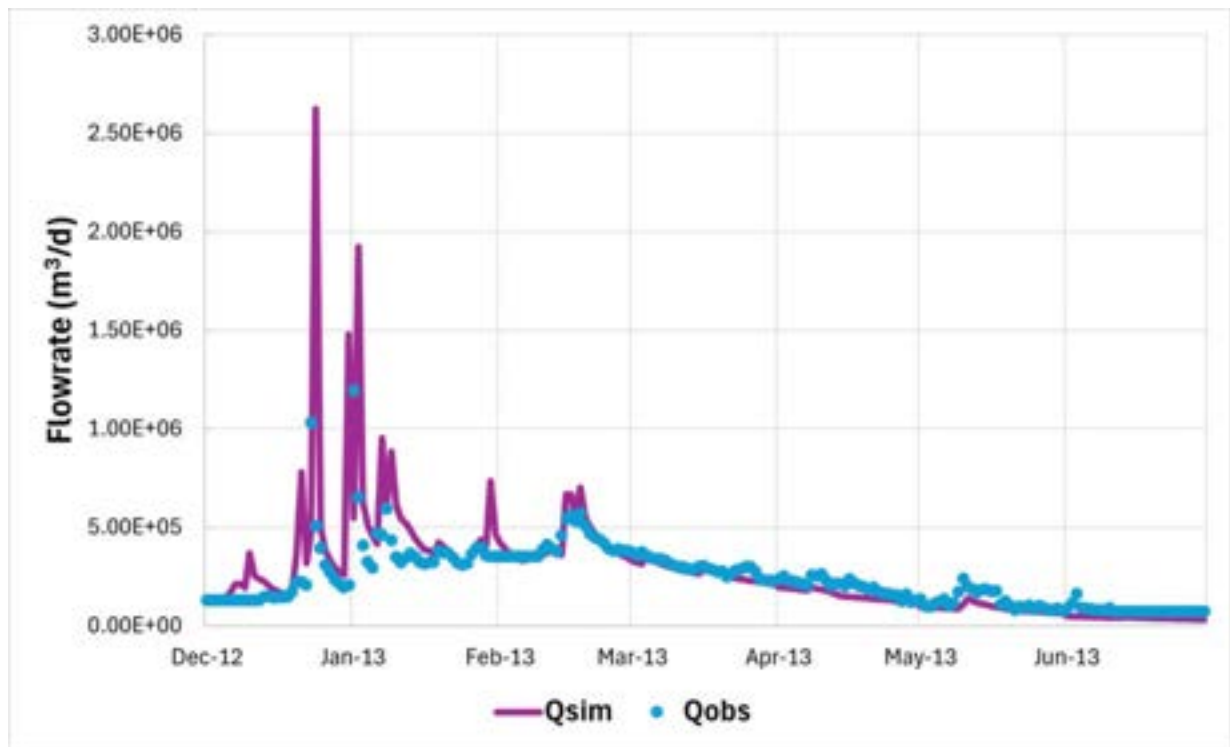
Resultados del modelo Karst-SWAT

En el **modelo SWAT**, el agua que recarga el acuífero profundo se considera pérdida del sistema. Debido a la importante presencia de **formaciones kársticas**, es necesario superar esta limitación. Para ello, **se ha integrado un modelo kárstico en el modelo SWAT para cuantificar la contribución de los manantiales al caudal del río Keritis.**

La siguiente figura muestra la **comparación entre los caudales observados en el río Keritis y los caudales simulados** con el modelo integrado karst-SWAT. Aunque los datos de campo disponibles son limitados, **el modelo hidrológico demuestra su capacidad para predecir la tendencia del caudal total del río.**



Haz clic en la imagen para ampliarla.



Comparación entre el caudal **simulado** (**Qsim**) y **observado** (**Qobs**).

Ejemplo del rendimiento de Karst-SWAT para el caudal diario total del río Keritis entre diciembre de 2012 y junio de 2013.

CONTINUAR

**Integración de imágenes
satelitales y modelos
hidrológicos**

La integración de modelos hidrológicos e imágenes satelitales se explica en los siguientes **tres pasos**:



Haz clic en las pestañas para ver la información.

**PASO 1: CLASIFICACIÓN DE
SATÉLITES**

**PASO 2: DEFINICIÓN DE LOS
UMBRALES**

**PASO 3: IDENTIFICACIÓN DEL
HIDROTIPO**

En primer lugar, podemos asociar el caudal diario modelado con la clasificación de la imagen satelital (figura de la izquierda).

La clasificación satelital de las imágenes se ha realizado durante el periodo 2019–2023 en el tramo del río Keritis. Este análisis reveló una permanencia de las tres condiciones hidrológicas diferentes igual a $M_f=56,1\%$, $M_p=36,9\%$ y $M_d=7,0\%$ (figura de la derecha).

Date (dd/mm/aaaa)	Qtot (m ³ /s)	Satellite classification
05-01-2020	38.41	
06-01-2020	5.85	Cloudy
07-01-2020	5.05	
08-01-2020	4.40	
09-01-2020	4.10	
10-01-2020	3.85	
11-01-2020	5.02	Flowing
12-01-2020	5.86	
⋮	⋮	⋮
30-12-2020	2.75	
31-12-2020	2.68	Flowing
01-01-2021	2.60	

Caudales diarios modelados asociados a las condiciones hidrológicas derivadas de la clasificación de imágenes satelitales.

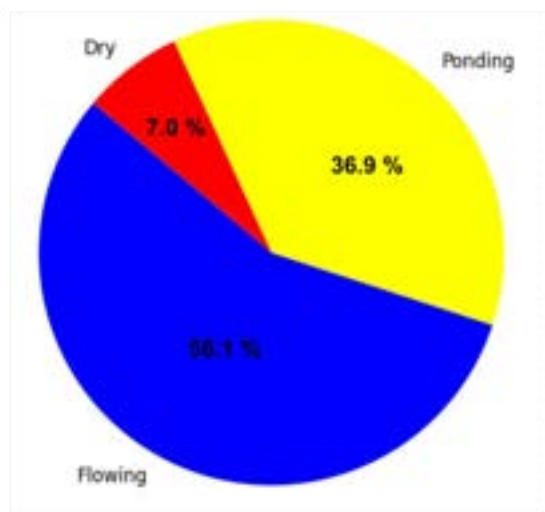


Gráfico de sectores que muestra la permanencia de cada condición hidrológica en el río Keritis durante el periodo 2019-2023

PASO 1: CLASIFICACIÓN DE SATÉLITES

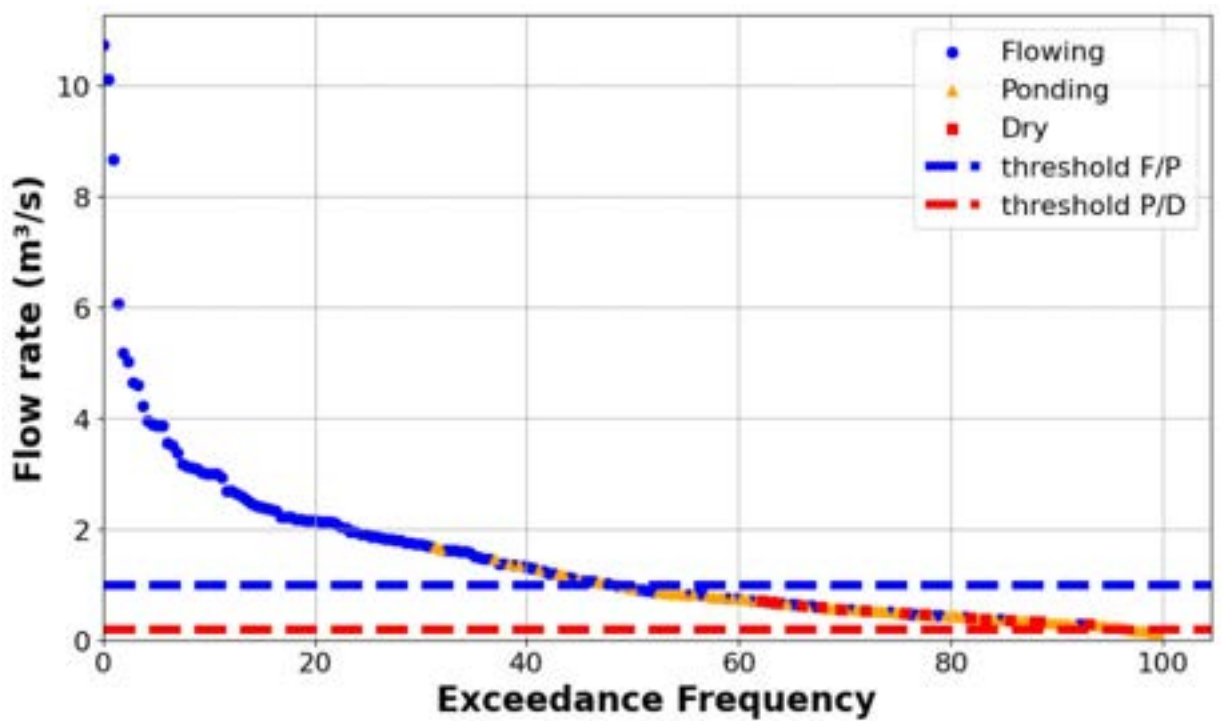
PASO 2: DEFINICIÓN DE LOS UMBRALES

PASO 3: IDENTIFICACIÓN DEL HIDROTIPO

Como segundo paso, creamos una **curva de duración del flujo (FDC)** para todo el período analizado (2019–2023). Las FDC representan la relación entre la magnitud y la frecuencia del caudal (figura siguiente). Al observar los resultados, el **FCD** no registra eventos de caudal cero (figura siguiente). Sin embargo, se han observado varias condiciones de encharcamiento y sequía en las imágenes de satélite. Utilizando la información combinada de las imágenes de satélite y los modelos hidrológicos, es posible establecer umbrales para distinguir entre **condiciones de flujo-charco (F/P)** y **estancamiento-seco (P/D)** en el **FDC**. Estos umbrales pueden emplearse a continuación para corregir los resultados de los modelos hidrológicos. Sin embargo, se puede argumentar que la selección del umbral puede ser bastante subjetiva. Como ejemplo posible, en este módulo utilizamos un umbral de 1 m³/s para distinguir entre condiciones de

flujo y charco (F/P), y $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ para distinguir entre condiciones de **encharcamiento y sequedad (P/D)**, figura siguiente).

Curva de duración del caudal (FDC) para el tramo del río Keritis, con líneas discontinuas que indican los umbrales de caudal/encharcamiento (F/P) y encharcamiento/sequía (P/D). Los círculos azules representan las condiciones de flujo (F), los triángulos amarillos representan las condiciones de encharcamiento (P) y los cuadrados rojos representan las condiciones de sequía (D) estimadas a partir de las imágenes satelitales clasificadas.



PASO 1: CLASIFICACIÓN DE
SATÉLITES

PASO 2: DEFINICIÓN DE LOS
UMBRALES

PASO 3: IDENTIFICACIÓN DEL
HIDROTIPO

Cuando se definen **se definen los umbrales**, es posible comparar la clasificación de hidrotipos realizada únicamente a partir de imágenes

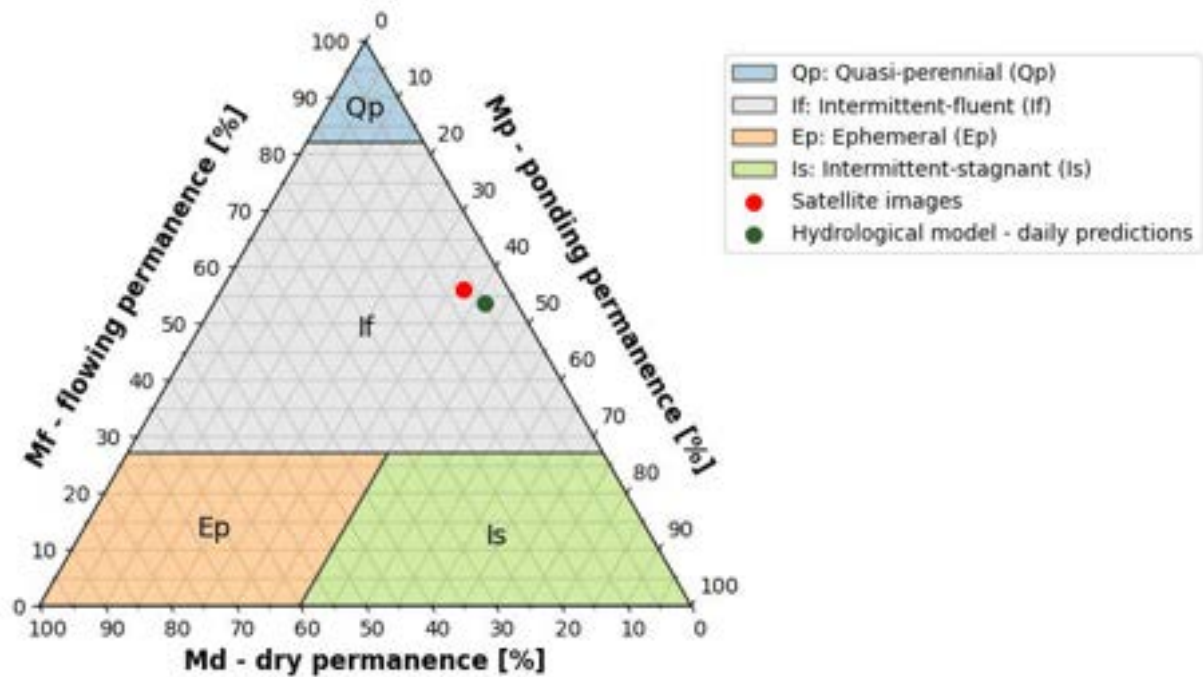
satelitales y mediante la integración de modelos hidrológicos e imágenes satelitales.

El modelo hidrológico, corregido utilizando los umbrales definidos, permite llenar los huecos entre las imágenes y, por lo tanto, prever las condiciones hidrológicas para cada día en todo el período 2019–2023. Como se muestra en la figura siguiente, **los dos resultados son bastante similares**. La clasificación supervisada de imágenes satelitales arroja valores de **Mf**, **Mp** y **Md** iguales a 56,1 %, 36,9 % y 7,0 %, respectivamente. Por el contrario, el enfoque integrado produce porcentajes de permanencia de **Mf**= 53,7 %, **Mp**=41,5 % y **Md**=4,8 %.

