

# **Mapeo de Erosión del Suelo a Nivel Nacional empleando la Metodología de RUSLE y rgee**

Antony Barja  
Revizado por: Ing.Carlos Carbajal  
Afilación: INIA-LABSAF

2023-08-02

# Tabla de contenidos

<b>!Bienvenid@s!</b>	<b>4</b>
<b>1 Aspectos generales e instalación de software</b>	<b>5</b>
1.1 ¿Qué es R?	5
1.2 ¿Qué es Rtools?	6
1.3 ¿Qué es Rstudio?	6
1.4 Instalación de R, Rtools y Rstudio	7
1.5 ¿Cuál es el concepto de un paquete en R?	7
1.6 Instalación de paquetes en R	7
<b>2 Registro de usuario en la plataforma de Google Earth Engine</b>	<b>10</b>
2.1 Registro de GMAIL	10
2.2 Confirmación de Earth Engine	10
2.3 Creación de un proyecto Cloud	11
2.4 Habilitación de la API de Google Earth Engine en su cuenta personal	11
2.5 Configuración de GCloudCLI	11
2.6 Registro de credenciales	12
2.7 Configuración de rgee	12
2.8 Hola mundo en rgee	12
<b>3 ¿Qué es RUSLE?</b>	<b>13</b>
3.1 Definición de parámetros	13
3.1.1 Factor R	13
3.1.2 Factor K	14
3.1.3 Factor LS	14
3.1.4 Factor C	15
3.1.5 Factor P	15
<b>4 RUSLE con rgee</b>	<b>16</b>
4.1 Factor K	16
<b>5 Resultados</b>	<b>18</b>
<b>6 Graficos comparativos</b>	<b>19</b>
<b>7 Mapas</b>	<b>20</b>

<b>8 Animación</b>	<b>21</b>
<b>Referencias</b>	<b>22</b>

# !Bienvenid@s!

Este manual lleva por título “*Mapeo de Erosión del Suelo a Nivel Nacional empleando la Metodología RUSLE y rgee*”. **El objetivo, de esta guía dar a conocer a los usuarios y nuevos usuarios un flujo de trabajo reproducible y replicable para cualquier área de estudio que desea estimar y analizar los patrones espaciales y temporales de la erosión de suelo.**

Bajo el conexto de la ciencia datos y el apogeo de la minería de datos (**big data** o **data mining**), esta guía dará a conocer el fácil acceso y procesamientos automatico de datos geográficos (**geocomputación o geografía computacional**) que permitan su manipulación para el cálculo de la erosión del suelo sin tener la necesidad de contar con elevadas capacidades computacionales.

Finalmente, para poder reproducir y replicar satisfactoriamente este manual se debe tener cierto acercamiento a cualquier lenguaje de programación orientado a objetos (**R,python, JavaScript, etc**), asimismo se dará ciertas requerimientos que deberá presentar tu laptop o pc para la instalación de software con el fin de cumplir los objetivos mostrados inicialmente, es necesario recalcar que todo los procesos que se darán a conocer en los próximos capítulos serán desarrollado sólo bajo el lenguaje de programación de **R**.

# 1 Aspectos generales e instalación de software

En esta sección se mostrarán los conceptos básicos del software R, Rtools y Rstudio como también la definición de los paquetes que se utilizarán en el flujo de trabajo.

