

TALLER

Cuantificación de volumen captable en diques o cosechadoras de agua de temporal usando R

Miguel Armando López Beltrán
Miguel.armandolb@uas.edu.mx

Universidad Autónoma de Sinaloa
Facultad de Ciencias de la Tierra y el Espacio

Culiacán, Sin. 22 de Mayo de 2024



Objetivo

Proporcionar a los estudiantes las habilidades necesarias para generar un script en el lenguaje de programación en R y aplicarlo específicamente en el análisis y cuantificación del volumen de agua que puede ser almacenado en una cosechadora de agua.

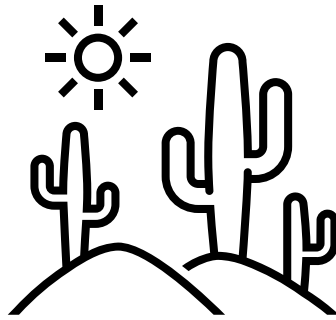
Contenido temático

- 1. Cosechadora de agua.**
 - Definición.
 - Tipos de cosechadoras de agua.
 - Importancia de almacenamiento de agua.
- 2. Lenguaje R.**
 - Introducción al lenguaje R.
- 3. Interpolación: Modelo digital de elevación (MDE).**
 - Interpolación de distancia inversa ponderada.
 - Técnicas de validación.
- 4. Cuantificación de volumen de agua utilizando MDE.**
 - Script en R.





Introducción



- Sequedad.
- Desiertos.
- Ausencia de agua.
- Humedad relativa baja.
- Poca vegetación o vegetación espinosa.
- **IMPRODUCTIVIDAD.**
- Etc.

Ausencia o escasa
presencia de agua o
humedad en el aire.

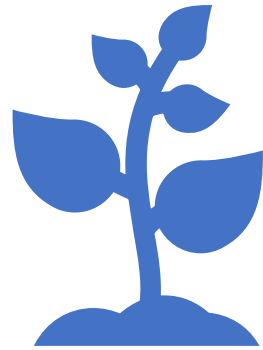


Cosechadoras de agua

- Tecnología o técnica que consiste en el almacenamiento y aprovechamiento del agua de lluvia con el propósito de ser utilizada en actividades agropecuarias o para el hogar en zonas rurales (FAO, 2013).



¿Por qué usar cosechadoras de agua en parcela de temporal?



Dado que el agua que requieren los cultivos es escasa en el suelo para cubrir su ciclo vegetativo, se requiere aportarla de manera artificial.



La fuente de agua es propiciada por las precipitaciones, al disponer de una fuente hídrica almacenada para la producción agrícola, convierte estas parcelas en productivas y no dependiente al tiempo climático para la disponibilidad de agua.



Proceso

Macrocaptación

Técnica que consiste en captar agua de lluvia en forma de escorrentía que genera un volumen considerable de agua hacia el área del cultivo (FAO, 2013).

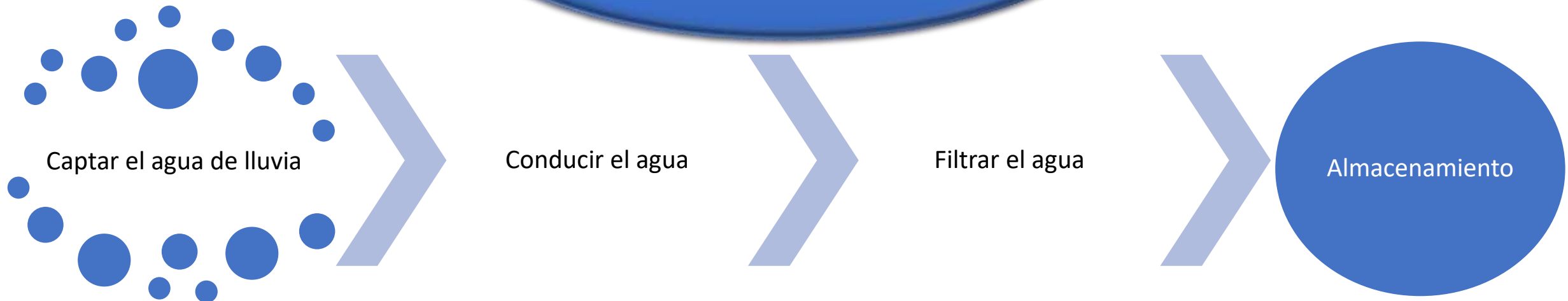


Figura. Componentes del proceso de captación. Torres Hugues (2019).

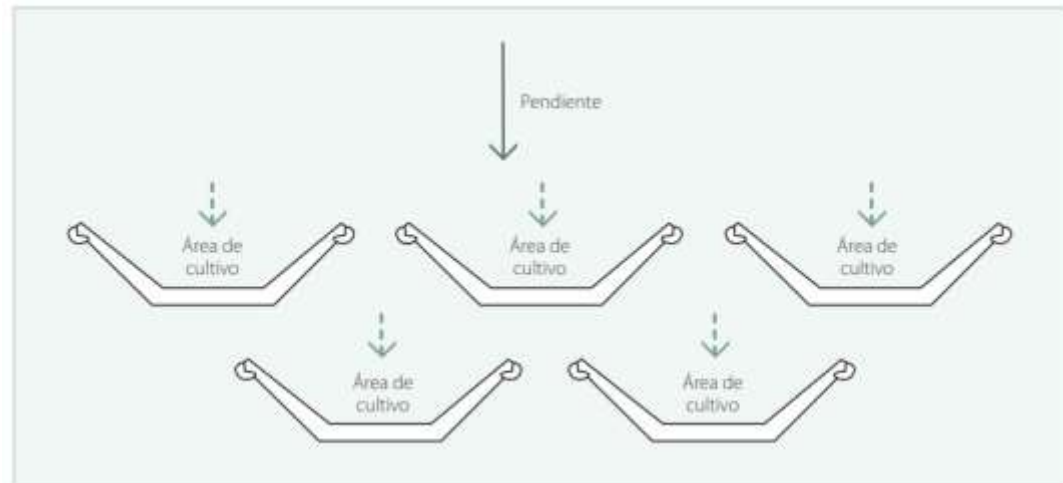
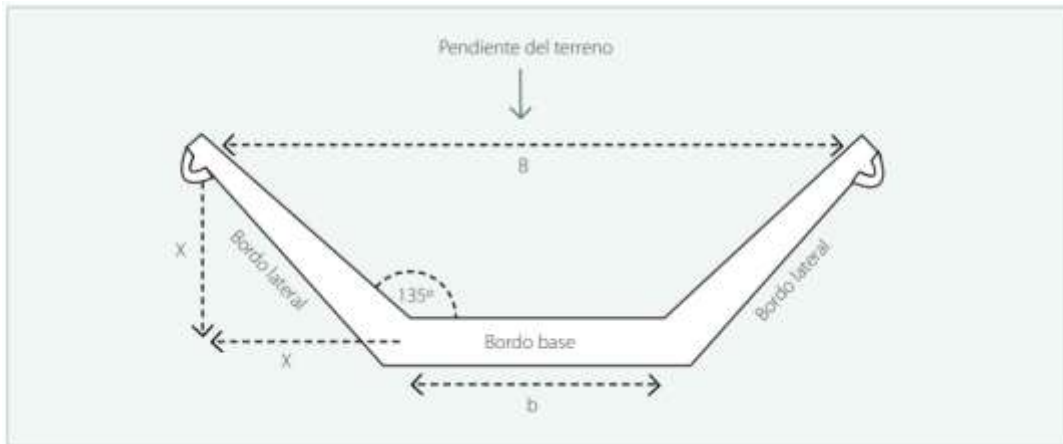
Ventajas del sistema