El gráfico de la siguiente figura también muestra cómo ambas clasificaciones se encuadran en el mismo hidrotipo: Intermitente-fluente.

Gráfico ternario que muestra la clasificación por satélite (rojo) y las predicciones diarias resultantes de las condiciones hidrológicas (verde).

Temporary River Classifier (TRC) **Keritis at Fournes** **from 01-01-2019 to 31-12-2023**



Para mejorar el rendimiento del modelo hidrológico, se pueden estimar umbrales anuales. De

Esta variación temporal puede deberse a diferentes

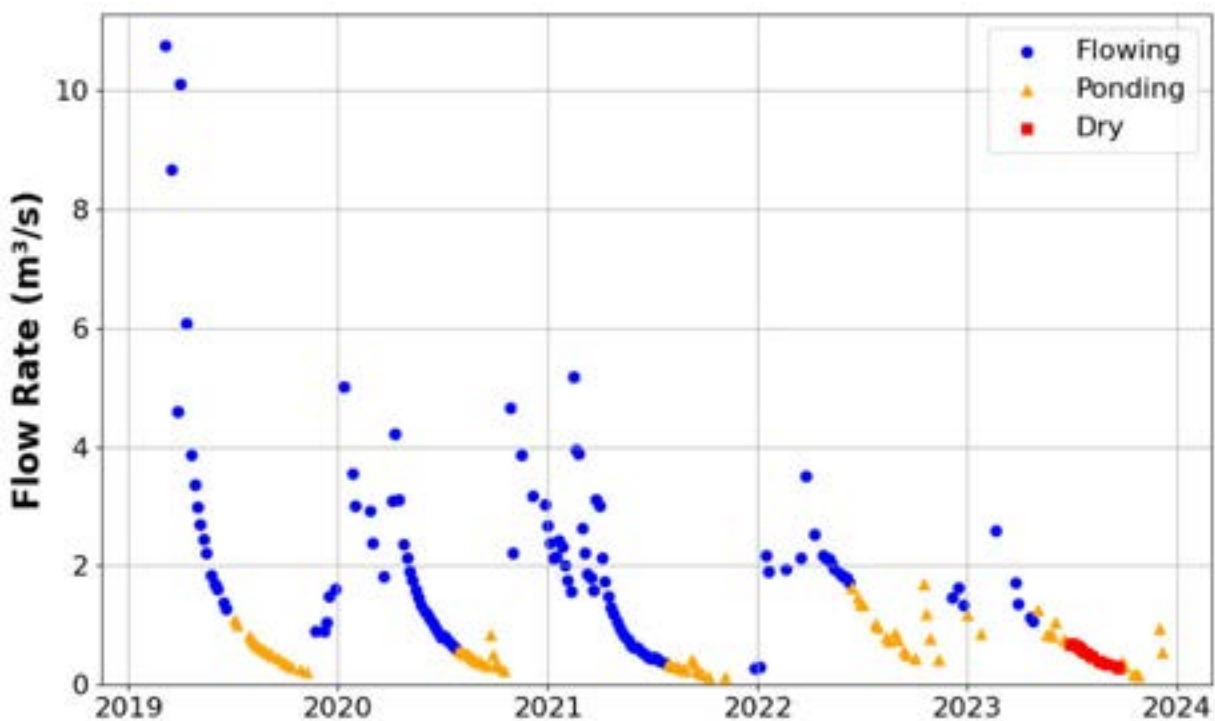
hecho, la variabilidad interanual muestra diferencias importantes en términos de caudal para distinguir entre condiciones de flujo y encharcamiento y condiciones de encharcamiento y sequía (**figura siguiente**).

elevaciones del nivel freático o del uso del agua durante el período analizado.

Teniendo en cuenta el uso de umbrales anuales para calibrar el modelo hidrológico, parece que este es un enfoque más adecuado en el contexto de nuestro estudio de caso.



Haz clic en la imagen para ampliarla.



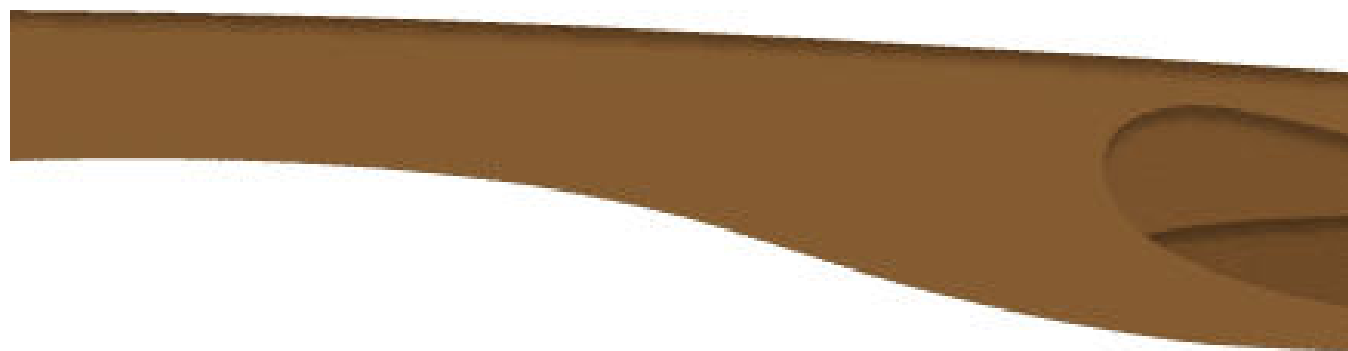
Serie temporal de valores de caudal modelados entre 2019 y 2023. Los círculos azules representan las condiciones de flujo (**F**), los triángulos amarillos representan las condiciones de encharcamiento (**P**) y los cuadrados rojos representan las condiciones de sequía (**D**).

CONTINUAR

Pregunta final



Si generamos un gráfico ternario para cada año (de 2019 a 2023), ¿crees que encontraremos un movimiento significativo del punto de un año a otro?





¿El hidrotipo sigue siendo el mismo cada año?

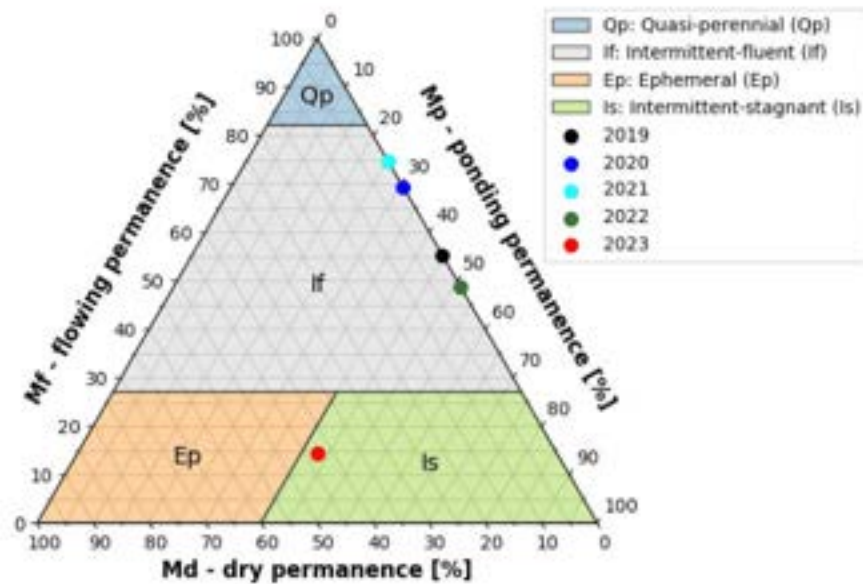
HAZ CLIC PARA VER LA RESPUESTA

RESPUESTA

El hidrotipo puede variar de un año a otro.

En la siguiente figura se puede ver la **clasificación hidrotípica** para cada año entre 2019 y 2023 utilizando el río Keritis como caso de estudio.

**Temporary River Classifier (TRC)
Keritis at Fournes
from 07-03-2019 to 31-12-2023**



CONTINUAR

7. Referencias



Referencias bibliográficas

En el desarrollo de cualquier curso académico, las referencias bibliográficas desempeñan un papel crucial al proporcionar el apoyo teórico y práctico necesario para el material impartido.

Las referencias no solo refuerzan la credibilidad de los materiales de estudio, sino que también permiten a los estudiantes explorar los temas tratados con mayor profundidad, adquiriendo una comprensión más profunda de los conceptos clave y descubriendo nuevas perspectivas

Este conjunto de referencias ha sido cuidadosamente seleccionado para proporcionar una base sólida de conocimientos, que abarca una variedad de fuentes, incluyendo libros, artículos académicos, investigaciones recientes y recursos digitales.



Esperamos que estas referencias sean una herramienta valiosa para el aprendizaje y fomenten una comprensión integral y crítica de los temas tratados en este curso.

Al Khoury I, Boithias L, Labat D. A Review of the Application of the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) in Karst Watersheds. *Water*. 2023; 15(5):954

Dimitriou, A., Giannakis, G., Nerantzaki, S., & Nikolaidis, N. P. (2016). Hydrologic and geochemical modeling of Keritis River Basin. Proceedings of the 2nd EWaS International Conference. 1–4 June, 2016, Chania, Crete, Greece. ResearchGate.

ESA, <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi/revisit-coverage>

European Commission. (2000). Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of October 23, 2000 establishing a framework for community action in the field of water policy. Official Journal of the European Communities, 22(12), 2000.

Kanta, A., Soupios, P., Barsukov, P., Kouli, M., & Vallianatos, F. (2013). Aquifer characterization using shallow geophysics in the Keritis Basin of Western Crete, Greece. *Environmental Earth Sciences*, 70, 2153–2165.

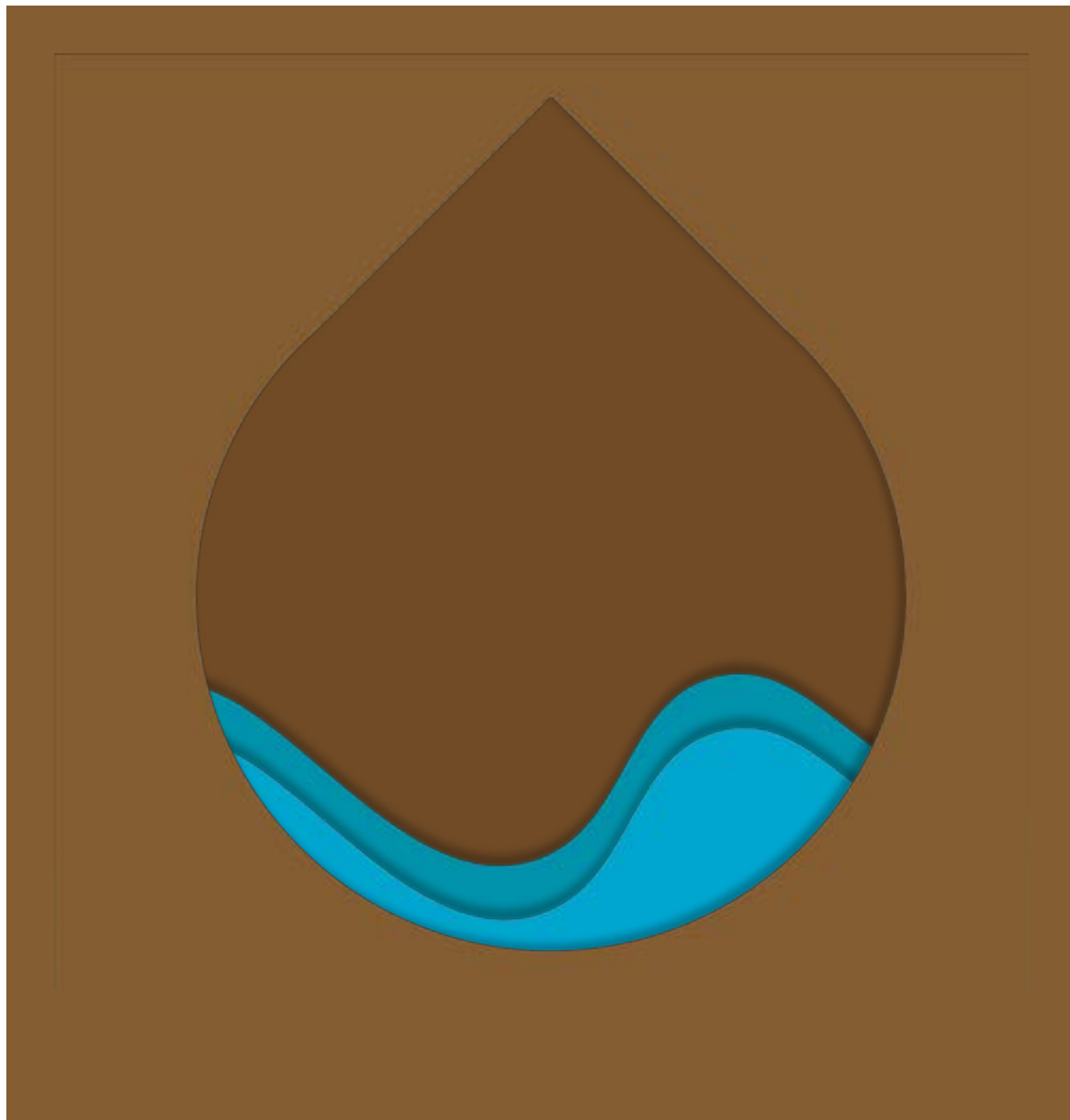
Munné, A., Bonada, N., Cid, N., Gallart, F., Solà, C., Bardina, M., ... & Prat, N. (2021). A proposal to classify and assess ecological status in Mediterranean temporary rivers: Research insights to solve management needs. *Water*, 13(6), 767.

Neitsch, S. L., Arnold, J. G., Kiniry, J. R., & Williams, J. R. (2011). Soil and water assessment tool theoretical documentation version 2009. Texas Water Resources Institute.

Nikolaidis, N. P., Bouraoui, F., & Bidoglio, G. (2013). Hydrologic and geochemical modeling of a karstic Mediterranean watershed. *Journal of Hydrology*, 477, 129–138.

CONTINUAR

Cierre



¡Enhorabuena!

Has **completado** este módulo.

