

R en el río: Procesando datos de geociencias en el terreno

Pedro Rau

Palabras clave: R, geociencias, hidrología, hidrometría, monitoreo

Abstract

El monitoreo del agua en un río es de gran importancia para describir sus características, tomar decisiones frente a problemáticas como el impacto del cambio climático y plantear soluciones. El trabajo en el terreno es inherente en las geociencias para la recolección y procesamiento de series de tiempo y su posterior análisis y modelación. La codificación y la ciencia de datos son herramientas claves para la automatización de este proceso, logrando unir a dos mundos que confluyen en el manejo del R en condiciones naturales de aventura y que motiva a muchos profesionales y estudiantes. Se propone una herramienta del tipo paquete llamado *fieldTRip* para calcular y visualizar el monitoreo puntual de aforos en ríos, pruebas de infiltración, derretimiento de la nieve, estimaciones en ríos secos y lagunas, usado también en talleres vivenciales y de fácil aprendizaje con usuarios no expertos.

Introducción

El uso de R en el terreno, en condiciones naturales como un río podría parecer algo fuera de lugar, sin embargo, resulta una práctica novedosa para poder unir a dos áreas a menudo separados: 1) el trabajo de campo agreste en geociencias para la recolección de datos en condiciones sin conectividad móvil e internet y; 2) la ciencia de datos y la codificación para el post procesamiento de la información. Los nuevos desafíos requieren de un trabajo en conjunto debido a la incorporación del componente social, la ciencia ciudadana y el monitoreo participativo [1], así como el desarrollo de talleres vivenciales con énfasis pedagógicos de formación. La estandarización de las prácticas de las ciencias de datos y la codificación en la investigación en geociencias a través de talleres y el establecimiento de comunidades a nivel global [2], requieren de una preparación y adaptación acorde a las condiciones geográficas. De esta forma se necesitan paquetes que faciliten la integración de disciplinas.

Metodología

El procesamiento de datos en el terreno requiere de herramientas específicas para un público experto y también de fácil comprensión para un público interesado no especialista que acompaña a las expediciones geocientíficas, tal como algunos integrantes de comunidades locales y rurales. De esta forma se logra conectar al monitoreo participativo con la población local donde se ubican los sensores y puntos de medición. Se diseñó un paquete en R denominado *fieldTRip*, el cual permite procesar y visualizar las mediciones efectuadas. Se basa en ecuaciones de la especialidad del agua y suelos, las cuales se encuentran asimiladas en las funciones de la Tabla 1. R permite la automatización a través de bucles, condicionales y funciones de ajuste estadístico, sin un límite en el número de muestras reales que se puedan obtener en el terreno o de intervalos asignados. Asimismo, la representación gráfica simple del R-base, se hace intuitiva a través de diversos tipos de gráficos tales como: barras para representar una columna de aire con la función *prwater*; líneas para representar el derretimiento de la nieve en el tiempo con la función *nival*; dispersión para representar la tasa de infiltración del agua en el suelo con las funciones *horton* y *greenampt*; así también esquemas para representar una sección transversal de río con las funciones *gauges* y *gaugeph*; un campo de velocidades del río con la función *gauges*; y una sección transversal de una laguna y sus flujos con la función *wblake*.

Resultados

El paquete *fieldTRip* ha sido testeado durante varias salidas de campo en cuencas de la costa y de los Andes peruanos desde el año 2022. Solo requiere objetos del tipo *dataframes* o desde el formato **.txt*, donde se almacenan las mediciones efectuadas con los equipos de monitoreo adecuados. La visualización del tipo R-base, permite una comprensión rápida de la variable hidrológica medida,

muchas veces luego de una medición con mucho esfuerzo y paciencia, logrando recompensarlo con una conclusión certera del fenómeno observado. De esta forma se logra comunicar rápidamente los resultados a los interesados y acompañantes de diversos perfiles técnicos y no técnicos en la expedición.

Tabla 1. Funciones implementadas en el paquete fieldTRip.