- Disponibilidad de agua en épocas de sequías.
- Conservación de humedad en el suelo.
- Reduce el escurrimiento y la erosión.
- Disponibilidad de agua a la producción agropecuaria.

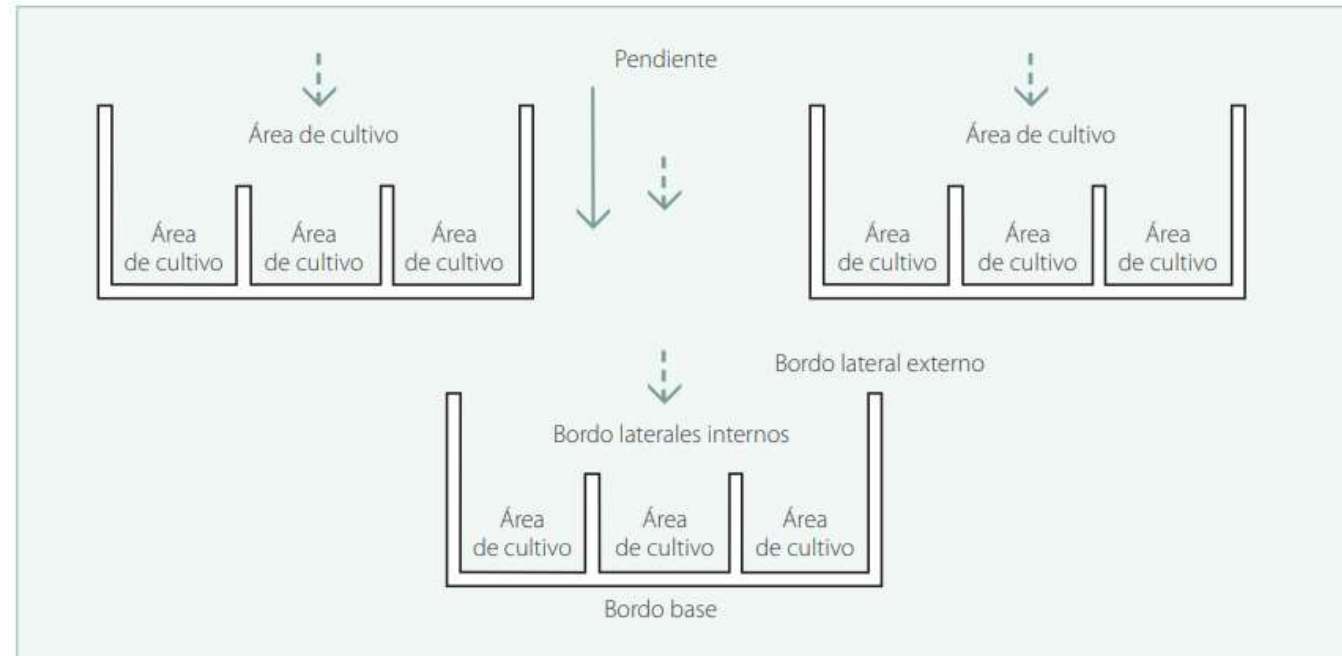


Tipos de sistemas

Macrocaptación en bordos trapezoidales



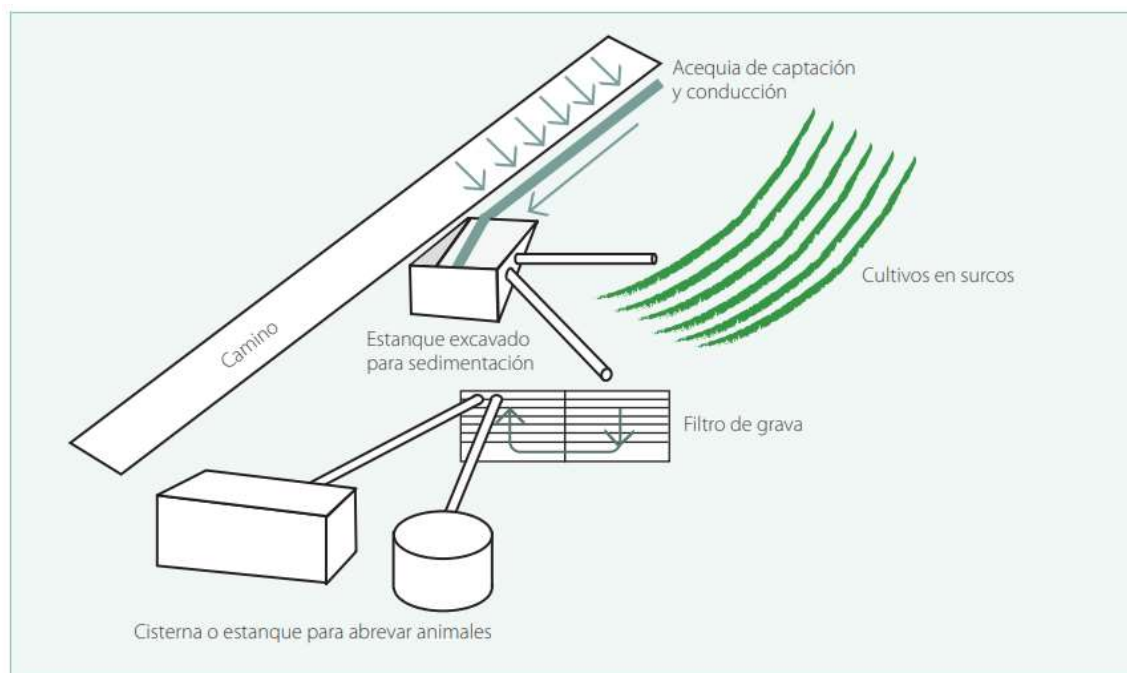
Macrocaptación en bordos rectangulares



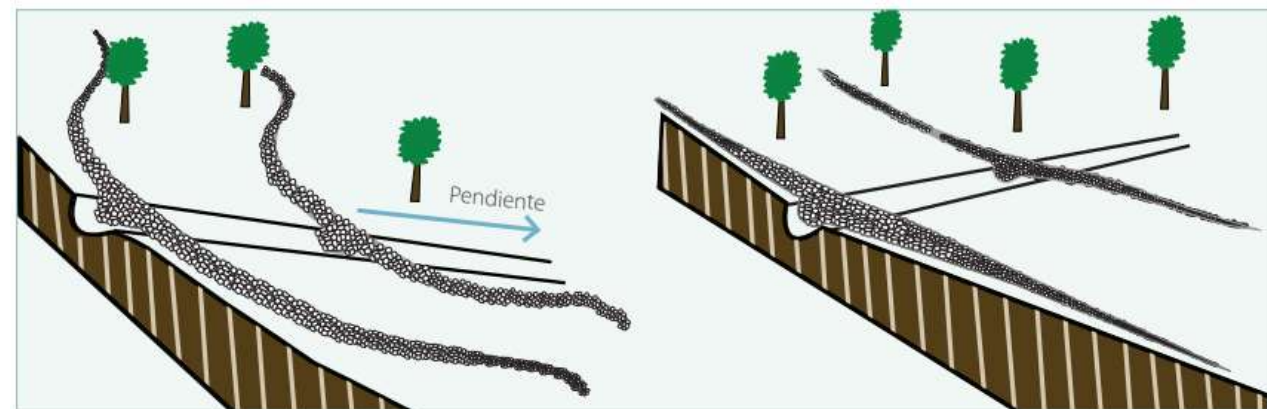


Tipos de sistemas

Desviación de escorrentía en caminos y carreteras



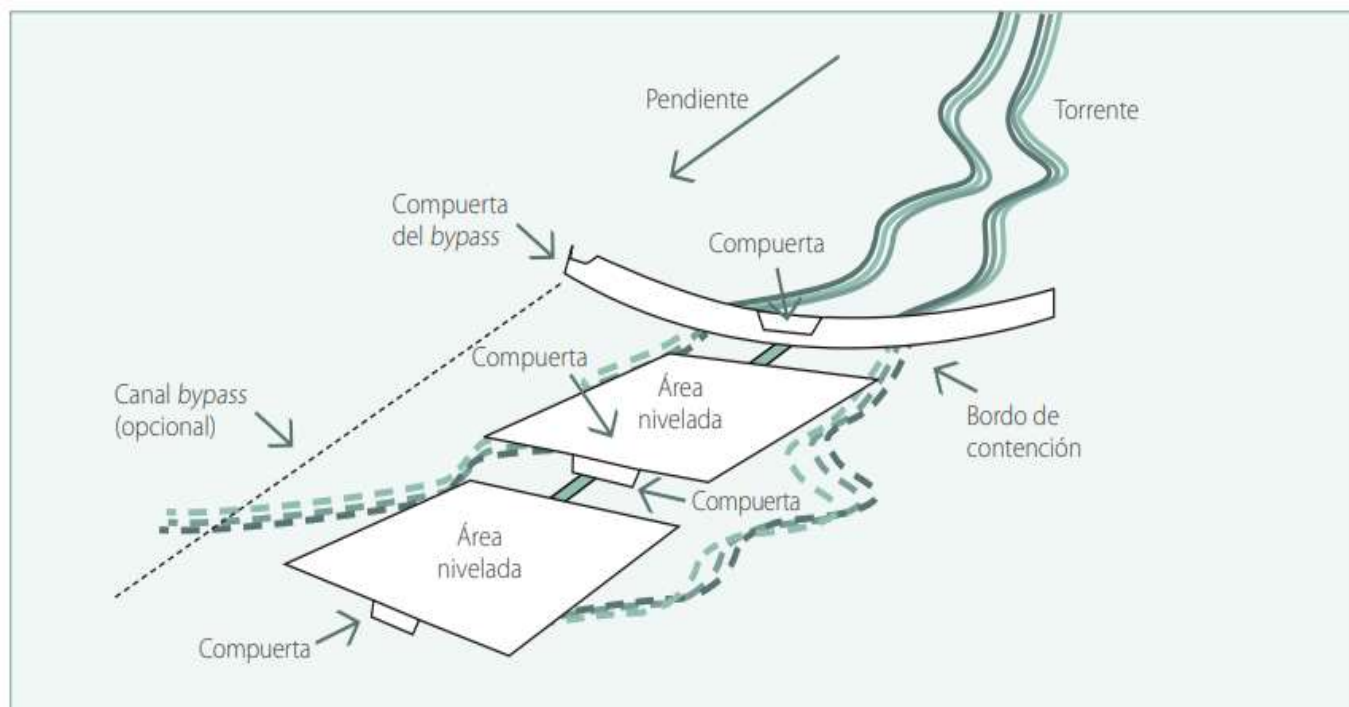
Bordos permeables de piedra en contorno



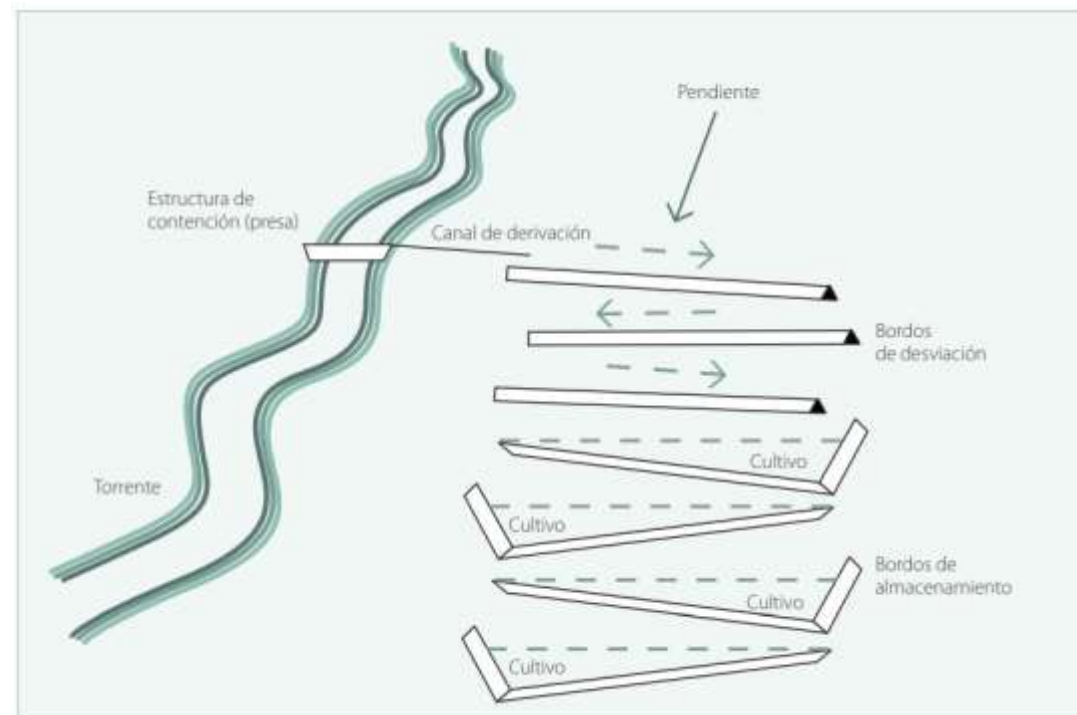


Tipos de sistemas

Desviación de escorrentía en áreas niveladas

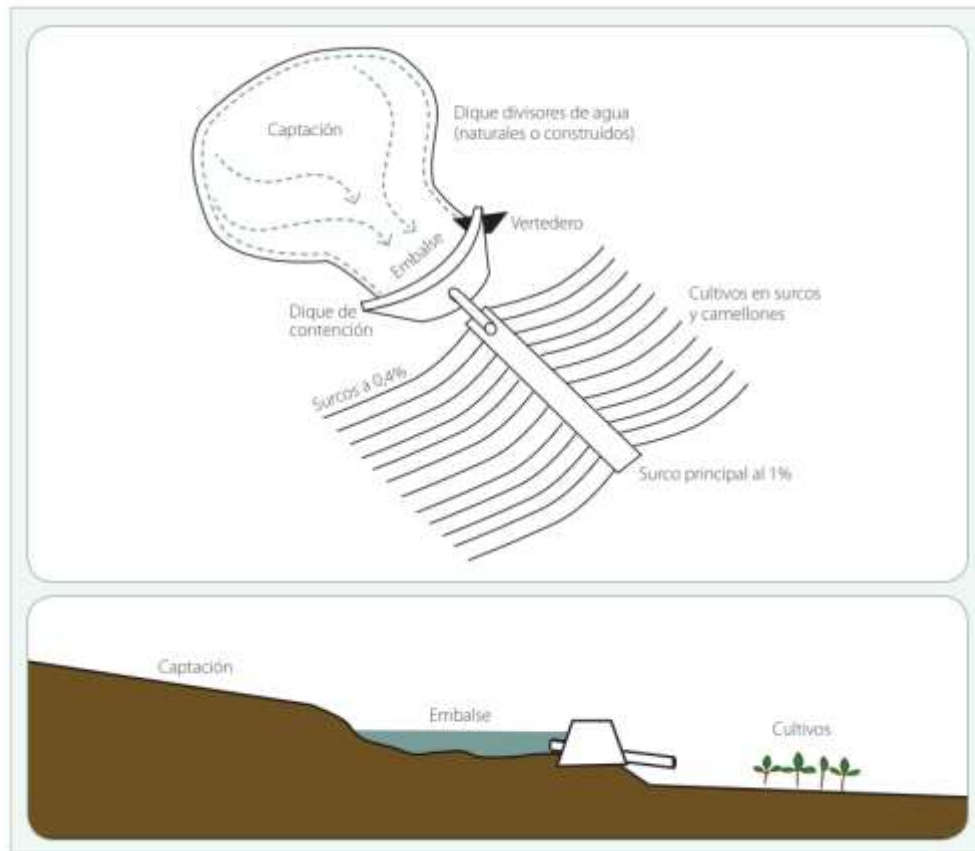


Derivación de escorrentía en bordos interceptores



Tipos de sistemas

Captación de cuenca y embalse superficial para riego



Área de estudio



Red de distribución de agua



Lenguaje R

- El lenguaje R es un software libre multiplataforma para la estadística computacional y gráficas.
- Dispone de una gran gamma de metodologías para diversos análisis.