Al completar con éxito el quinto módulo, has aprendido a determinar el estado hidrológico de un río utilizando una combinación de modelos hidrológicos y resultados de imágenes satelitales, y a comparar las estadísticas de frecuencias de flujo entre imágenes satelitales solas y en combinación con modelos hidrológicos.

¡Bien hecho!

Pasemos al **módulo 6.**

MÓDULO 6: Actividad de campo



Este módulo ofrece la oportunidad de estudiar directamente un río temporal durante una campaña de recopilación de datos sobre el terreno. El estudio de campo ofrece a los alumnos una oportunidad fantástica para poner en práctica los conocimientos adquiridos en los módulos anteriores. Asegúrate de llevar calzado cómodo y adaptable o botas de agua, y prepárate para un emocionante estudio de campo.

¡EMPECEMOS!

1. OBJETIVOS. RESULTADOS DEL APRENDIZAJE. INTRODUCCIÓN



Objetivos y Resultados del aprendizaje



Introducción

2. ORGANIZACIÓN DEL ESTUDIO DE CAMPO



¿Cuándo?



¿Dónde?

3. ACTIVIDAD PRÁCTICA

3.1. LA LONGITUD Y UBICACIÓN DEL TRAMO DEL RÍO

Definición de la longitud del tramo fluvial

3.2. ACTIVIDADES SOBRE EL TERRENO

Actividades sobre el terreno

Reconocimiento de las condiciones hidrológicas en el terreno

Comparar las condiciones hidrológicas con imágenes satelitales

Adquisición de fotos con geoetiquetas

Validación de las condiciones hidrológicas

3.3. ACTIVIDADES ADICIONALES (SUJETAS A VIABILIDAD)

Observación de la biota terrestre y acuática

Adquisición de datos topográficos

4. REFERENCIAS

Referencias

5. CIERRE

Cierre

Objetivos y Resultados del aprendizaje



Los **5 Objetivos y resultados del aprendizaje** de este módulo 6 son los siguientes:



Haz clic en los botones para ver la información.



1



2



3



4



5





1

Observar directamente y describir un río temporal.



2

Adquirir habilidades y conocimientos sobre las características morfológicas de los ríos.



3

Reconocer las condiciones hidrológicas de un río temporal.



4

Recopilar imágenes geolocalizadas para su validación y comparación con imágenes satelitales Sentinel-2 contemporáneas.

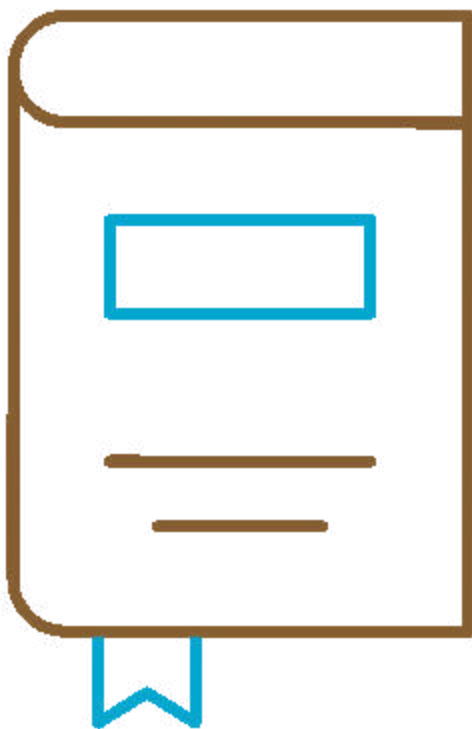


5

Observar la biota terrestre y acuática en su hábitat.

CONTINUAR

Introducción



Ponte a prueba

Si hay un tramo fluvial temporal cerca de ti, coge tu smartphone, sigue los pasos descritos en este módulo y realiza **tu primer estudio de campo en un tramo temporal!**

¿Por qué son importantes los estudios de campo?



Los estudios de campo son esenciales para **mejorar el conocimiento del tramo fluvial** que se desea investigar.



Un operador adquiere una foto geolocalizada durante un estudio de campo en el río Keritis (Grecia), el 11 de

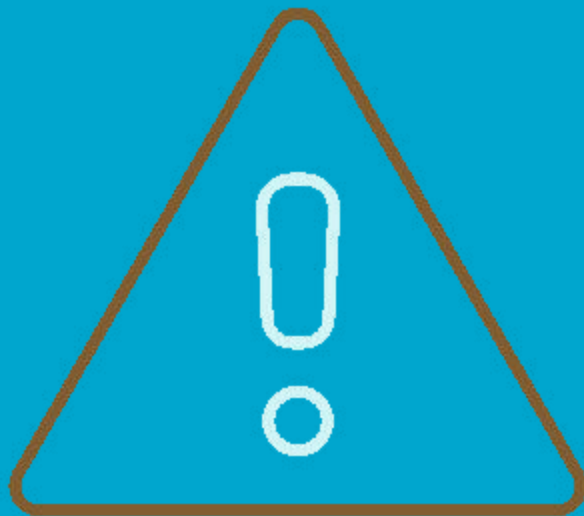
septiembre de 2024.
Créditos de la foto Isabelle Brichetto

**Los estudios de campo pueden ayudarte a comprender los procesos
morfológicos del río y la presencia de diferentes especies de flora y fauna.**

Dos operadores **buscando macroinvertebrados** durante un estudio de campo en el río
Keritis (Grecia), el 11 de septiembre de 2024.



Créditos fotográficos Isabelle Brichetto



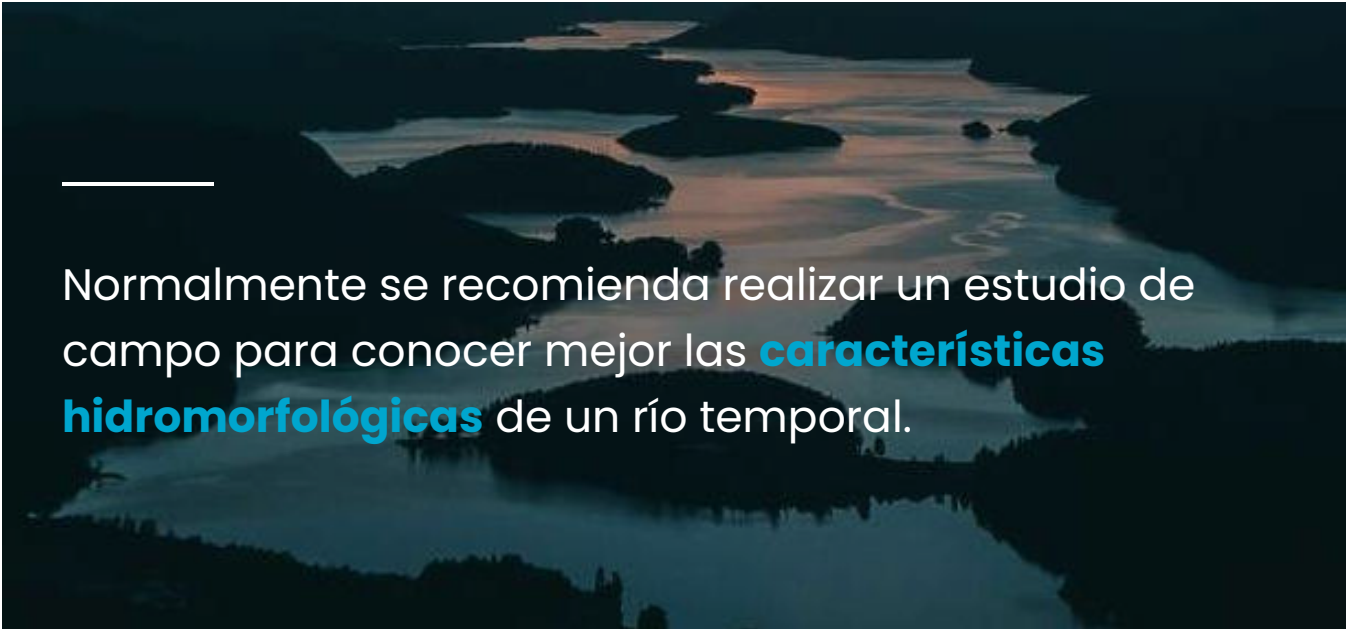
IMPORTANTE

Los estudios de campo son fundamentales para identificar mejor la presencia de agua en la superficie utilizando imágenes satelitales, mejorar la clasificación supervisada de las condiciones hidrológicas y evitar posibles errores de clasificación.

CONTINUAR

¿Cuándo?





Normalmente se recomienda realizar un estudio de campo para conocer mejor las **características hidromorfológicas** de un río temporal.

Para verificar y mejorar su clasificación supervisada de las condiciones hidrológicas, selecciona un día en el que se prevea que el tramo fluvial analizado experimente una **condición de no caudal** (esto significa condiciones de **encharcamiento "P"** o **seco "D"**).

Esto se debe a que las dos condiciones de no flujo que caracterizan a los ríos temporales son las más difíciles de identificar a partir de **imágenes de satélite**.

El estudio de campo debe programarse en un día soleado y cuando un satélite de la misión Sentinel-2 pase por encima de la ubicación considerada. Esto garantizará la posibilidad de recopilar datos de campo que puedan compararse con una imagen Sentinel-2 contemporánea sin nubes.

Al utilizar el **Navegador Copernicus** (presentado en el módulo 2), es posible evaluar el tiempo de revisita y predecir las fechas de adquisición futuras para un área de estudio específica.

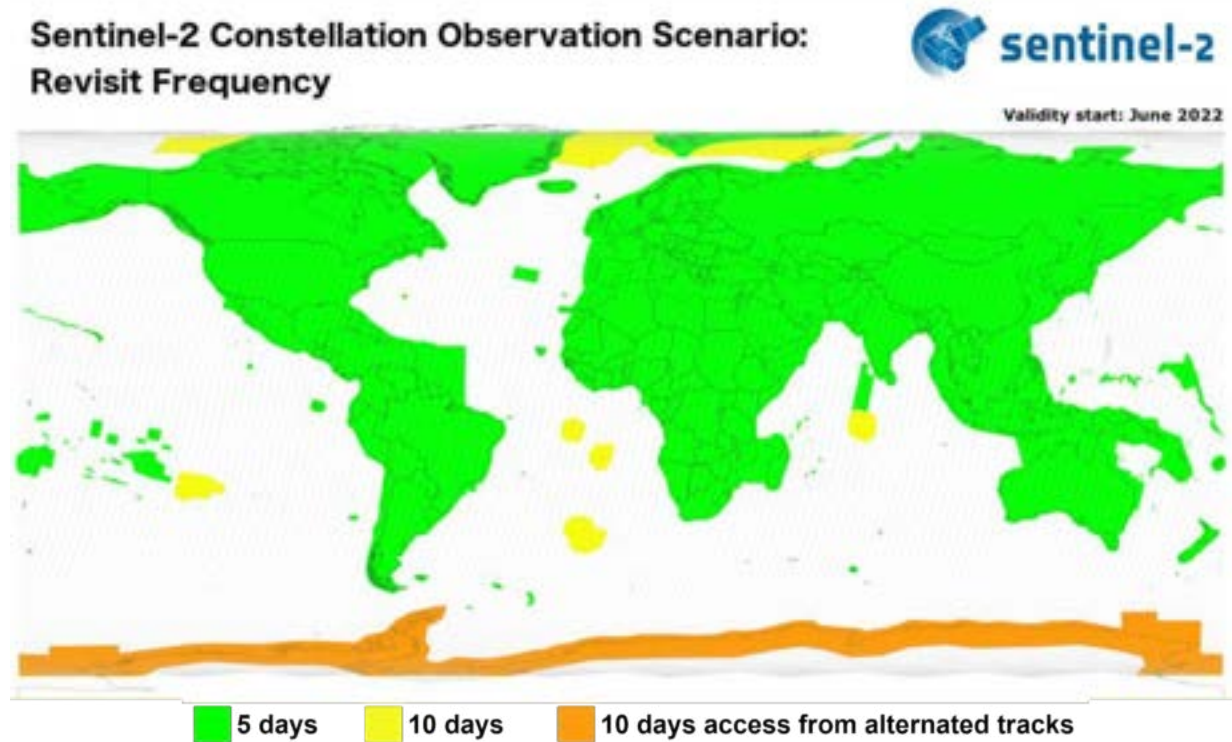


Ilustración de la cobertura y el tiempo de revisita previstos para las adquisiciones MSI de SENTINEL-2 (fuente: Agencia Espacial Europea)



Referencia:

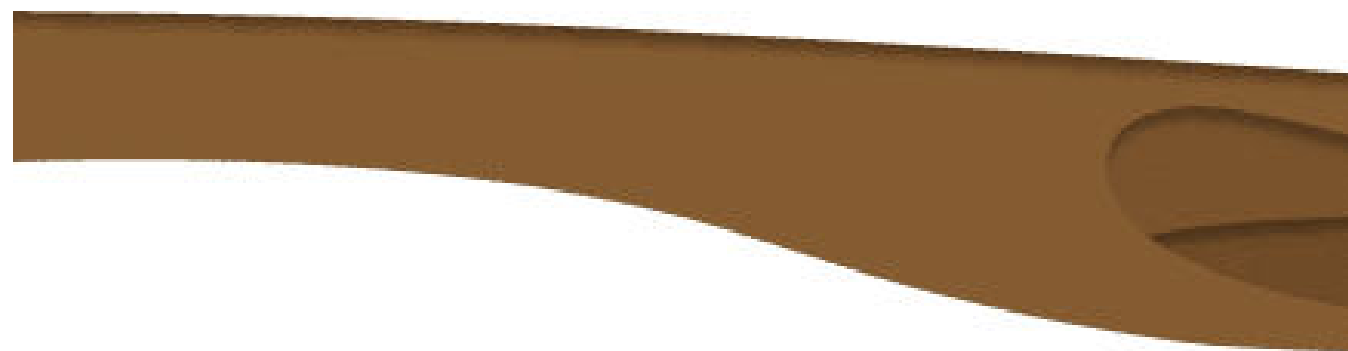
ESA, <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi/revisit-coverage>



Haz clic en el botón para abrir el sitio web.

Navegador Copernicus

IR AL SITIO WEB



CONTINUAR

¿Dónde?

Para el estudio de campo, sugerimos seleccionar un río con una **anchura mínima de 30 m**. Esto ayudará a identificar **las características morfológicas del río** y verificar la presencia de **agua superficial en el lecho del río** a partir de imágenes satelitales.