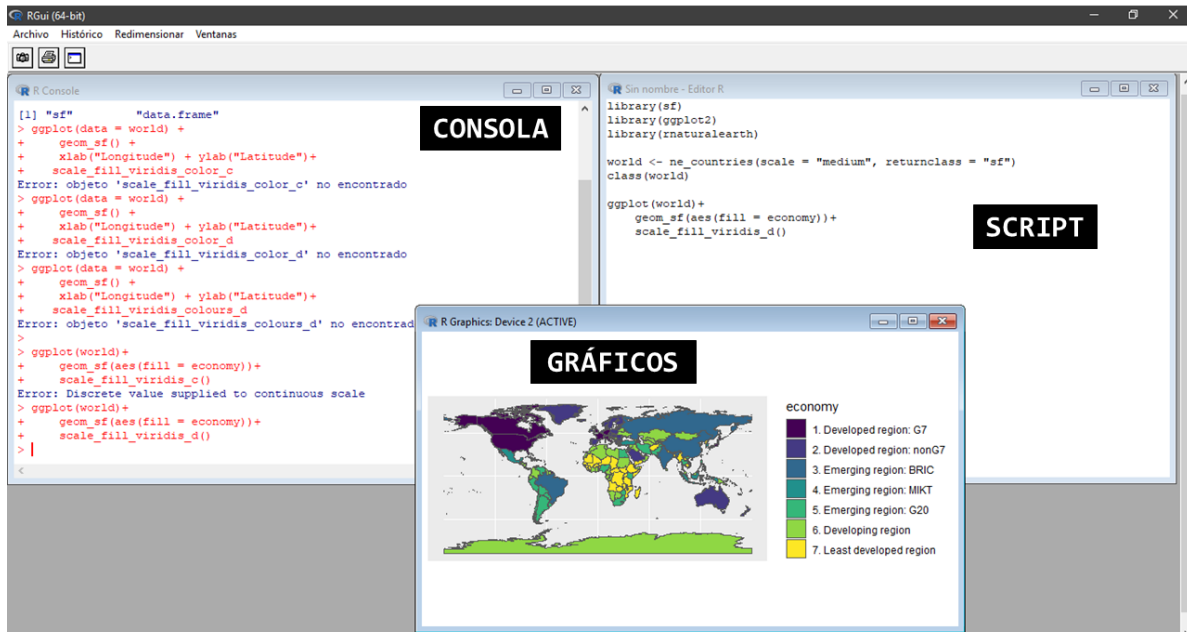
## **Atención:**

Para poder replicar y reproducir este manual sin ningún problema es necesario tener como mínimo las siguientes características computacionales:

- Memoria RAM : 4-8 GB
- Capacidad de almacenamiento: 255GB
- Procesador como mínimo: i7 con CPU de 2.40 GHz

## 1.1 ¿Qué es R?

Es un lenguaje de programación interpretado de código abierto multi-plataforma que permite hacer diferentes tipos de análisis estadísticos, desde importar datos, ordenarlos, modelar y visualizar mediante gráficos de alta calidad, e incluir en informes académicos de manera científica (**Hadley Wickham y Garrett Grolemund, 2017**).



### Características:

- Es un software libre y de código abierto.
- Corre en multiples sistemas operativos (GNU/Linux, MacOSX y Windows).
- Posee una variedad de paquetes para temas específicos.
- Comunidad científica muy dinámica.

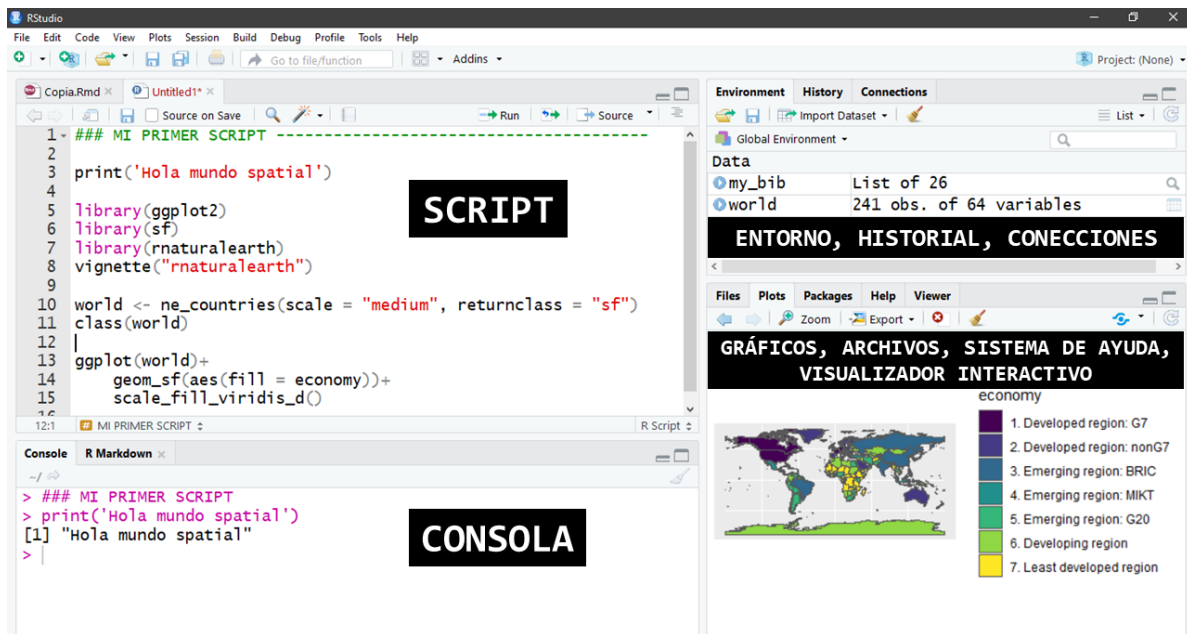
## 1.2 ¿Qué es Rtools?