- Al ser un software libre posee una gran comunidad de usuarios los cuales participan en análisis y desarrollo de paquetes para otros usuarios puedan utilizar.



Instalación y configuración de R

- Lenguaje R: <https://cran.r-project.org/bin/windows/base/>

R-4.4.0 for Windows

Download R-4.4.0 for Windows (82 megabytes, 64 bit)

[README on the Windows binary distribution](#)
[New features in this version](#)

This build requires UCRT, which is part of Windows since Windows 10 and Windows Server 2016. On older systems, UCRT has to be installed manually from [here](#).

If you want to double-check that the package you have downloaded matches the package distributed by CRAN, you can compare the [md5sum](#) of the .exe to the [fingerprint](#) on the master server.

Frequently asked questions

[Does R run under my version of Windows?](#)
[How do I update packages in my previous version of R?](#)
Please see the [R FAQ](#) for general information about R and the [R Windows FAQ](#) for Windows-specific information.

Other builds

Patches to this release are incorporated in the [r-patched snapshot build](#).
A build of the development version (which will eventually become the next major release of R) is available in the [r-devel snapshot build](#).
[Previous releases](#)

Note to webmasters: A stable link which will redirect to the current Windows binary release is
[<CRAN MIRROR>/bin/windows/base/release.html](https://CRAN.MIRROR/bin/windows/base/release.html).

Last change: 2024-04-24



Instalación y configuración de R

- Lenguaje R: <https://cran.r-project.org/bin/windows/base/>

R-4.4.0 for Windows

Download R-4.4.0 for Windows (82 megabytes, 64 bit)

[README on the Windows binary distribution](#)
[New features in this version](#)

This build requires UCRT, which is part of Windows since Windows 10 and Windows Server 2016. On older systems, UCRT has to be installed manually from [here](#).

If you want to double-check that the package you have downloaded matches the package distributed by CRAN, you can compare the [md5sum](#) of the .exe to the [fingerprint](#) on the master server.

Frequently asked questions

Does R run under my version of Windows?
How do I update packages in my previous version of R?
Please see the [R FAQ](#) for general information about R and the [R Windows FAQ](#) for Windows-specific information.