Haz clic en las imágenes para ampliarlas.





Visualización a partir de una imagen satelital (arriba) y una fotografía geolocalizada (abajo) del río Sangone en Rivalta di Torino, con una anchura aproximada de 30 m, septiembre de 2022.

Créditos de la foto Giammarco Manfreda

IMPORTANTE:

Es importante tener en cuenta que, si una **cúpula vegetal** está presente, no será posible ver la presencia de agua en el lecho del río desde los satélites y, por lo tanto, clasificar las condiciones hidrológicas.

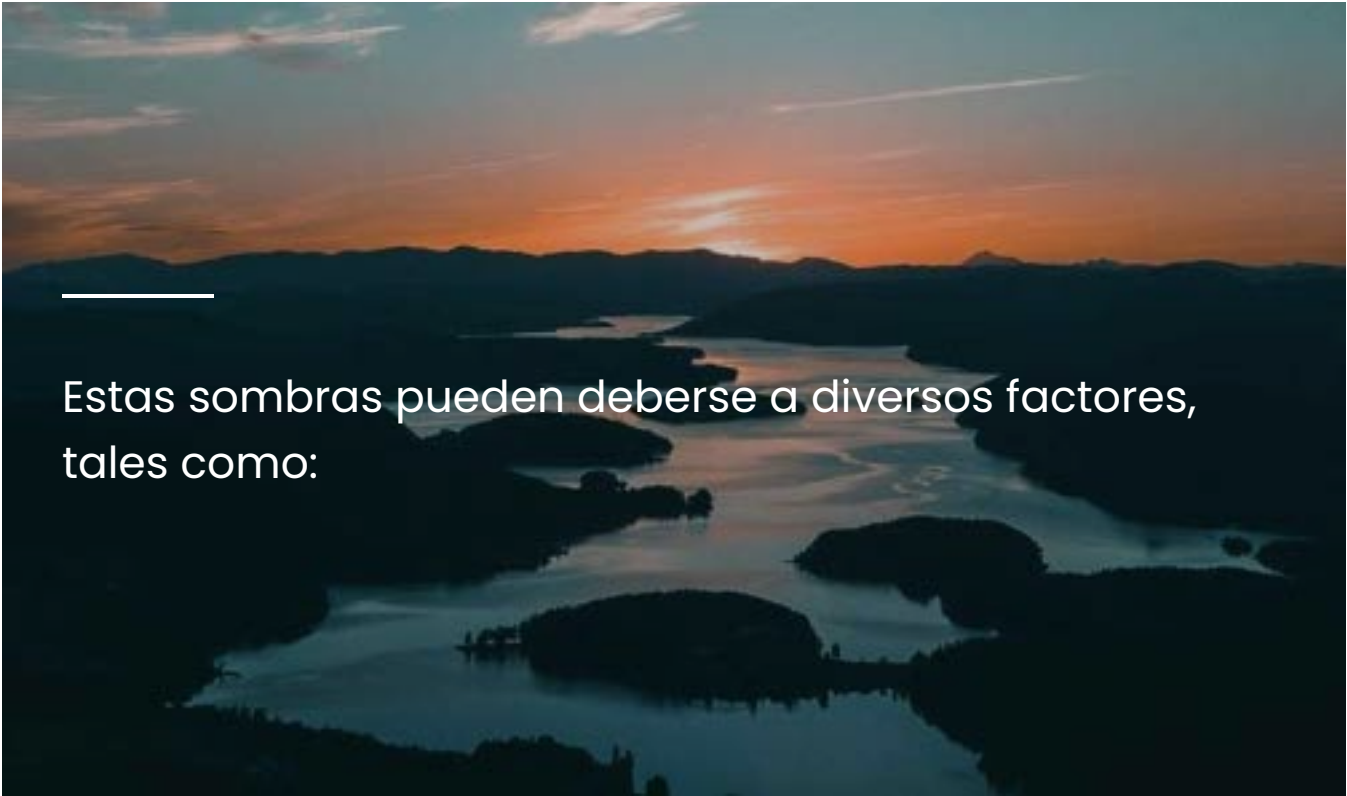


Cúpula vegetal en el arroyo Lurisia (Italia), 2009.

Créditos de la foto Paolo Vezza

Por último, es importante seleccionar un tramo del río en el que **no haya sombras** o estas sean muy limitadas, ya que **las sombras pueden presentar una reflectancia similar a la del agua.**

Si no es posible evitar por completo su presencia, **tenga cuidado al identificar las zonas con sombras potenciales en las imágenes de satélite.**



Estas sombras pueden deberse a diversos factores, tales como:

1

Nubes.

2

Vegetación ribereña.

3

Orillas escarpadas.

4

Paredes verticales.

5

Puentes.

Ejemplo:

Imágenes del satélite Sentinel-2 en las que se observan sombras en el cauce del río Palancia, en Gilet (España), 2021. FCI (arriba) e imagen de alta resolución de Google Earth (abajo).



Haz clic en las imágenes para ampliarlas.



FCI



Imagen en alta resolución de Google Earth

CONTINUAR

Definición de la longitud del tramo fluvial



RIVERTEMP

ACTIVIDAD PRÁCTICA

¿Qué debemos hacer para empezar?



Como paso preliminar, es importante **definir la ubicación y la longitud del río** que se inspeccionará durante la actividad de campo.

La definición de la longitud del tramo fluvial puede influir en **la condición hidrológica y la clasificación hidrográfica.**





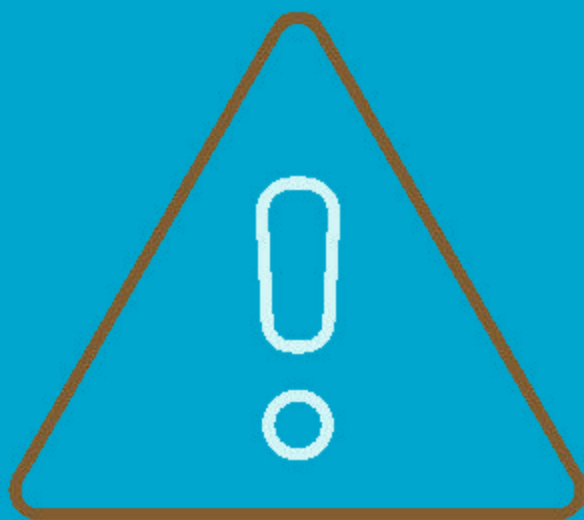
Una segmentación de la morfología
del río en tramos fluviales
hidromorfológicamente
homogéneos sería útil para
seleccionar una parte del río que
tenga características geológicas
homogéneas y una respuesta
homogénea al cese del caudal.

(Según se describe en Rinaldi et al., 2013)





Rinaldi, M., Surian, N., Comiti, F., & Bussetini, M. (2013). A method for the assessment and analysis of the hydromorphological condition of Italian streams: The Morphological Quality Index (MQI). *Geomorphology*, 180, 96–108.

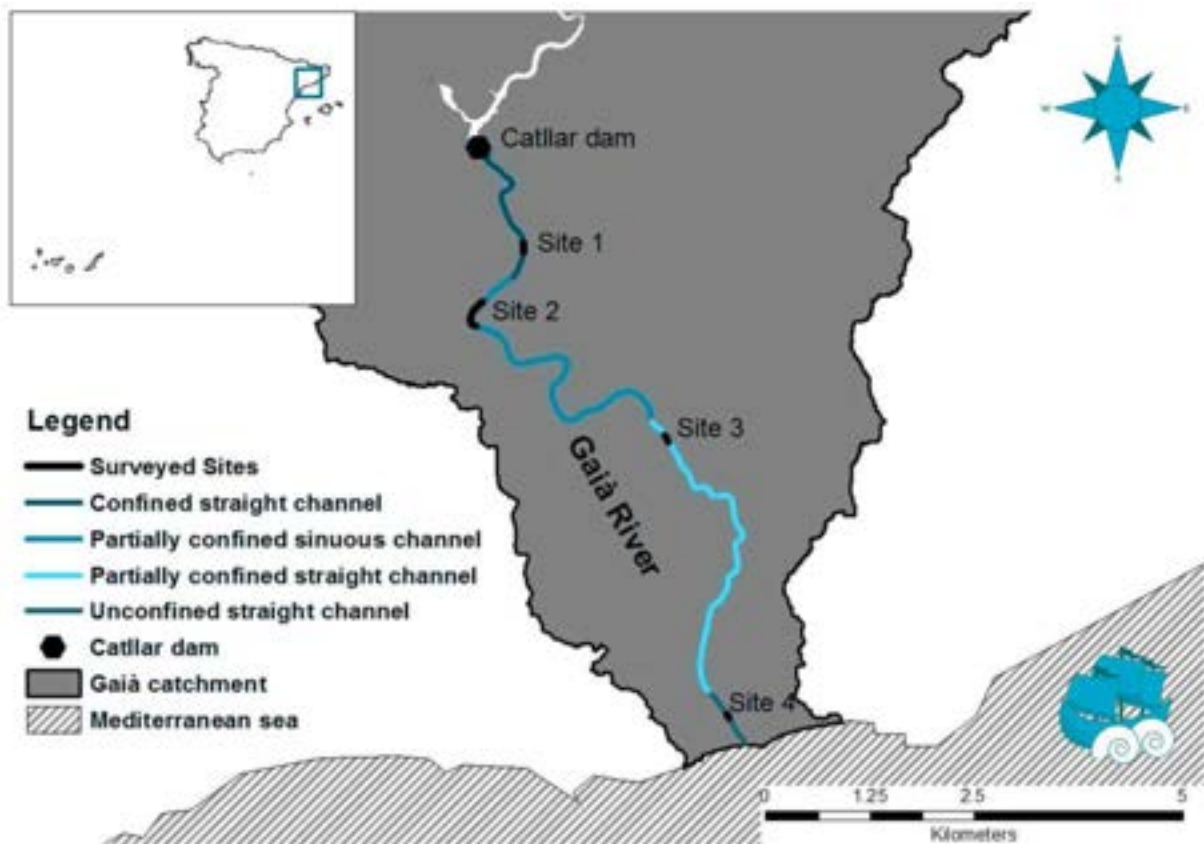


IMPORTANTE

Cuando sea posible, es preferible utilizar **la segmentación morfológica existente**. En los casos en que no se disponga de dicha segmentación, se deben emplear **imágenes satelitales de alta resolución** para identificar y delimitar las zonas que pueden interpretarse como **tramos hidromorfológicos homogéneos**.



Haz clic en la imagen para ampliarla.



Segmentación del río Gaia (España), aguas abajo de la presa de Catllar, en cuatro tramos fluviales hidromorfológicamente homogéneos. En cada tramo

homogéneo se analizó una parte (denominada subtramo)
durante los estudios de campo (Vezza et al., 2020)

Vezza, P., Negro, G., Jorda-Capdevila, D., Munné, A., Bardina, M. (2020). Application of meso-scale habitat models in temporary rivers. SMIRES Project Final Conference. Tirana - Albania 4-5 of February 2020.

Leyenda

-  Sitios estudiados
-  Canal recto confinado
-  Canal sinuoso parcialmente confinado
-  Canal recto parcialmente confinado
-  Canal recto sin confinamiento
-  Presa del Catllar
-  Cuenca del Gaià
-  Mar Mediterráneo

CONTINUAR

Actividades sobre el terreno

Durante el **investigación de campo**, es fundamental:



Reconocer las condiciones hidrológicas del río. ¿El río está en estado de flujo, estancamiento o seco?



Comparar las condiciones hidrológicas observadas con las imágenes satelitales más recientes disponibles.



Adquirir fotos con etiquetas geográficas utilizando teléfonos inteligentes.



Validar la condición hidrológica observada, cuando se disponga de una nueva imagen satelital para la fecha de interés.

Actividades adicionales (sujetas a viabilidad):



Haz clic en las etiquetas para ver la información.

Observar la biota terrestre y acuática —

Incluyendo la flora y la fauna tanto en las zonas emergidas como en las sumergidas del río. Estas observaciones son especialmente valiosas si un biólogo puede participar en el estudio de campo.

Adquirir datos topográficos —

Si es necesario, obtén datos topográficos utilizando instrumentos específicos para realizar un mapeo detallado del área de estudio.

CONTINUAR

Reconocimiento de las condiciones hidrológicas en el terreno

En primer lugar, se debe reconocer la **condición hidrológica** del tramo homogéneo del río.

¿Recuerdas que hay tres condiciones hidrológicas posibles?





Río Sciarapotamo, Salerno (IT) en las tres condiciones hidrológicas F) caudaloso, P) encharcado y D) seco. Créditos de la foto: Carmela Cavallo (Cavallo et al., 2022)

Haz clic en el botón **COMENZAR** para ver la información y haz clic en las imágenes para ampliarlas.

Condición de flujo (F)



Flujo continuo visible de agua a lo largo del tramo analizado del río.

La condición de flujo es fácilmente detectable, ya que hay un flujo continuo en la superficie del cauce del río.

Condición de encharcamiento (P)



Presencia discontinua de agua; el agua superficial se encuentra en estanques, pozas o porciones aisladas del canal de bajo caudal.

La condición de encharcamiento es más ambigua, porque reagrupa estados intermedios en los que el agua superficial está presente a lo largo del cauce del río, formando estanques aislados, pozas o porciones sumergidas del cauce de bajo caudal. Esta condición suele ser estable cuando hay una conexión significativa con el agua subterránea o cuando hay flujos hiporreicos que conectan el lecho del río con el nivel freático.

Condición seca (D)



Ausencia de agua superficial, con cauce seco.

La sequía implica la ausencia de agua superficial, lo que provoca el lecho seco del río, y suele deberse a la desconexión total del río con las aguas subterráneas.

Referencias:

Cavallo, C., Papa, M. N., Negro, G., Gargiulo, M., Ruello, G., & Vezza, P. (2022). Exploiting Sentinel-2 dataset to assess flow intermittency in non-perennial rivers. *Scientific Reports*, 12(1), 21756.

CONTINUAR

Comparar las condiciones hidrológicas con imágenes satelitales

Utilizando el **última imagen de satélite disponible**, puedes comparar lo que observas en el terreno con lo que se ve en las imágenes de satélite. Puedes hacerlo utilizando el **Navegador Copernicus** desde tu **teléfono inteligente**.