Es una colección de herramientas necesarias en R para compilar y construir paquetes desde el código fuente en solo los sistemas operativos de **Windows**, si no se tiene instalado, no se podrían instalar ni utilizar muchos paquetes que requieren está compilación basadas en C o C++.

## 1.3 ¿Qué es Rstudio?

Es un entorno de desarrollo integrado (IDE) para R. Incluye una consola, un editor de código, una consola, un gestor para la administración del espacio de trabajo, entre otros.

CONCLUSIÓN: “RSTUDIO ES EL ROSTRO BONITO DE R”



## 1.4 Instalación de R, Rtools y Rstudio

<https://www.youtube.com/embed/h2IPWVXaUuU>

## 1.5 ¿Cuál es el concepto de un paquete en R?

Un paquete en R es una colección organizada de funciones, datos y documentación que se agrupa para resolver un conjunto particular de problemas (**Hadley Wickham, 2021**).

Estos son los paquetes que se utilizará durante todo flujo de trabajo

## 1.6 Instalación de paquetes en R

Una vez instalada los software de R y Rstudio procederemos a instalar y configurar todos los paquetes mencionados en la sección de **requerimientos**.

Este proceso solo se realizar una única vez, cuando ya tienes instalado y configurado todos los paquetes solo es necesario activarlos en tu sistema.

```
# Lista de paquetes a instalar
pkgs <- c("tidyverse", "tidyterra", "remotes", "tmap", "gifski", "cloudml", "sf")
# install.packages(pkgs = pkgs, dependencies = TRUE)
# Se recomienda instalar la versión de GitHub de rgee
```

Para verificar que todo los paquetes fueron instalados, corremos el siguiente script:

```
# Verificar la instalación de los paquetes
for (pkg in pkgs) {
  if (!requireNamespace(pkg, quietly = TRUE)) {
    message(paste("El paquete", pkg, "no está instalado."))
  } else {
    message(paste("El paquete", pkg, "está instalado y cargado correctamente."))
  }
}
```

El paquete tidyverse está instalado y cargado correctamente.  
 El paquete tidyterra está instalado y cargado correctamente.  
 El paquete remotes está instalado y cargado correctamente.  
 El paquete tmap está instalado y cargado correctamente.  
 El paquete gifski está instalado y cargado correctamente.  
 El paquete cloudml está instalado y cargado correctamente.  
 El paquete sf está instalado y cargado correctamente

El paquete de **rgee** actualmente presenta algunos inconvenientes con la versión de CRAN, especialmente para los sistemas operativos de **Windows**, se recomienda instalar la versión de desarrollo la cual está alojada en GitHub. Para su correcta instalación se recomienda seguir cualquiera de las siguientes alternativas mostradas

Forma explícita

Forma implícita

```
library(remotes)
install_github('r-spatial/rgee')

# install.packages('remotes')
remotes::install_github('r-spatial/rgee')

remotes::install_github("r-earthengine/rgeeExtra")
```



```
Skipping install of 'rgeeExtra' from a github remote, the SHA1 (887d78ac) has not changed since 2019-05-20 11:02:03 (9 days)  
Use `force = TRUE` to force installation
```

## 2 Registro de usuario en la plataforma de Google Earth Engine

### 2.1 Registro de GMAIL

Para poder acceder a todos los beneficios que nos ofrece la plataforma de Earth Engine es necesario contar con una cuenta de GMAIL activo.