Other builds

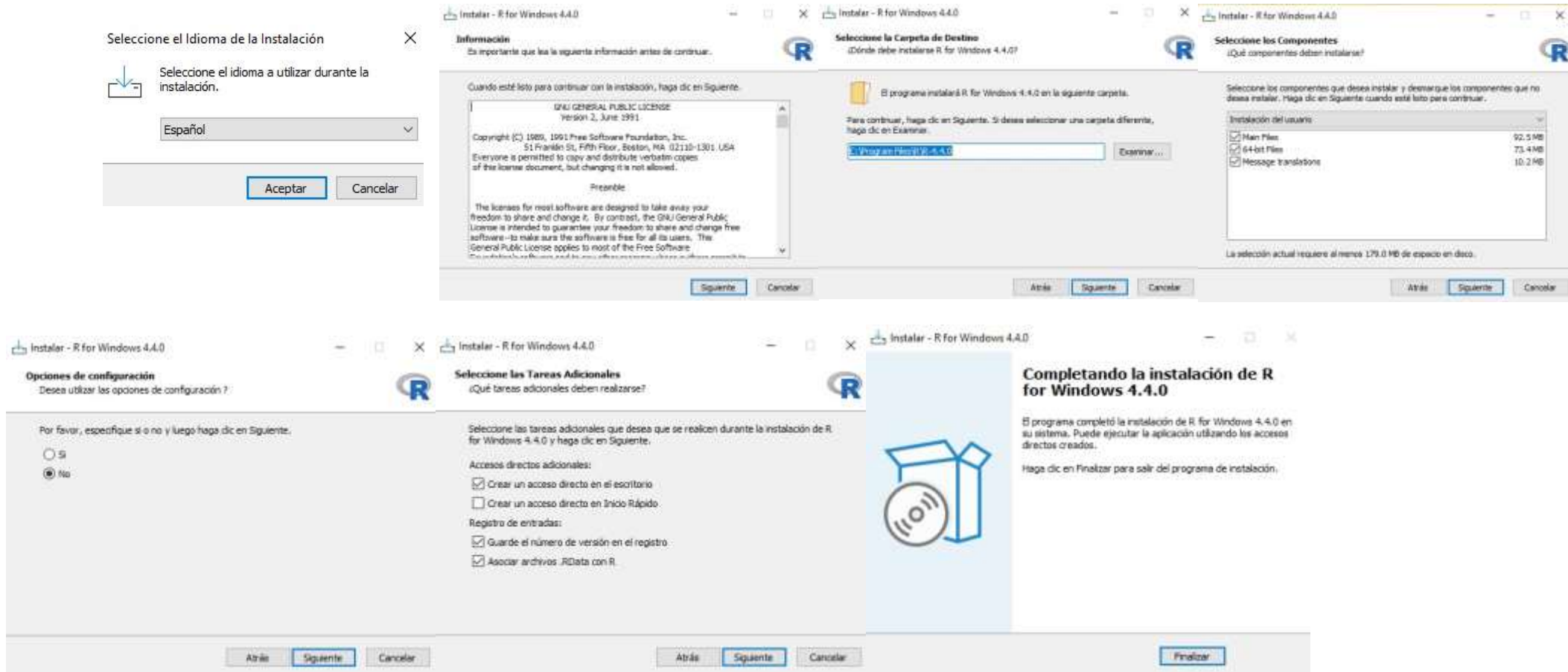
Patches to this release are incorporated in the [r-patched snapshot build](#).
A build of the development version (which will eventually become the next major release of R) is available in the [r-devel snapshot build](#).
[Previous releases](#)

Note to webmasters: A stable link which will redirect to the current Windows binary release is
[<CRAN MIRROR>/bin/windows/base/release.html](https://CRAN.MIRROR/bin/windows/base/release.html).

Last change: 2024-04-24





Instalación y configuración de R



Instalación de Rstudio

- Rstudio: <https://posit.co/download/rstudio-desktop/>

Grow your data science skills at [posit:conf\(2024\)](#) | August 12th-14th in Seattle [LEARN MORE](#) ✕

 [PRODUCTS](#) [SOLUTIONS](#) [LEARN & SUPPORT](#) [EXPLORE MORE](#) [PRICING](#) 

1: Install R

RStudio requires R 3.6.0+. Choose a version of R that matches your computer's operating system.

[DOWNLOAD AND INSTALL R](#)

2: Install RStudio

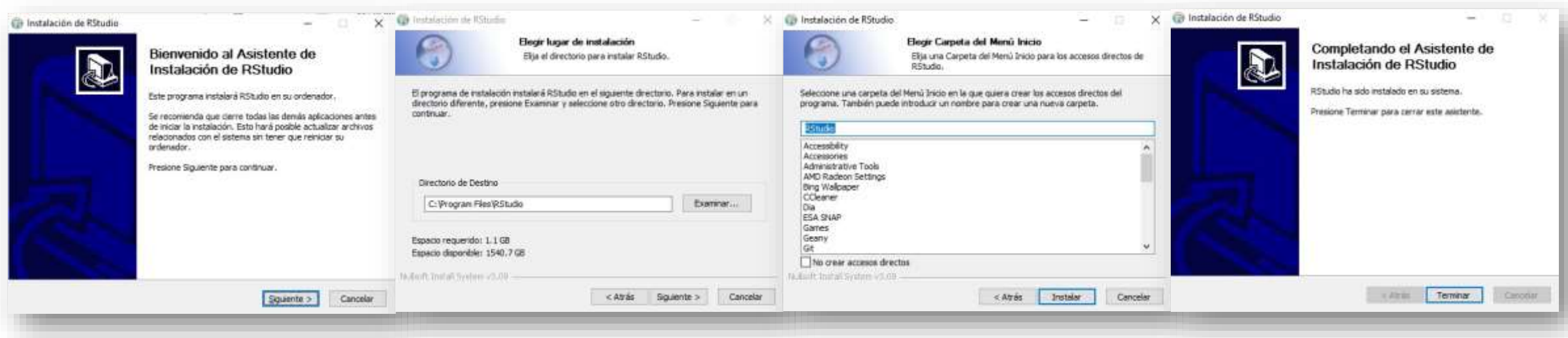
[DOWNLOAD RSTUDIO DESKTOP FOR WINDOWS](#)

Size: 263.07 MB | [SHA-256: 44c8797c](#) | Version: 2024.04.1+748 | Released: 2024-05-11