Operador estudia la última imagen satelital del navegador Copernicus en un estudio de campo en el río Keritis (Grecia), 2024.

Créditos de la foto Isabelle Brichetto



Haz clic en el botón para abrir el sitio web.

El navegador Copernicus

IR AL SITIO WEB

Ejemplo



Haz clic en las imágenes para ampliarlas.



Comparación de una visualización de un estanque en imágenes de satélite (arriba) y una imagen georreferenciada del río Sangone, Italia (abajo), tomada en la misma fecha en septiembre de 2022.

Créditos de la foto Giammarco Manfreda

CONTINUAR

Adquisición de fotos con geoetiquetas

Usando **posicionamiento móvil activo**, puedes recopilar imágenes de **zonas inundadas** con tu teléfono móvil, al igual que el operador.

Estas áreas deben estar situadas dentro del **cauce activo del río**.



Los **receptores GPS** de los teléfonos móviles y las tabletas pueden determinar su posición en la Tierra utilizando dos procesos denominados **triangulación** y **trilateración**.



Haz clic en las tarjetas para voltearlas.

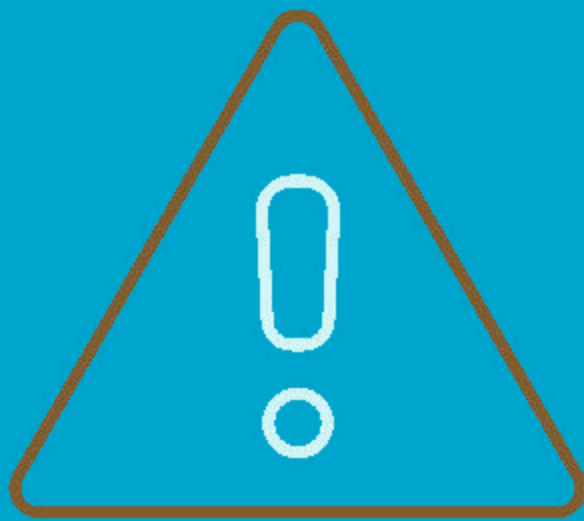
Triangulación



La triangulación consiste en medir la distancia desde el receptor hasta cada satélite visible sobre el horizonte.

Trilateración

Dado que se conoce con precisión la ubicación de cada satélite, la trilateración consiste en intersectar esferas con el receptor en el centro y las distancias a los satélites como radios. El punto de intersección de estas



IMPORTANTE

Recuerda **activar el GPS de tu teléfono** antes de hacer las fotos.



Pulsa el botón para ver la pantalla del smartphone del operador.





Utilizando GoogleMaps, el operador adquiere una imagen geoetiquetada durante un estudio de campo en el río Keritis (Grecia), 2024.

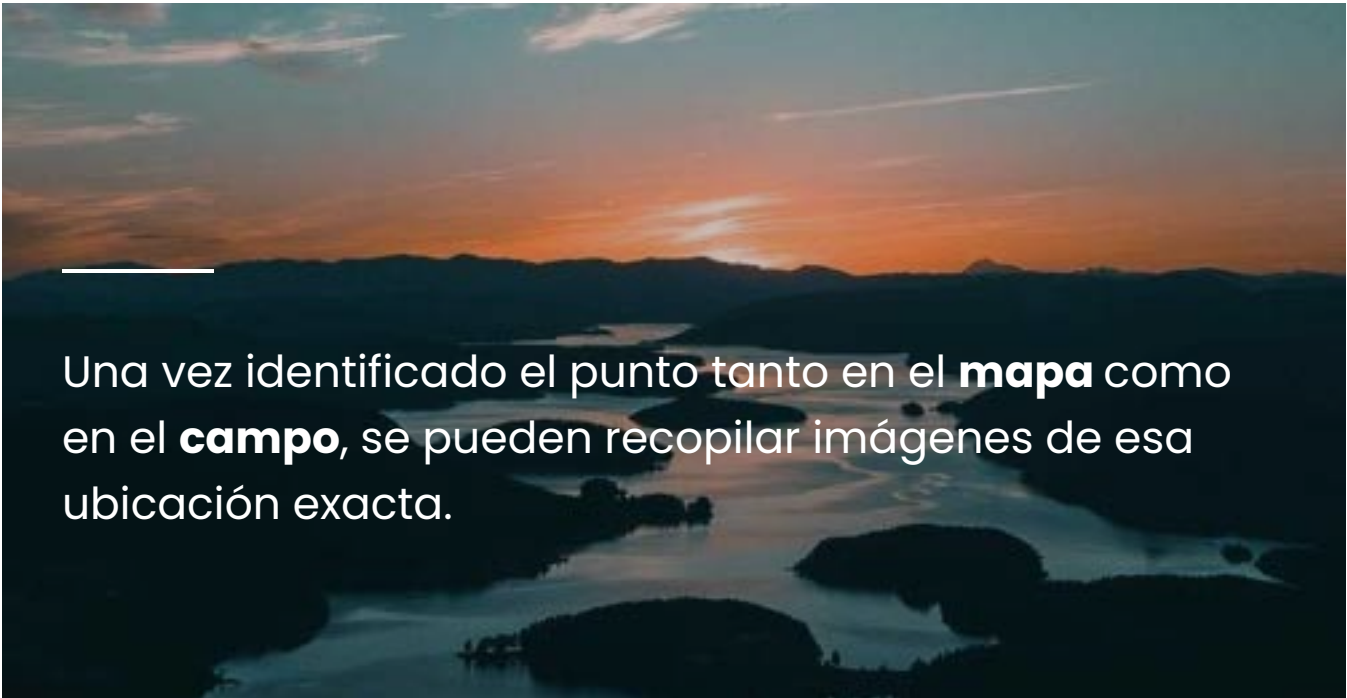
Créditos de la foto Isabelle Brichetto

CONTINUAR

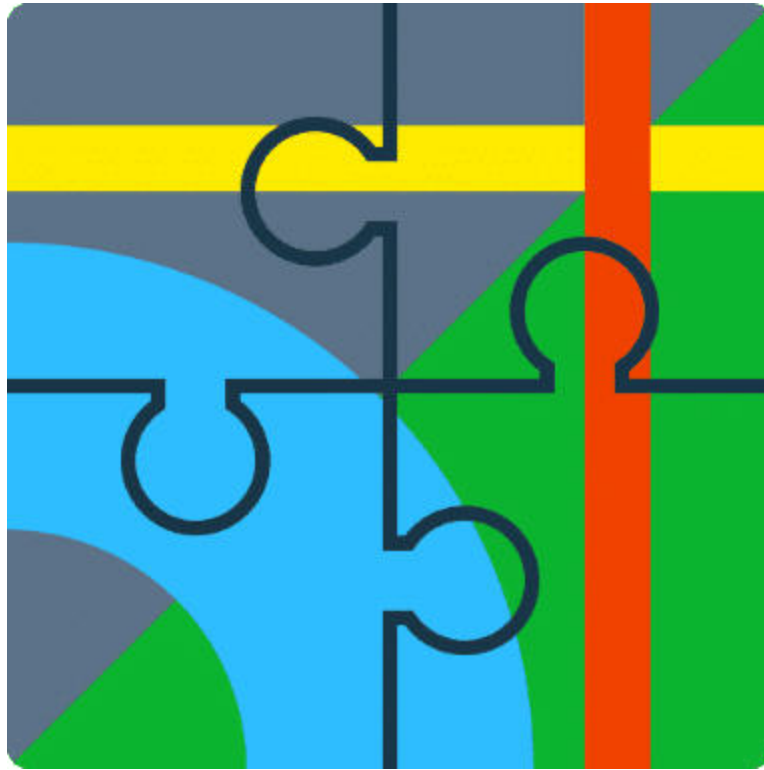


Es fundamental **identificar su ubicación en el mapa** y **registrar la orientación de la foto**.

La ubicación en la que se recoge la imagen debe seleccionarse de manera que sea fácilmente accesible en todas las posibles **condiciones hidrológicas** (**fluyendo, encharcado, seco**), lo que proporciona una visión clara y completa de la parte del río en cuestión.



Una vez identificado el punto tanto en el **mapa** como en el **campo**, se pueden recopilar imágenes de esa ubicación exacta.



Locus Map es una aplicación para actividades al aire libre como geocaching o senderismo.

Para gestionar la adquisición de **fotos con etiquetas geográficas**, también es posible utilizar aplicaciones específicas como **Locus Map**.

Esta aplicación, por ejemplo, permite a los usuarios capturar fotos con **datos de ubicación integrados**, que posteriormente se pueden importar a **GIS** para su posterior análisis.



Haz clic en el botón para abrir el sitio web.



Incluso en ausencia de agua (**lecho seco**), la captura de imágenes geolocalizadas sigue siendo importante para mejorar la correlación entre las imágenes satelitales y los datos reales sobre el terreno, lo que ayuda a **minimizar los posibles errores de clasificación**. Se debe prestar especial atención a fotografiar **lugares clave donde suele permanecer el agua durante las condiciones de encharcamiento** (por ejemplo, depresiones topográficas en el lecho del canal).

Además, **las áreas con sombras también deben documentarse**, ya que pueden introducir errores en la clasificación de los datos de teledetección, especialmente entre **charcos (P) y seco (D)**. Estas imágenes sirven como referencias esenciales para **validar y comparar los datos reales** con

las observaciones
satelitales.

Ejemplo



Haz clic en los botones para ver la información.









Ejemplos de zonas sombreadas durante condiciones secas
 en el río Sangone con las correspondientes fotos
 geolocalizadas tomadas sobre el terreno (IT), 2022.

Créditos de las fotos Giammarco Manfreda

¿Sabías que...?



QGIS ofrece varios complementos, como **Importar fotos**, que permiten a los usuarios superponer fotos con etiquetas geográficas sobre imágenes de satélite.

Estas herramientas facilitan la **comparación entre imágenes de satélite y fotos** mediante la creación de una capa específica para las fotos, lo que mejora el análisis espacial y la visualización.



Importar fotos es un **complemento de QGIS** para importar **fotos geolocalizadas** en un mapa



Haga clic en el botón para abrir el sitio web.

Importar fotos

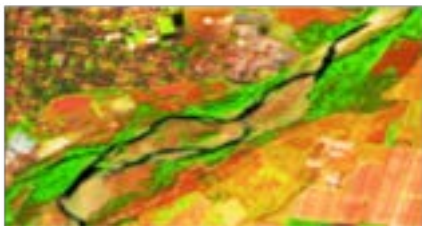
IR AL SITIO WEB

CONTINUAR

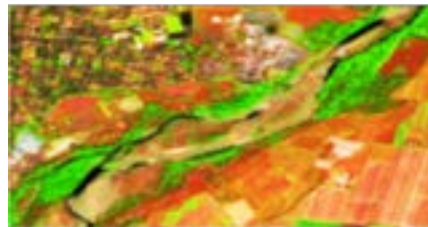
Validación de las condiciones hidrológicas

Cuando se dispone de la nueva imagen satelital para la fecha objetivo, se puede **clasificar** y **validar** la condición hidrológica utilizando los **datos recopilados** durante la visita de campo.

Esto permite realizar una comparación precisa entre **observaciones de teledetección** y **mediciones sobre el terreno**.



Condición de flujo
29/02/2022



**Condiciones de
encharcamiento**
24/08/2022



Estado seco
15/07/2022

*Ejemplos de tres imágenes satelitales diferentes del mismo tramo
del río Trebbia en tres condiciones hidrológicas diferentes*

CONTINUAR

Observación de la biota terrestre y acuática

Un reto adicional podría consistir en investigar la presencia o ausencia de **especies de vegetación ribereña** y **fauna acuática**, como **macroinvertebrados, peces y macrofitos**.



Haz clic en las imágenes para ampliarlas.



Ephemeroptera
(Oligoneuriella
rhenana)
recolectada en el



Muestreo de peces
mediante pesca
eléctrica en un
estanque aislado

río Trebbia (Italia).

Créditos

fotográficos

Gemma Burgazzi

del río Trebbia

(Italia). *Créditos*

fotográficos Paolo

Veza

CONTINUAR

Adquisición de datos topográficos

Adquisición de datos topográficos

¿Sabías que...?



Si están disponibles, telémetros láser y otros instrumentos topográficos (por ejemplo, **teodolitos**, **estaciones totales**, **Sistema Global de Navegación por Satélite – GNSS – antenas**) pueden utilizarse para cartografiar la presencia de agua en el cauce del río o para recopilar la posición precisa y la extensión espacial de las características geomorfológicas del río.

Ejemplo:

La figura compara una **imagen satelital en el fondo** y el **polígono georreferenciado** que representa un estanque en el lecho del río.



Haz clic en la imagen para ampliarla.



Ejemplos de un polígono de agua georreferenciado adquirido con instrumentos topográficos en el río Torre (IT), 2022:

- a) Visualización del tramo fluvial.
 - b) Detalle del estanque investigado.
 - c) Detalle del polígono georreferenciado obtenido con un telémetro láser y un ordenador portátil.
-

¡Mucho éxito en el **desarrollo de esta actividad práctica de campo!**



CONTINUAR

Referencias



Referencias bibliográficas

En el desarrollo de cualquier curso académico, las referencias bibliográficas desempeñan un papel crucial al proporcionar el apoyo teórico y práctico necesario para el material impartido.

Las referencias no solo refuerzan la credibilidad de los materiales de estudio, sino que también permiten a los estudiantes explorar los temas tratados con mayor profundidad, adquiriendo una comprensión más profunda de los conceptos clave y descubriendo nuevas perspectivas

Este conjunto de referencias ha sido cuidadosamente seleccionado para proporcionar una base sólida de conocimientos, que abarca una variedad de fuentes, incluyendo libros, artículos académicos, investigaciones recientes y recursos digitales.



Esperamos que estas referencias sean una herramienta valiosa para el aprendizaje y fomenten una comprensión integral y crítica de los temas tratados en este curso.

Cavallo, C., Papa, M. N., Negro, G., Gargiulo, M., Ruello, G., & Vezza, P. (2022). Exploiting Sentinel-2 dataset to assess flow intermittency in non-perennial rivers. *Scientific Reports*, 12(1), 21756.