Para registrarnos nos dirigimos a : <https://code.earthengine.google.com/register>

Earth Engine te ofrece dos alternativas para poder registrarte:

- **Usuario comercial:** Desarrollo de productos comerciales, monetization de servicios, etc.
- **Usuario no comercial:** Investigación, docencia, etc.

Para nuestro interés procedemos a elegir la segunda opción.

Este nos llevará a una nueva pantalla en donde nos solicitará llenar nuestros datos personales y algunas preguntas adicionales como la afiliación y cuales son las intenciones de usar Earth Engine.

Finalizado el registro Earth Engine, solo nos queda esperar el correo de confirmación para poder acceder sin ninguna restricción a la plataforma. Es necesario tener en cuenta que la habilitación puede tomar un lapso de tiempo, hoy en día es casi de forma automática, pero esto podría tomar en algunos casos entre 1 a 2 días.

### 2.2 Confirmación de Earth Engine

Con este correo de bienvenida de Earth Engine, podemos estar al 100% seguro de tener acceso a :

- Earth Engine Code Editor
- Earth Engine Developer Docs
- Earth Engine Explore

## 2.3 Creación de un proyecto Cloud

Para poder usar Google Earth Engine es necesario crear un proyecto en Google Cloud Platform (GCP), esto es relativamente fácil y requiere que inicie sesión en la consola [GCS](#), haga clic en el menú desplegable de proyectos y haga clic en “Nuevo proyecto”. El proyecto se crea en unos segundos.

[https://gitlab.com/uploads/-/system/personal\\_snippet/3599361/11bb570a8164a2714d8d3bae314728f4/creacion-proyecto.mp4](https://gitlab.com/uploads/-/system/personal_snippet/3599361/11bb570a8164a2714d8d3bae314728f4/creacion-proyecto.mp4)

## 2.4 Habilitación de la API de Google Earth Engine en su cuenta personal

Para asegurarse de que su proyecto Google Cloud recién creado es compatible con GEE, deberá habilitar la API de Earth Engine. Para hacer esto, navegue a la sección **API y Servicios** en su cuenta de Google Cloud y haga clic en **API y servicios habilitados**. A partir de ahí, haga clic en “**Habilitar API**” y busque **Earth Engine**. Una vez que lo haya localizado, habilite la API, tenga en cuenta que los cambios pueden tardar unos minutos en propagarse.

[https://gitlab.com/uploads/-/system/personal\\_snippet/3599361/87a78f2a8ec23e5dd48b19d9a9c1c3f2/activacion\\_api.mp4](https://gitlab.com/uploads/-/system/personal_snippet/3599361/87a78f2a8ec23e5dd48b19d9a9c1c3f2/activacion_api.mp4)

### Observación:

La vinculación de GMAIL hasta el correo de configuración por parte de Earth Engine, es la base fundamental para posteriormente trabajar en cualquier lenguaje de programación que consume la API de Earth Engine (R, python, Js, Julia).

## 2.5 Configuración de GCloudCLI

Para poder vincular Google Earth Engine con R, es necesario contar con la instalación de GCloud CLI, para instalar este software desde R solo necesitamos cargar la librería `cloudml` y utilizar el siguiente comando `gcloud_install()`.

```
# Activación o llamado de los paquetes instalados
library(cloudml)
# Instalación de GCloud CLI
gcloud_install()
```

## 2.6 Registro de credenciales

[https://gitlab.com/uploads/-/system/personal\\_snippet/3599361/7664d0d156cda198591e3f30c30a2ab9/cligcloud.mp4](https://gitlab.com/uploads/-/system/personal_snippet/3599361/7664d0d156cda198591e3f30c30a2ab9/cligcloud.mp4)

Antes de emplear `rgee` es necesario crear una carpeta raíz en el mismo editor de google earth engine.