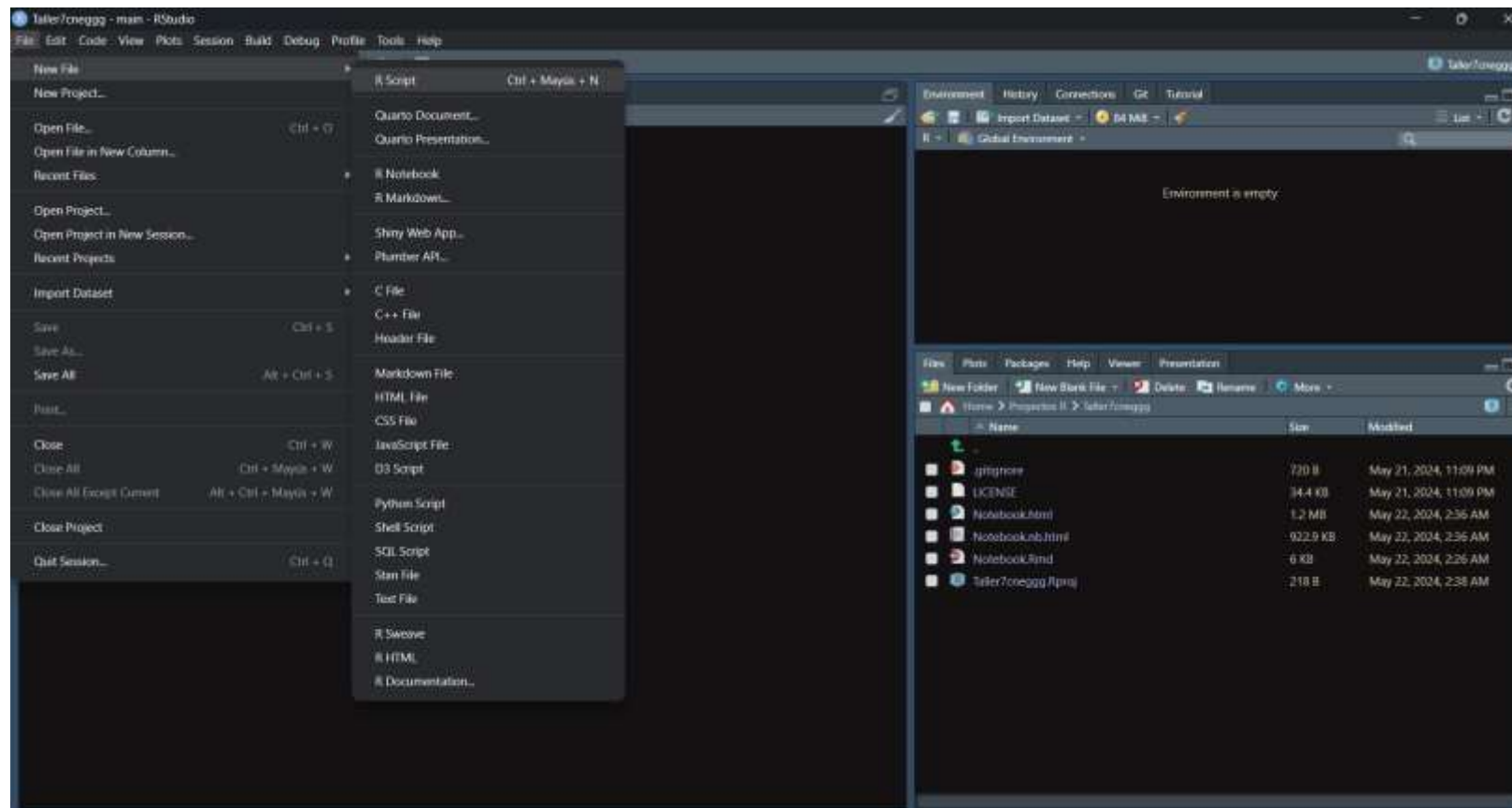
[All Installers and Tarballs](#)



Instalación y configuración de Rstudio



Abrir un nuevo script



Instalación de paquetes necesarios

```
if(!require(readxl)){  
  install.packages("readxl")  
  require(readxl)}else{library(readxl)}
```

- httr
- readxl
- rgdal
- raster
- rasterVis
- rgl
- gstat
- magrittr



Importación de los datos

```
#Directorio  
url<-"https://github.com/malbm/Taller7cneegg/raw/main/Puntos.xlsx"  
  
#Descarga del archivo  
temporal<-tempfile(fileext = ".xlsx")  
GET(url, write_disk(temporal, overwrite = TRUE))
```

```
#Lectura de archivo  
Datos<-as.data.frame(read_excel(temporal))  
  
head(Datos)
```



Análisis exploratorio de datos: búsqueda de datos faltantes

```
if(sum(is.na(Datos))>0){  
  cat("\nPresenta datos faltantes o errores en el tipo de dato...\n")  
  #sapply(Datos, function(Datos) sum(is.na(Datos)))  
  #cat(paste0(MSG))  
  cat("\nFilas eliminadas: ", sum(is.na(Datos)), " de ", nrow(Datos),  
      " registros (", round((sum(is.na(Datos))*100/nrow(Datos)), 4), "%) \n")  
  Datos<-drop_na(Datos)  
}else{cat("Sin datos faltantes...\n")}
```

Análisis exploratorio de datos: búsqueda de datos duplicados

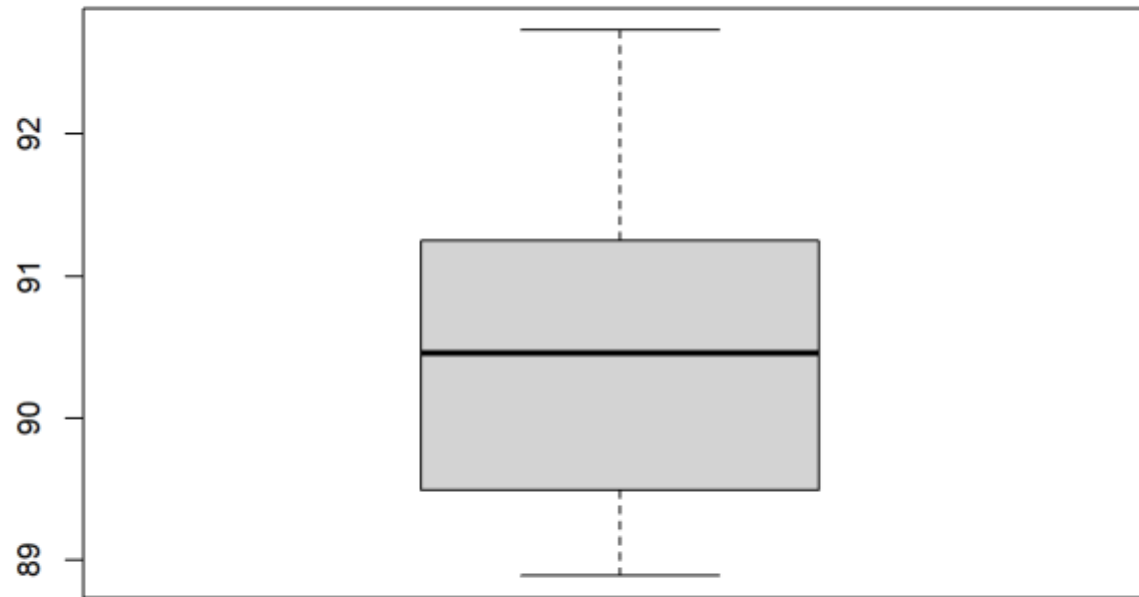
```
verif<-table(duplicated(Datos))  
is.na(verif[2])
```

```
if (is.na(verif[2])==FALSE) {  
  Datos[!duplicated(Datos),]  
  print("Presenta datos duplicados...\n")  
  Datos<-Datos%>%distinct() }else{  
  cat("\nNo presenta datos duplicados...\n")  
}
```