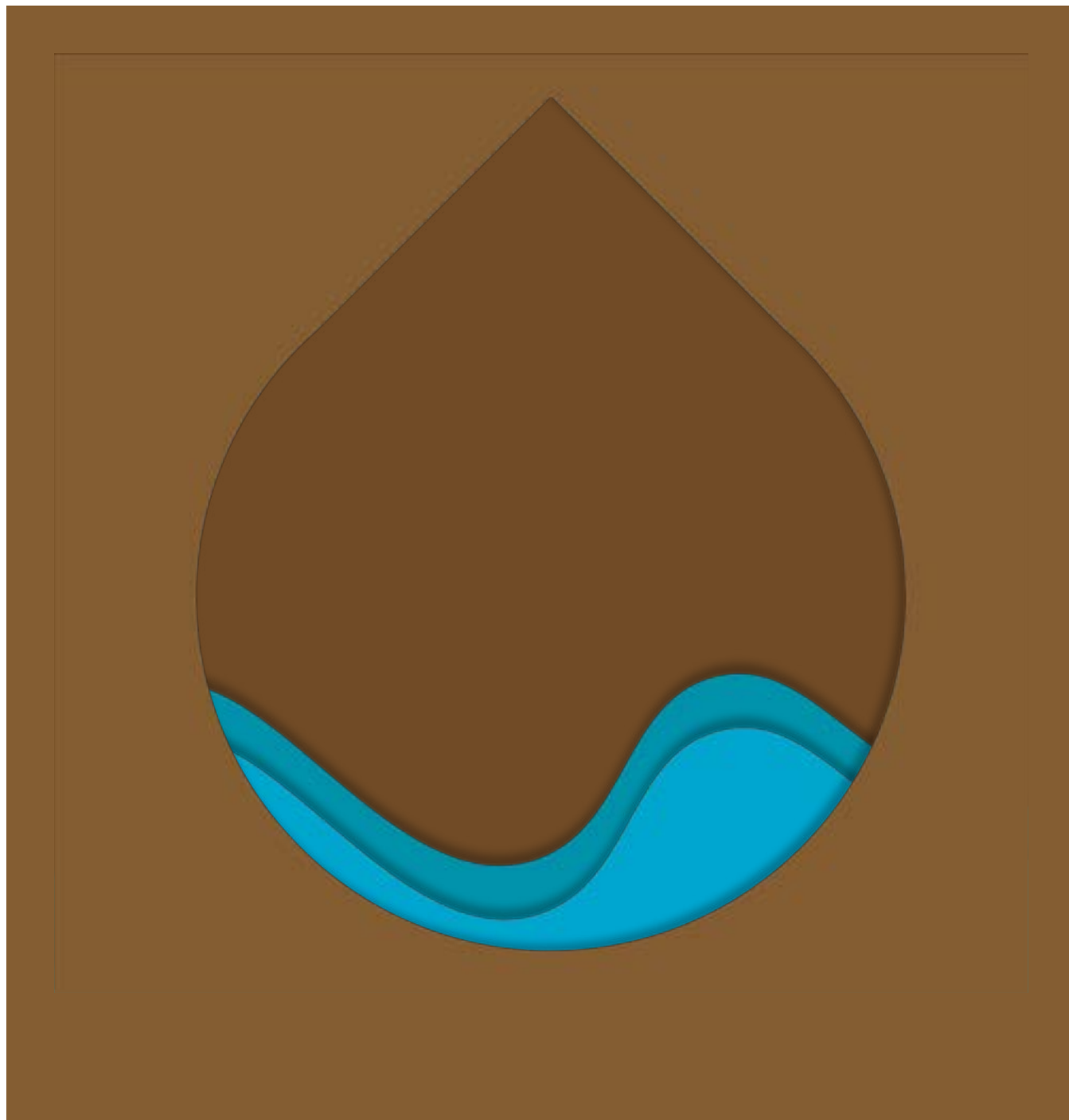
ESA, <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi/revisit-coverage>

Rinaldi, M., Surian, N., Comiti, F., & Bussettini, M. (2013). A method for the assessment and analysis of the hydromorphological condition of Italian streams: The Morphological Quality Index (MQI). *Geomorphology*, 180, 96-108.

Veza, P., Negro, G., Jorda-Capdevila, D., Munné, A., Bardina, M. (2020). Application of meso-scale habitat models in temporary rivers. SMIRES Project Final Conference. Tirana - Albania 4-5 of February 2020.

CONTINUAR

Cierre



¡Enhorabuena!

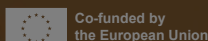
Has **completado** este módulo.

¡Fantástico logro! A través de este módulo, has adquirido una gran cantidad de conocimientos sobre la recopilación de datos de campo en ríos temporales, que abarca tanto conocimientos teóricos como experiencias prácticas sobre el terreno.

Ahora estás bien preparado para abordar el módulo final del curso.

¡Bien hecho!

MÓDULO 7: Taller sobre análisis de imágenes satelitales



Toda la información y los conocimientos adquiridos en los **módulos anteriores** y durante el **estudio de campo** se pondrá ahora en **práctica** con un **ejercicio**. El objetivo final de este ejercicio será aprender a utilizar y gestionar las imágenes satelitales del Sentinel-2 con el Clasificador de Ríos Temporales (**TRC**), una herramienta web para observar y clasificar ríos temporales.

Con esta actividad, podrás **clasificar el hidrotipo de un tramo fluvial para un periodo de tiempo seleccionado** (véase, por ejemplo, Munné et al., 2021). También podrás **gestionar la serie temporal de imágenes satelitales e interpretar los resultados** obtenidos.

¡EMPECEMOS!

1. OBJETIVOS. RESULTADOS DEL APRENDIZAJE. INTRODUCCIÓN



Objetivos y resultados del aprendizaje

2. ÁREA DE ESTUDIO

 Área de estudio**3. MATERIALES PARA DESCARGAR**

 Materiales para descargar**4. EJERCICIO**

 Ejercicio**5. DISCUSIÓN**

 Discusión**6. REFERENCIAS**

 Referencias**7. CIERRE**

 Cierre

Objetivos y resultados del aprendizaje



Los 4 objetivos y resultados del aprendizaje de este módulo son los siguientes:



Haz clic en los botones para ver la información.

1



2

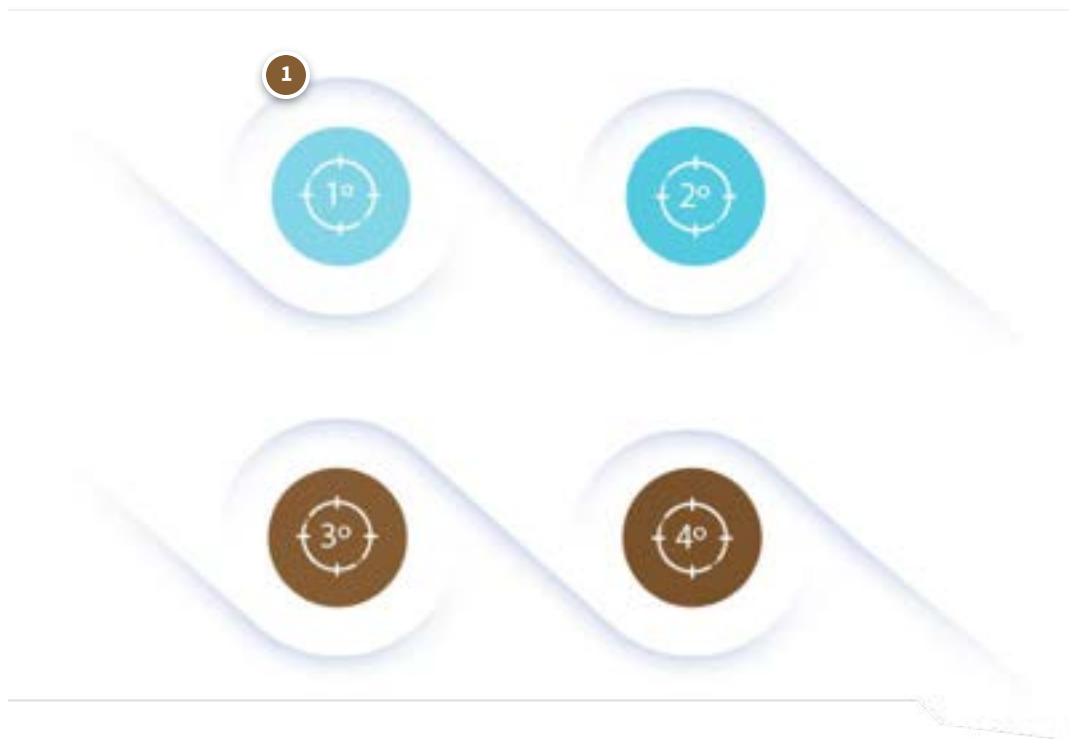


3



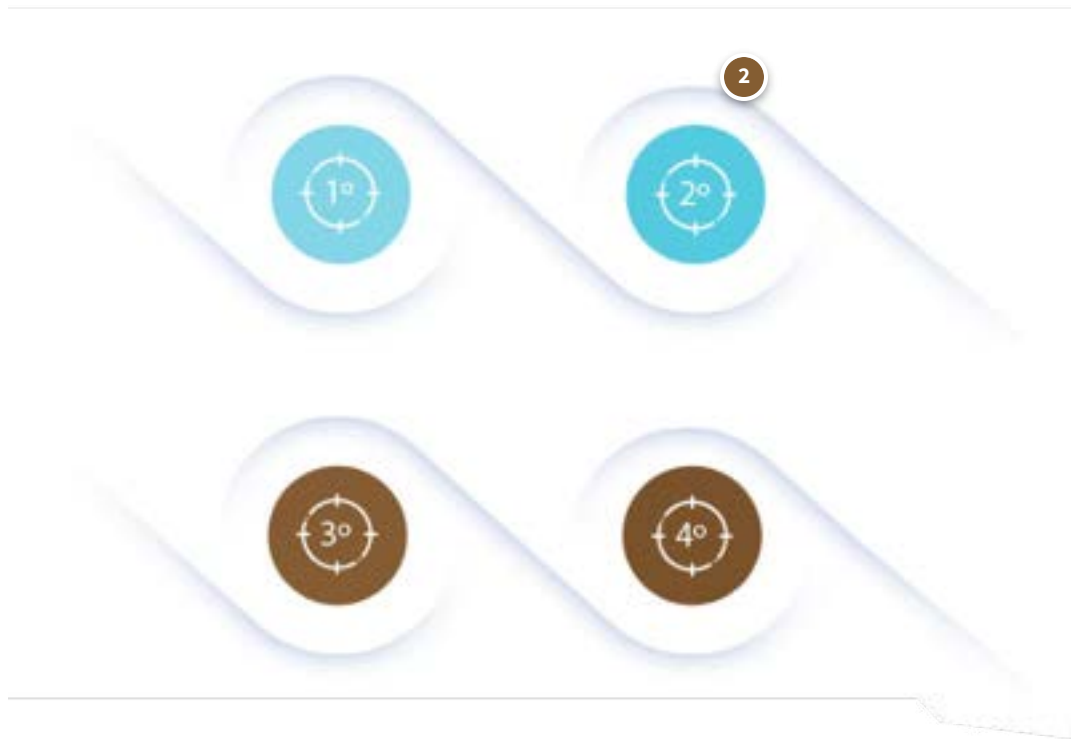
4





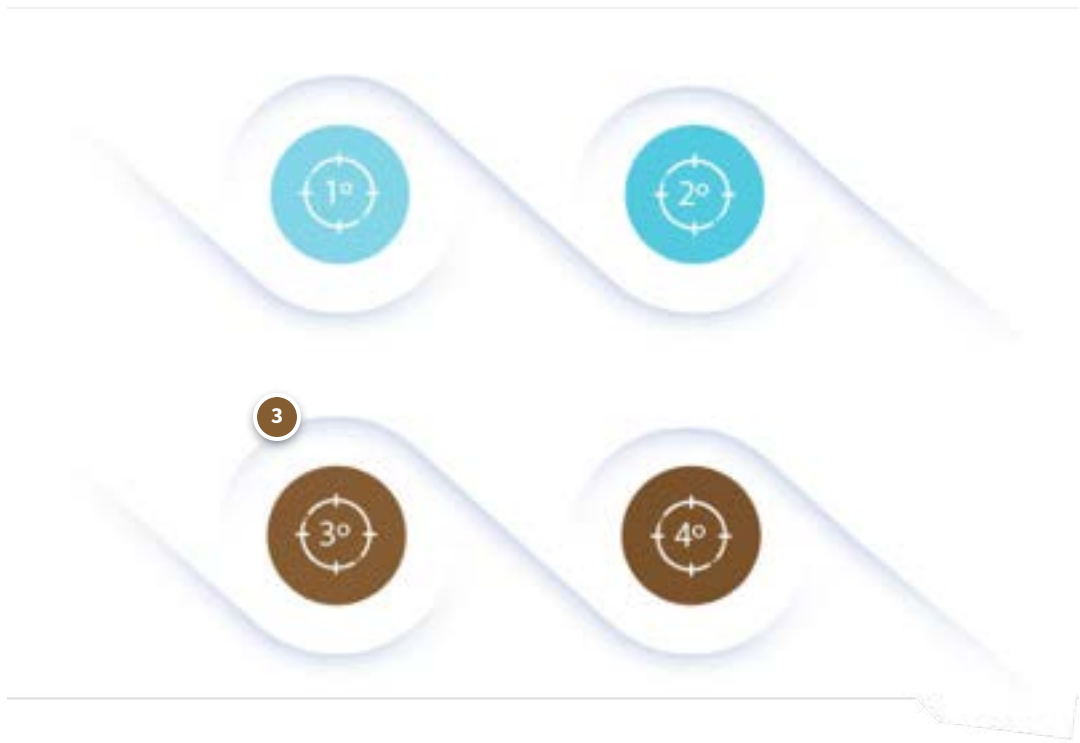
1

Familiarícese con el uso de la herramienta informática denominada **Clasificador de ríos temporales (TRC)**