Función	Descripción	Ecuación [3]
gauges	Procesamiento del aforo o medición del caudal en un río por el método de velocidad seccional.	$Q = \sum_{j=1}^n a_j \cdot H_j \cdot v_j \cdot L_j$
gaugeph	Estimación de caudales en un río seco por el método de Manning.	$Q = L \cdot H^{5/3} \cdot S^{1/2} / n$
horton	Procesamiento de la prueba de infiltración con el equipo doble anillo con el método de Horton.	$i_{(t)} = i_f + (i_0 - i_f) \cdot e^{-\gamma \cdot t}$
greenampt	Procesamiento de la prueba de infiltración con el equipo doble anillo con el método de Green-Ampt.	$i_{(t)} = K_s \left[\frac{\phi \cdot \Delta \theta}{I_{(t)}} + 1 \right]$
prwater	Estimación de la lluvia o agua precipitable potencial teórica.	$h = \frac{1}{\rho_w \cdot g} \sum_{k=1}^n \bar{q}_k \cdot \Delta P_k$
nival	Estimación del derretimiento de una capa de nieve.	$\Delta T_s = \frac{\Delta t \cdot F_n}{c \cdot \rho_w \cdot h_{swe}}$
wblake	Balance hídrico simple en una laguna.	$In - Out = \Delta V$

Donde: Q: caudal, j: segmentos del ancho de río, a: coeficiente de velocidad seccional, H: profundidad, v: velocidad media, L: longitud del segmento o ancho, S: pendiente del tramo, n: rugosidad de Manning, t: tiempo, $i_{0,f}$: infiltración inicial y final, γ : coeficiente de decaimiento, K_s : conductividad hidráulica saturada, ϕ : tensión del suelo, $\Delta \theta$: cambio de la humedad del suelo, I : infiltración acumulada, h: agua precipitable, ρ_w : densidad del agua, g: aceleración de la gravedad, k: intervalos en una columna de aire, \bar{q} : humedad específica media, ΔP : cambio de la presión atmosférica, ΔT_s : cambio en la temperatura de la nieve, F_n : flujo neto de energía, c: capacidad calorífica del hielo, h_{swe} : equivalente en agua de nieve, In-Out: flujos entrantes y salientes, ΔV : cambio en el volumen de agua.

El procesamiento de los datos durante talleres en sectores rurales y urbanos, permitieron validar el trabajo posterior a las actividades de campo. Por otro lado, su empleo en clases en centros de estudio y de capacitación permitieron motivar el encuentro de dos especialidades como las geociencias en el terreno y la codificación en ciencia de datos. El paquete se puede instalar desde el siguiente enlace: <https://github.com/hydrocodes/fieldTRip>

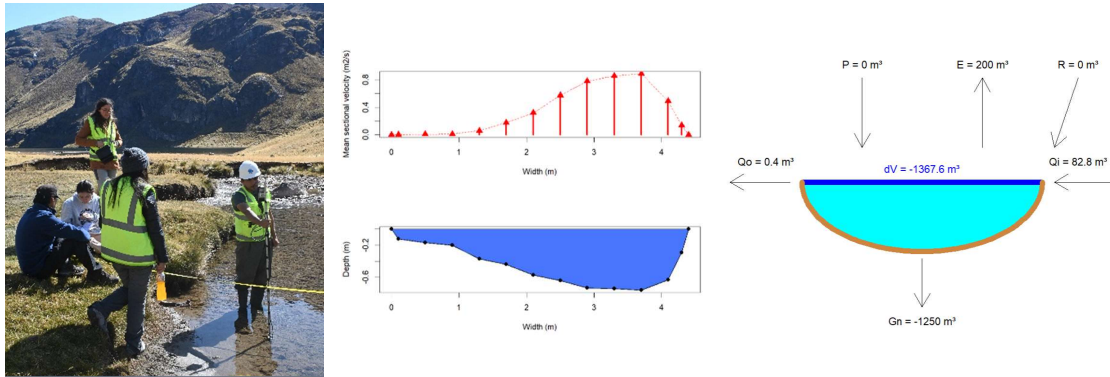


Figura 1. Aforo de un río (izquierda); salidas de sección transversal de río y campo de velocidades con la función *gauges* (centro); sección de laguna y flujos con la función *wblake* (derecha).

Referencias

- [1] Oshun J, Keating K, Lang M, Miraya Oscco Y. 2021. Interdisciplinary Water Development in the Peruvian Highlands: The Case for Including the Coproduction of Knowledge in Socio-Hydrology. *Hydrology*. 8(3):112.
- [2] Wilson G. 2006. Software carpentry: getting scientists to write better code by making them more productive. *Computing in Science Engineering* 8(6):66–69.
- [3] Maidment D.R. 1993. *Handbook of Hydrology*. McGraw Hill. USA.