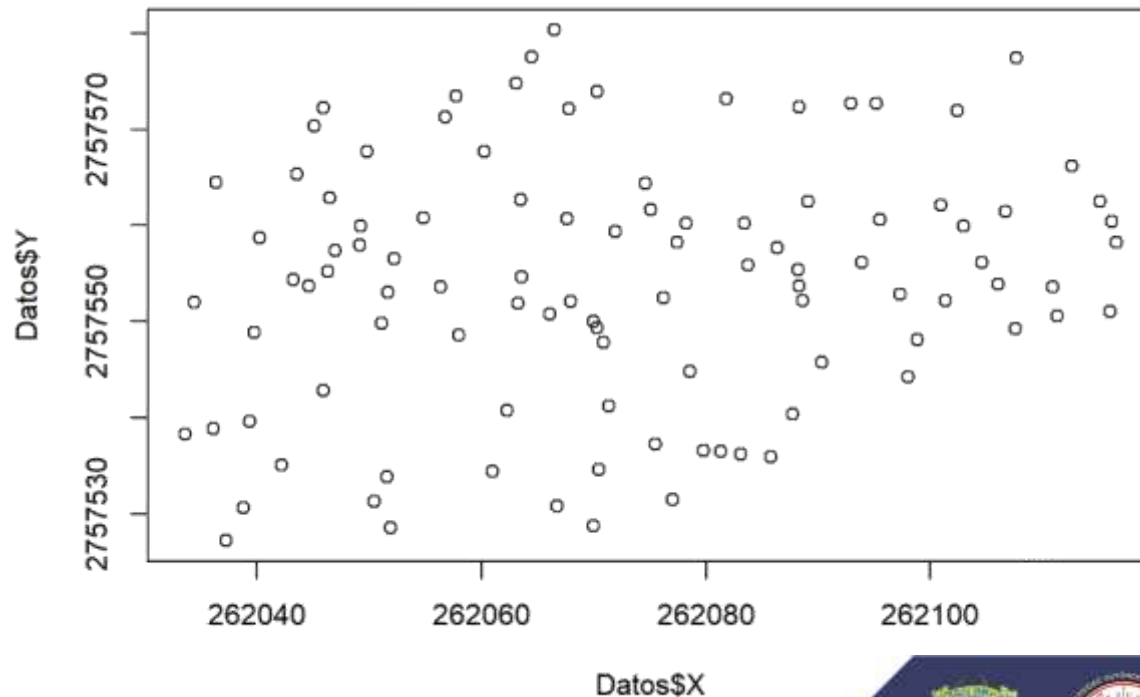
Análisis exploratorio de datos: valores atípicos

```
boxplot(Datos$Z)
```



Análisis exploratorio de datos: valores atípicos

```
plot(Datos$Y~Datos$X)
```



Estadística descriptiva

summary (Datos)

##	ID	X	Y	Z
##	Min. : 1	Min. :262034	Min. :2757527	Min. :88.89
##	1st Qu.: 26	1st Qu.:262052	1st Qu.:2757546	1st Qu.:89.50
##	Median : 51	Median :262070	Median :2757554	Median :90.46
##	Mean : 51	Mean :262072	Mean :2757554	Mean :90.43
##	3rd Qu.: 76	3rd Qu.:262089	3rd Qu.:2757562	3rd Qu.:91.25
##	Max. :101	Max. :262117	Max. :2757580	Max. :92.73



Estadística descriptiva

- Media:

```
mean(Datos$Z)
```

```
## [1] 90.42858
```

- Deviación estándar:

```
sd(Datos$Z, na.rm=TRUE)
```

```
## [1] 0.9877035
```



Modelo digital de elevación: Creación de una matriz vacía

- Generar las dimensiones:

```
x.range<-as.numeric(range(Datos$X))  
x.range
```

```
## [1] 262033.6 262116.6
```

```
y.range<-as.numeric(range(Datos$Y))  
y.range
```

```
## [1] 2757527 2757580
```



Secuencias de coordenadas para la matriz

- Designamos la resolución espacial del pixel con la variable *res_pixel*

```
res_pixel<-1  
x_seq<-seq(x.range[1], x.range[2], by=res_pixel)  
head(x_seq)
```

```
## [1] 262033.6 262034.6 262035.6 262036.6 262037.6 262038.6
```

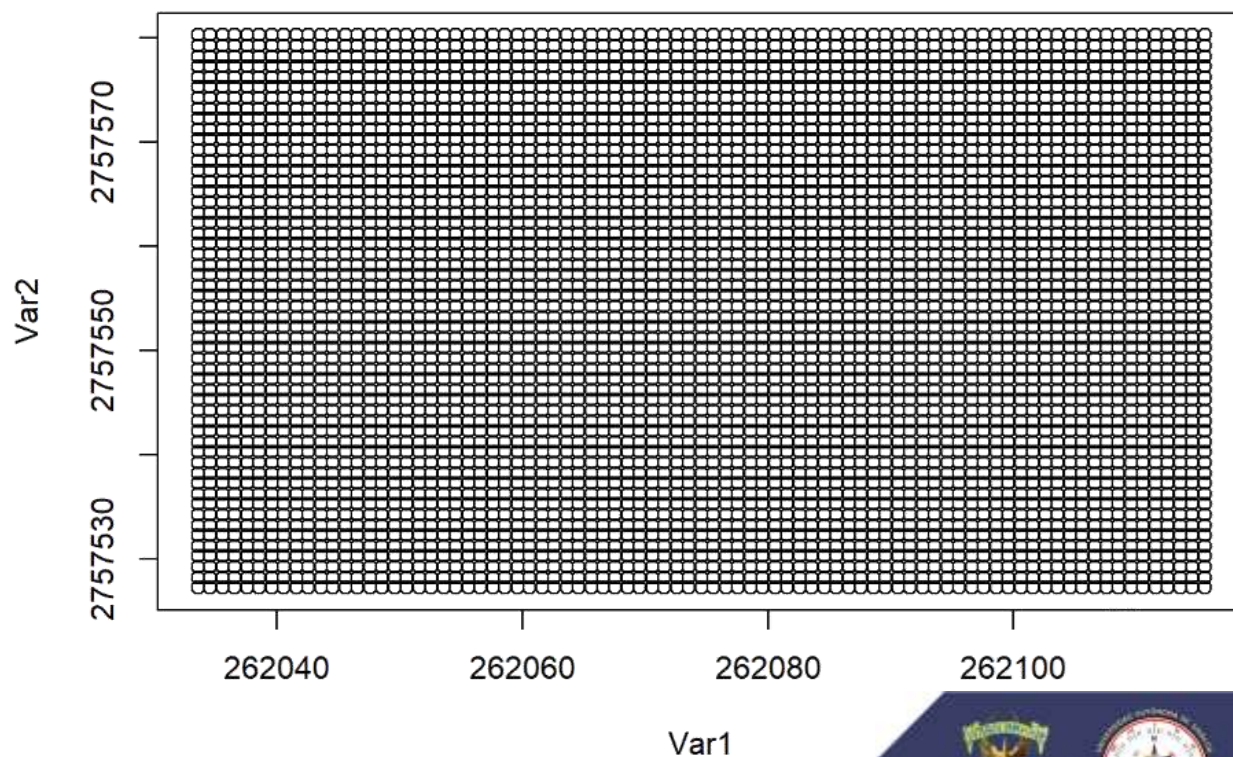
```
y_seq<-seq(y.range[1], y.range[2], by=res_pixel)  
head(y_seq)
```

```
## [1] 2757527 2757528 2757529 2757530 2757531 2757532
```