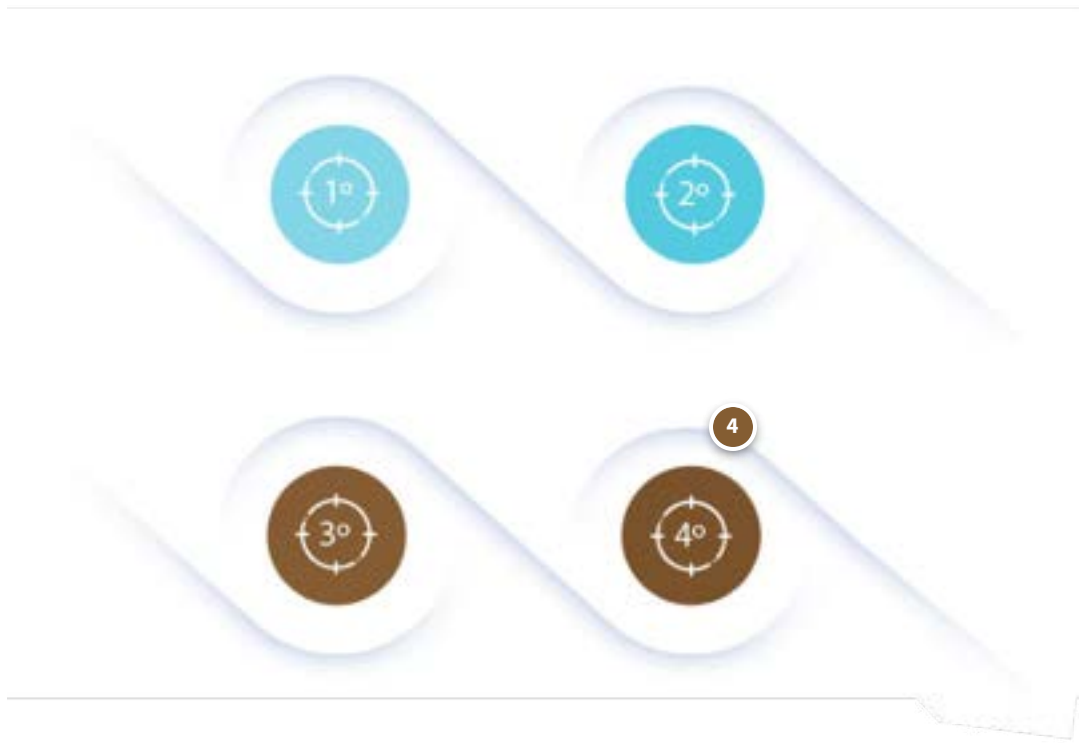
2

Gestionar la **comparación** entre los **datos de campo** y los **datos satelitales**



3

Realizar la **clasificación de imágenes satelitales** para un tramo temporal del río



4

Analizar y cuantificar la **frecuencia** y **duración de los períodos sin caudal** en ríos temporales

CONTINUAR

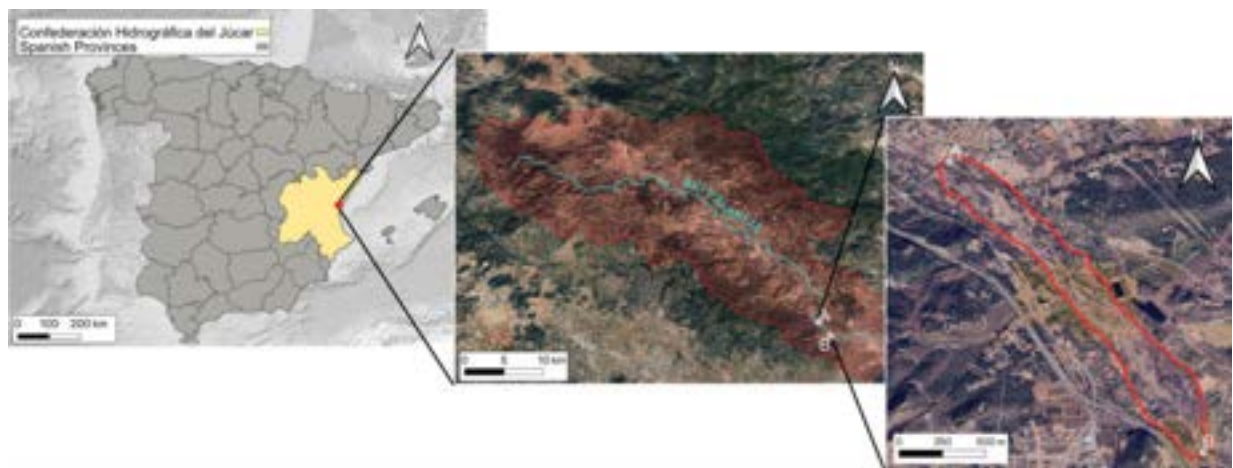
Área de estudio



El caso práctico del taller es el tramo del **río Palancia** cerca del pueblo de Gilet (Valencia, España):



Haz clic en la imagen para ampliarla.

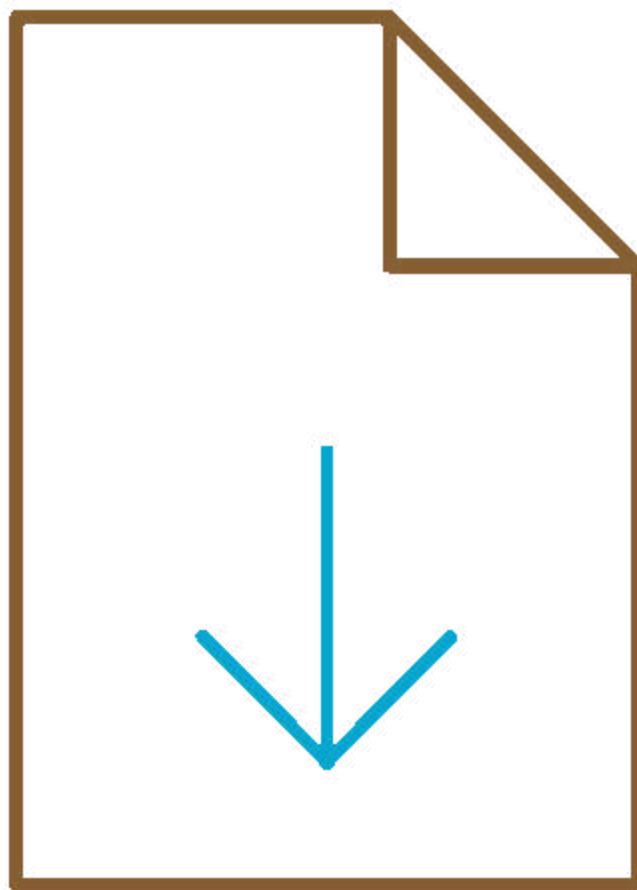


Vista general del río Palencia en el tramo de Gilet (España)

CONTINUAR

Material para descargar





Se proporcionará una carpeta zip que contiene los archivos necesarios para el taller.



Haz clic en los botones para ver la información.



En la **carpeta zip** encontrarás los siguientes **archivos**:

Imagen satelital

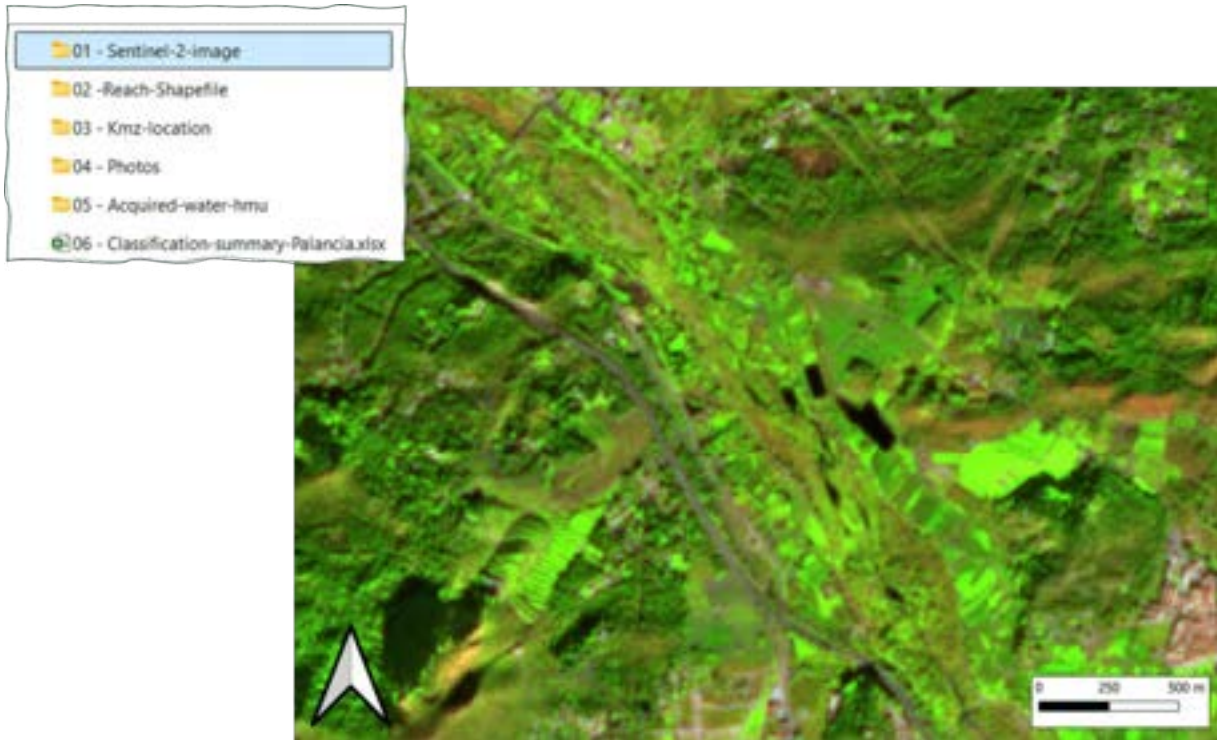
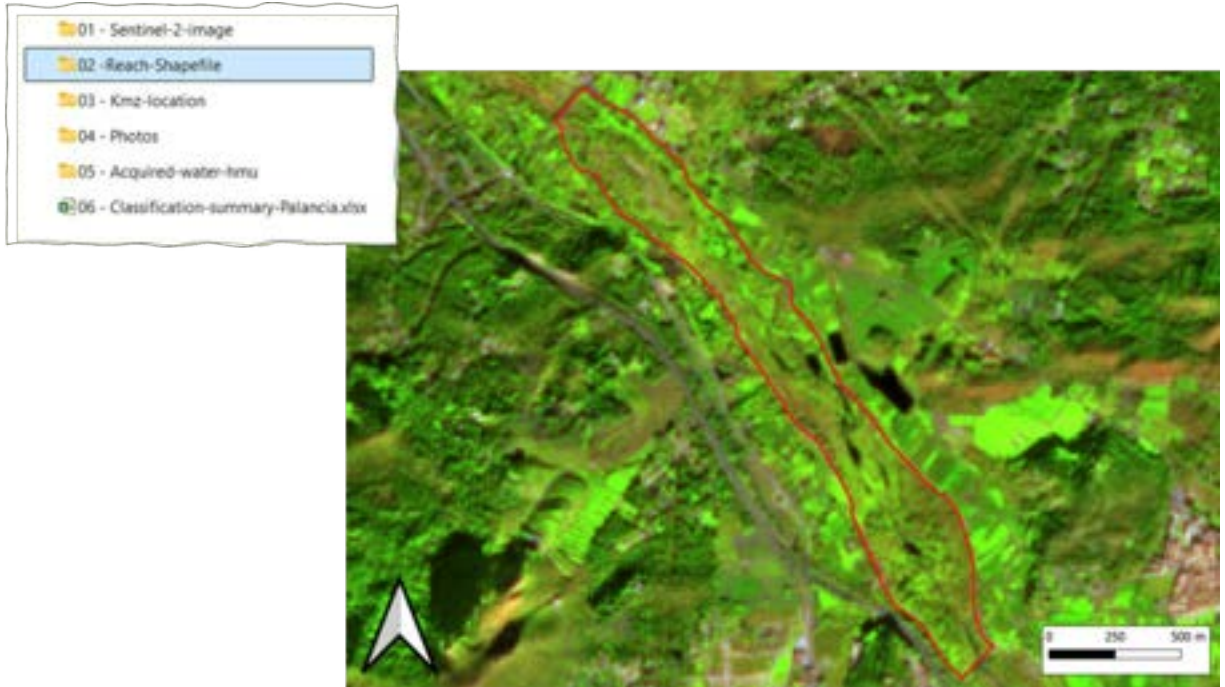


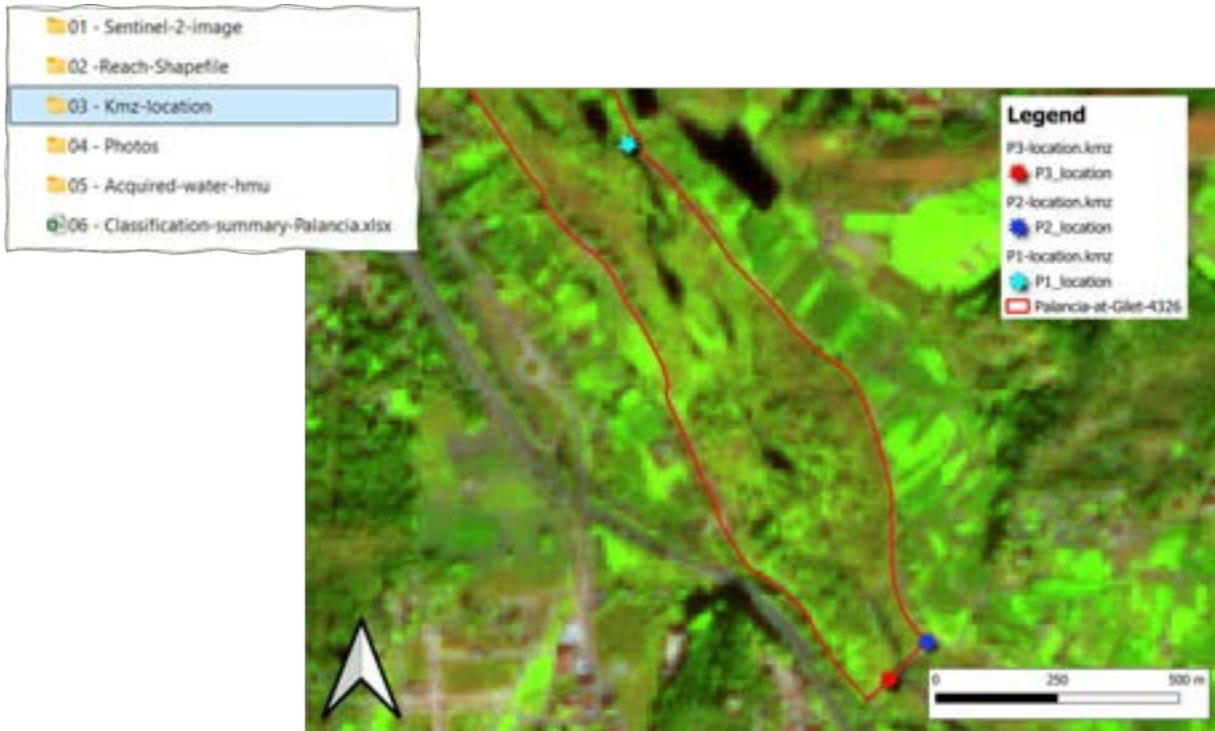
Imagen satelital del 16/12/2022 que debe compararse con los polígonos georreferenciados y las fotos tomadas durante el estudio de campo del 17/12/2022.