## 2.7 Configuración de rgee

```
library(rgee)
ee_initialize(user = "barja.geografo@gmail.com", drive = TRUE)

-- rgee 1.1.6.9999 ----- earthengine-api 0.1.369 --
v user: barja.geografo@gmail.com
v Google Drive credentials:
v Google Drive credentials: FOUND
v Initializing Google Earth Engine:
v Initializing Google Earth Engine: DONE!

v Earth Engine account: users/labsaf
-----
```

## 2.8 Hola mundo en rgee

```
ee$String('Hola mundo espacial ')$getInfo()

[1] "Hola mundo espacial "
```

## 3 ¿Qué es RUSLE?

Metodología desarrollada por Renard et al (1991) que permite estimar la pérdida media anual de suelo en función a un modelo matemático.

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \quad (3.1)$$

Donde los cinco parámetros de entrada están relacionados con la precipitación, las características del suelo, la topografía, el manejo de la cubierta y los cultivos y las prácticas de conservación.

### 3.1 Definición de parámetros

#### 3.1.1 Factor R

Es el factor de erosividad de esorrentía de lluvia ( $MJ \cdot mm \cdot ha^{-1} \cdot h^{-1} \cdot Año^{-1}$ ), índice numérico que expresa la capacidad de la lluvia para erosionar el suelo. Para su cálculo existen diferentes modelos; sin embargo para este manual se consideró usar la formula de Wischmeier y Smith (1978) presentada el paper de Zubairul Isla la cual la base de referencia.

$$R = 1.73 \times 10^{(1.5 \times \log(Pm^2/Pa) - 0.08188)} \quad (3.2)$$

Donde:

- R es la erosividad de lluvia en  $(MJ \text{ en } mm)/(ha^{-1}h^{-1}ao^{-1})$  (mega julios por milímetro por hectárea por hora por año)
- Pm es la precipitación mensual
- Pa es la precipitación en un año

### 3.1.2 Factor K

Es el factor de erodibilidad del suelo ( $Mg \cdot h \cdot MJ^{-1} \cdot mm^{-1}$ ), una descripción numérica de la susceptibilidad de las partículas del suelo a la erosión hídrica. Estos valores van de 0 a 1, donde 0 es menos susceptible y 1 es altamente susceptible a la erosión hídrica.

Para su cálculo se tomo como referencia la formula de Sharpley and Williams (1990).

$$K = [0.2 + 0.3 \times \exp(-0.0256 \times SAN \times (1 - \frac{SIL}{100}))] \times [1 - \frac{0.25 \times CLA}{CLA + \exp(3.72 - 2.95 \times CLA)}] \quad (3.3)$$

Donde:

- SAN: Porcentaje de arena
- SIL: Porcentaje de limo
- CLA: Porcentaje de arcilla
- SN:  $1 - SAN/100$

### 3.1.3 Factor LS

Es el factor de longitud de pendiente (L) y el factor de inclinación (S), ambas variables combinadas expresan el efecto de la topografía local sobre la tasa de erosión del suelo. Para su cálculo se tomo en cuenta la formula establecida por Moore (1985).

$$LS = (0.4 + 1) \times (Flowacc \times CellSize / 22.13)^{0.4} \times (\sin(\theta) / 0.0896)^{1.3} \quad (3.4)$$

Donde:

- Flowacc : Acumulación de flujo
- CellSize: Tamaño de pixel
- $\theta$  : Mapa de pendientes en grados

### 3.1.4 Factor C

Determina la eficacia relativa de los sistemas de manejo del suelo y de los cultivos en terminos de prevencion o reduccion de la perdida de suelo. Los valores oscila entre 0, para una superficie no erosible, y 1, parcela desnuda (sin vegetación). Por temas prácticos muchos autores adoptan enfoques simplificados: por ejemplo, utilizar el mapas de cobertura del suelo y asignando un factor C a cada clase, o por ultima emplear los valores de NDVI y las condiciones climáticas.