Archivo Shapefile



Archivo Shapefile del tramo del río Palancia en Gilet, que define el tramo fluvial investigado.

Ubicación - kmz



Los archivos .kmz señalan los puntos **P1** (en **cyan**), **P2** (en **azul**) y **P3** (en **rojo**) desde donde el operador obtuvo fotos con etiquetas geográficas.

Fotos con etiquetas geográficas



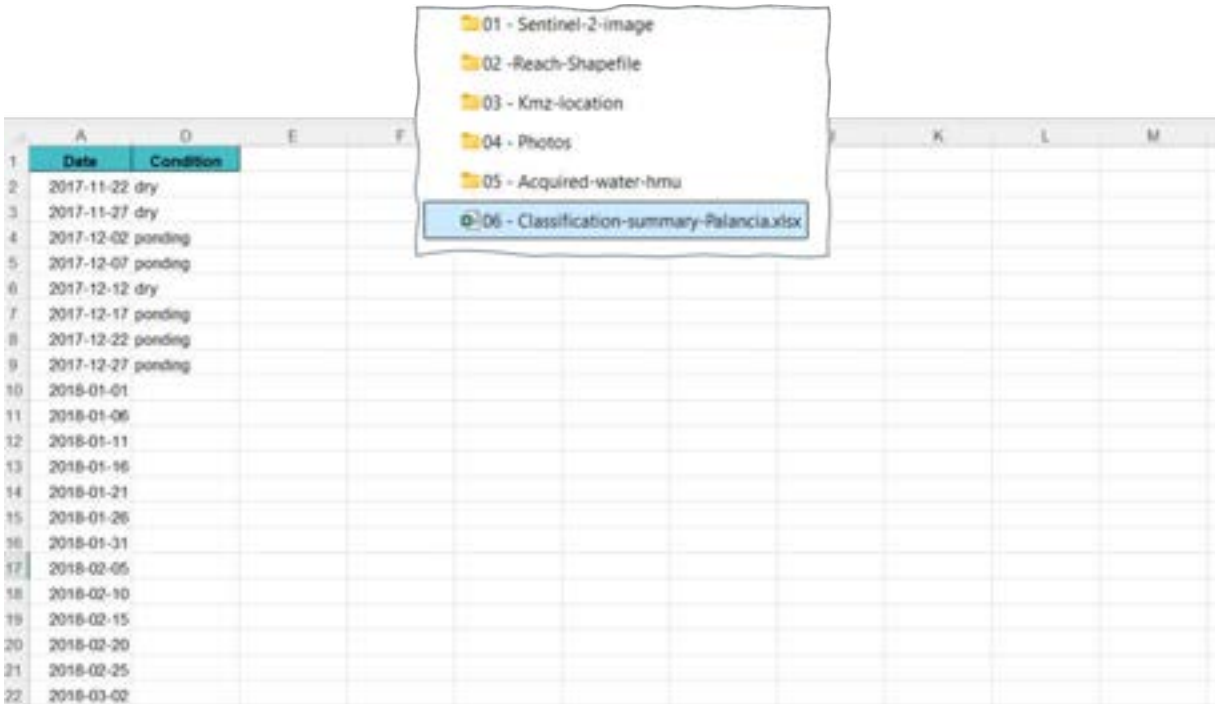
Fotos con etiquetas geográficas tomadas en diferentes fechas.

Polígonos de agua georreferenciados



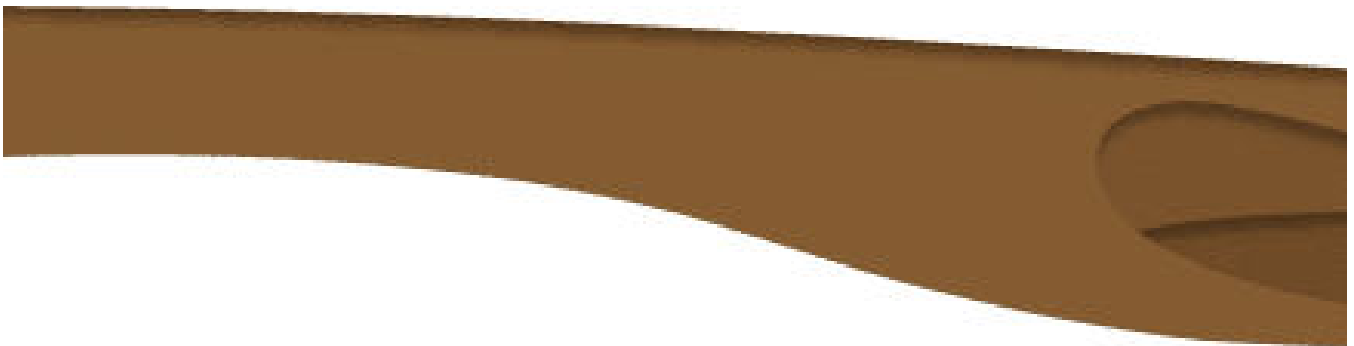
Polígonos de agua georreferenciados obtenidos durante el estudio de campo con instrumentos topográficos.

Fichero Excel



	A	D	E	F		K	L	M
1	Date	Condition						
2	2017-11-22	dry						
3	2017-11-27	dry						
4	2017-12-02	ponding						
5	2017-12-07	ponding						
6	2017-12-12	dry						
7	2017-12-17	ponding						
8	2017-12-22	ponding						
9	2017-12-27	ponding						
10	2018-01-01							
11	2018-01-06							
12	2018-01-11							
13	2018-01-16							
14	2018-01-21							
15	2018-01-26							
16	2018-01-31							
17	2018-02-05							
18	2018-02-10							
19	2018-02-15							
20	2018-02-20							
21	2018-02-25							
22	2018-03-02							

Un archivo Excel que contiene la clasificación de imágenes satelitales desde 2017 hasta 2024. Como puedes ver, falta el año 2018. Selecciona este año para realizar tu propia clasificación de imágenes satelitales.





Haz clic en el botón para descargar la carpeta zip.



Workshop_Palancia_at_Gilet_MOOC-Module7.zip

23.3 MB



CONTINUAR

Ejercicio



¡Llegó el momento de que te pongas a prueba!



Utilizando el **Clasificador de ríos temporales (TRC)**, realizarás una clasificación por satélite para el **año 2018**. Los resultados esperados del taller son:

- 1 La **serie temporal** de imágenes satelitales clasificadas para **2018**.
- 2 El número de **imágenes nubladas**.
- 3 El **tiempo efectivo de revisión (ERt)**.
- 4 La **permanencia** de cada condición hidrológica (**Mf, Mp, Md**, expresada en %).
- 5 La **definición** del hidrotipo del tramo analizado para **2018**, proporcionada por

el **gráfico ternario de hidrotipos**.



Utilizando las clasificaciones indicadas para los demás años en el archivo Excel, te animamos a realizar análisis comparativos para evaluar si la temporalidad del tramo del río Palancia varía entre 2017 y 2024, y de qué manera.

CONTINUAR

Discusión



Te pediremos que

reflexione sobre estas

preguntas:



1

Según tus imágenes satelitales clasificadas, ¿qué **condición hidrológica predominó** durante el año que analizaste? ¿Qué **factores ambientales o climáticos** podrían explicar este patrón?

2

¿Cómo se alinean los valores de permanencia (Mf, Mp, Md) con los cambios estacionales esperados? ¿Puedes identificar alguna **anomalía**? ¿Cómo la explicarías?

3

Al comparar los resultados de la clasificación de diferentes años, ¿qué **diferencias significativas** observas? ¿Podrían estas diferencias indicar **una clasificación hidrotípica clara o una tendencia** en las condiciones hidrológicas del río?

4

¿**Recomendarías** un plan de gestión anual para ríos temporales o un plan de gestión general que pueda ser válido a largo plazo? Por favor, justifica tu elección.



CONTINUAR

Referencias



Referencias bibliográficas

En el desarrollo de cualquier curso académico, las referencias bibliográficas desempeñan un papel crucial al proporcionar el apoyo teórico y práctico necesario para el material impartido.

Las referencias no solo refuerzan la credibilidad de los materiales de estudio, sino que también permiten a los estudiantes explorar los temas tratados con mayor profundidad, adquiriendo una comprensión más profunda de los conceptos clave y descubriendo nuevas perspectivas

Este conjunto de referencias ha sido cuidadosamente seleccionado para proporcionar una base sólida de conocimientos, que abarca una variedad de fuentes, incluyendo libros, artículos académicos, investigaciones recientes y recursos digitales.

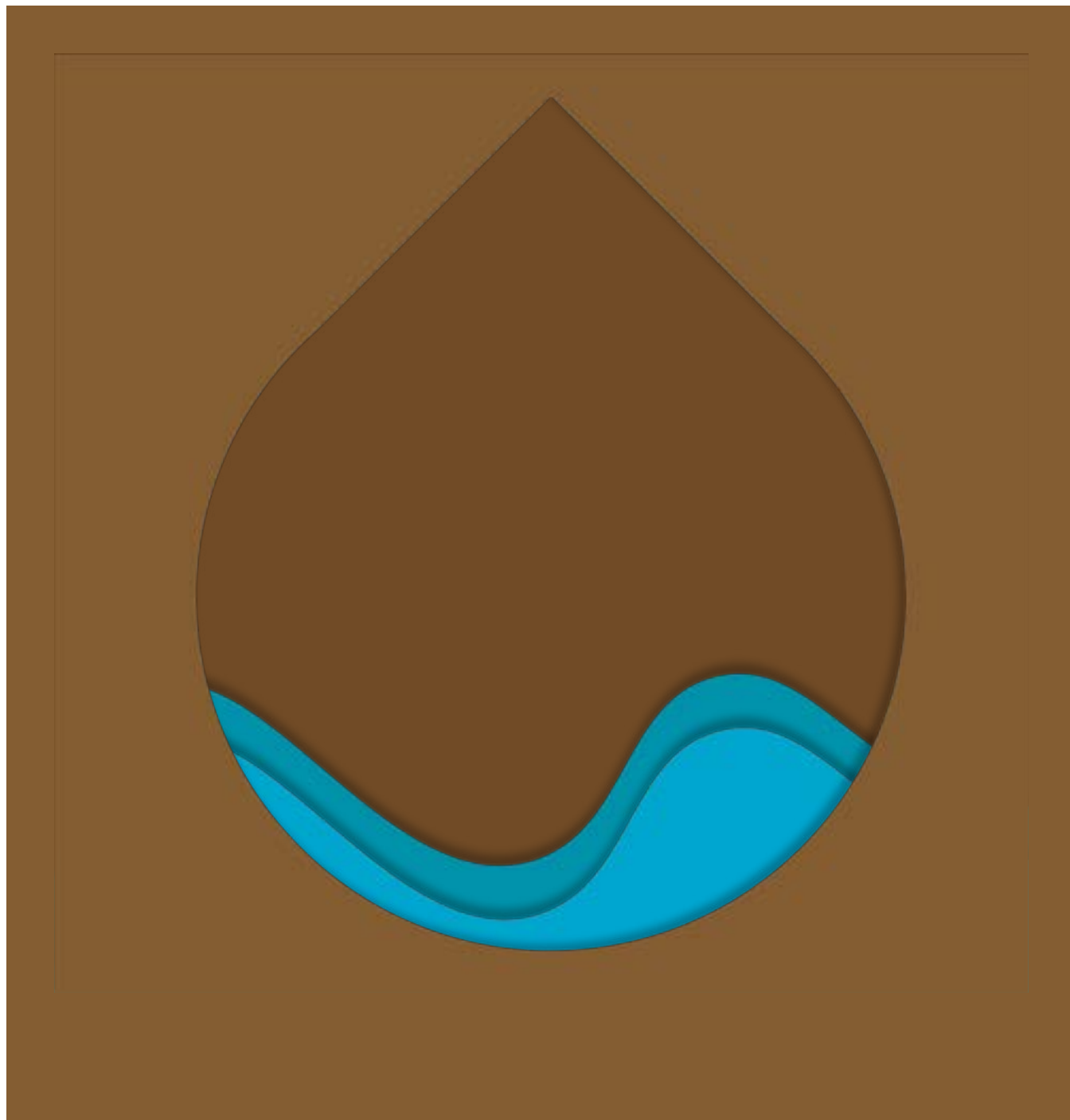
Munné, A., Bonada, N., Cid, N., Gallart, F., Solà, C., Bardina, M., ... & Prat, N. (2021). A proposal to classify and assess ecological status in Mediterranean temporary rivers: Research insights to solve management needs. *Water*, 13(6), 767.



Esperamos que estas referencias sean una herramienta valiosa para el aprendizaje y fomenten una comprensión integral y crítica de los temas tratados en este curso.

CONTINUAR

Cierre



¡Enhorabuena!

Has **completado** este módulo.

Hemos llegado al final de este curso de formación. Has adquirido los conocimientos y habilidades necesarios para identificar y clasificar los TR, ¡así que enhorabuena por tu excelente logro!

¡Puedes seguir utilizando el Clasificador de ríos temporales (TRC) por tu cuenta para describir tramos fluviales de todo el mundo!

También puedes ayudar a científicos e investigadores tomando fotos de ríos y especificando la fecha y la ubicación utilizando la aplicación [DRyVER APP](#)

Los ríos temporales necesitan más atención, y ahora tú eres uno de los que les da la importancia que merecen.

¡Bien hecho!