Para su cálculo se tomo como referencia la formula de Almagro et al (2019).

$$C = 0.1 \times \left( \frac{-NDVI + 1}{2} \right) \quad (3.5)$$

Donde:

- Flowacc : Acumulación de flujo
- CellSize: Tamaño de pixel
- $\theta$  : Mapa de pendientes en grados

### 3.1.5 Factor P

Recoge la influencia que tienen las prácticas de conservación de suelos sobre las tasas de erosión, en otras palabras el factor P tiene como objetivo reducir la escorrentía del agua y, en consecuencia, la pérdida de suelo.

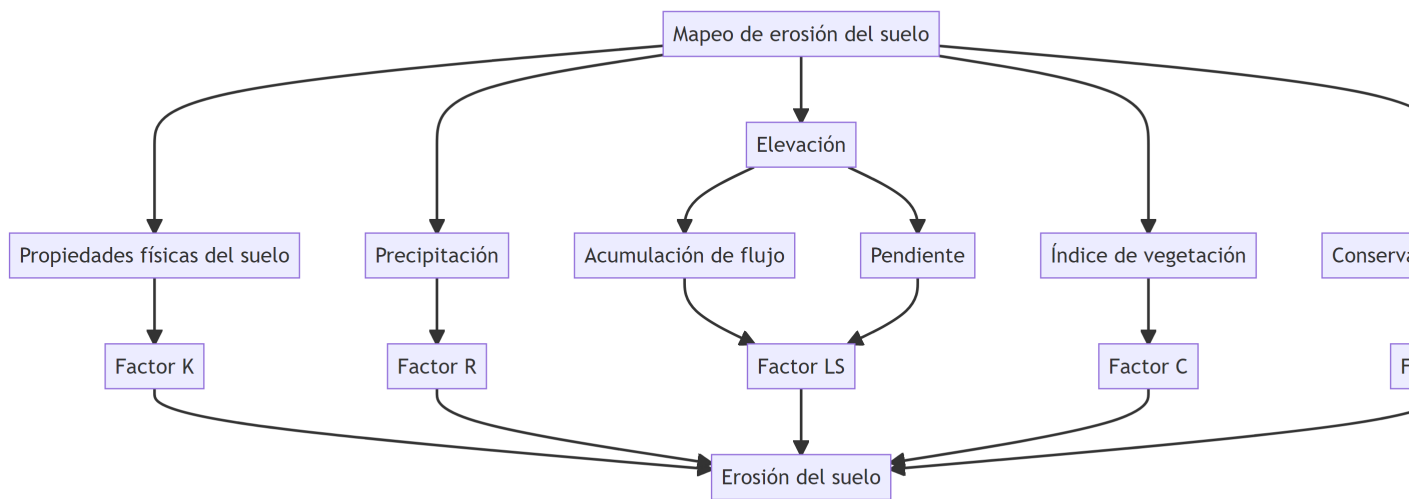
Para su cálculo se tomo en consideración la tabla de valores propuestos por , donde se establece lo siguiente:

Clasificación de Usos de Suelo	P
Bosque	0.8
Tierras de cultivo	0.5
Construcción	1.0
Vegetación esparcida	1.0
Cuerpos de agua	1.0
Matorral	1.0
Humedales	1.0

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2023.1136243/full>

## 4 RUSLE con rgee

En el siguiente diagrama se muestra el flujo de trabajo para realizar el cálculo del mapa de erosión.



### 4.1 Factor K

```
library(sf)
library(tidyverse)
library(nngeo)
ee_initialize(user = "geografo.pe@gmail.com")
```



```

peru_ee <- map_EP |>
  st_as_sf() |>
  summarise() |>
  st_remove_hole |>
  sf_as_ee() |>
  Map$addLayer()

# Factor K
# Par<- el cálculo del factor K se tomo encuentra el dataset actualizado de soilgrid v2.0
clay <- ee$Image("projects/soilgrids-isric/clay_mean")$multiply(10)
sand <- ee$Image("projects/soilgrids-isric/sand_mean")$multiply(10)
silt <- ee$Image("projects/soilgrids-isric/silt_mean")$multiply(10)

```

## 5 Resultados

## **6 Graficos comparativos**

## 7 Mapas

## **8 Animación**

## Referencias