Expansión de la matriz

```
grd<-expand.grid(x_seq, y_seq)  
plot(grd)
```





Conversión a datos geoespaciales

```
head(Datos)
```

```
##      ID      X      Y      Z
## 1  1 262112.6 2757566 91.43744
## 2  2 262115.1 2757562 91.09812
## 3  3 262116.1 2757560 90.45855
## 4  4 262116.6 2757558 90.86234
## 5  5 262116.0 2757551 90.77437
## 6  6 262111.3 2757551 90.49158
```





7^{mo}
CNEGGG
2024

Congreso Nacional de
Estudiantes de Geomática,
Geodesia y Geoinformática

Conversión a datos geoespaciales

```
coordinates(Datos) <- ~X+Y  
head(Datos)
```

```
##      ID      Z  
## 1  1  91.43744  
## 2  2  91.09812  
## 3  3  90.45855  
## 4  4  90.86234  
## 5  5  90.77437  
## 6  6  90.49158
```





7^{mo}
CNEGGG
2024

Congreso Nacional de
Estudiantes de Geomática,
Geodesia y Geoinformática

Conversión a datos geoespaciales

```
coordinates(grd) <- ~Var1+Var2  
grd
```

```
## class      : SpatialPoints  
## features   : 4482  
## extent     : 262033.6, 262115.6, 2757527, 2757580 (xmin, xmax, ymin, ymax)  
## crs        : NA
```



Asignación de la proyección

```
crs (Datos) <- CRS("+init=epsg:32613")
```

```
## Warning in CPL_crs_from_input(x): GDAL Message 1: +init=epsg:XXXX syntax  
is  
## deprecated. It might return a CRS with a non-EPSG compliant axis order.
```



Asignación de la proyección

Datos

```
## class      : SpatialPointsDataFrame
## features   : 101
## extent     : 262033.6, 262116.6, 2757527, 2757580 (xmin, xmax, ymin, ymax)
## crs        : +proj=utm +zone=13 +datum=WGS84 +units=m +no_defs
## variables  : 2
## names      : ID, Z
## min values : 1, 88.891433
## max values : 101, 92.731417
```



Asignación de la proyección

```
coordinates(grd) <- ~Var1+Var2  
crs(grd) <- CRS("+init=epsg:32613")  
grd
```

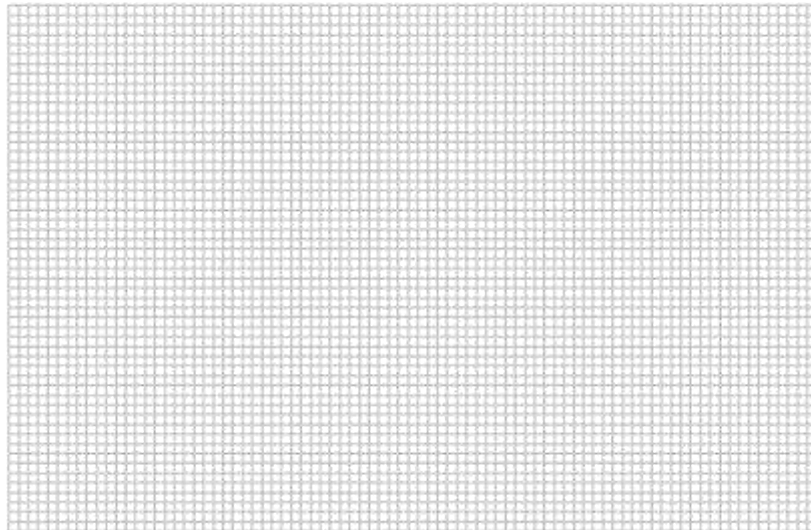
```
## class      : SpatialPoints  
## features   : 4482  
## extent     : 262033.6, 262115.6, 2757527, 2757580 (xmin, xmax, ymin, ymax)  
## crs        : +proj=utm +zone=13 +datum=WGS84 +units=m +no_defs
```



Visualización de la matriz

```
gridded(grd)<-TRUE  
fullgrid(grd)<-TRUE  
  
plot(grd, cex=2, col="gray", main="Matriz generada para almacenar datos interpolados.")
```

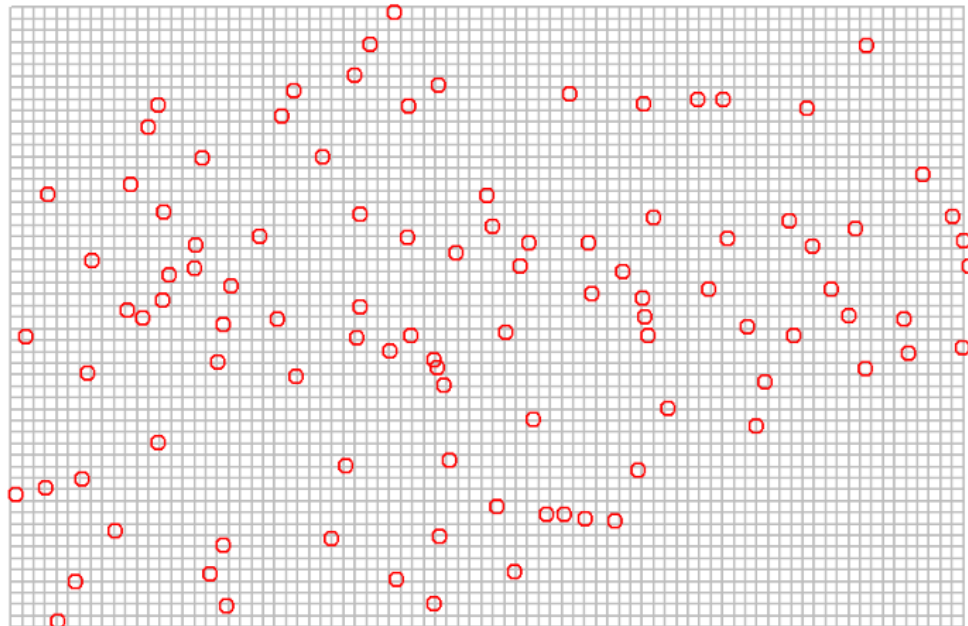
Matriz generada para almacenar datos interpolados.



Visualización de la matriz

```
plot(grd, cex=2, col="gray", main="Matriz generada para almacenar datos interpolados.")  
points(Datos, pch=1, col="red", cex=1)
```

Matriz generada para almacenar datos interpolados



Interpolación

```
W<-2  
idw_model<-gstat(formula=Z~1, data = Datos, nmax=length(Datos$Z), set=list(idp=W))  
  
modelo<-predict(object=idw_model, newdata=grd)
```

```
## [inverse distance weighted interpolation]
```

```
modelo<-raster(modelo)  
  
plot(modelo, main="Modelo digital de elevación de un dique")
```



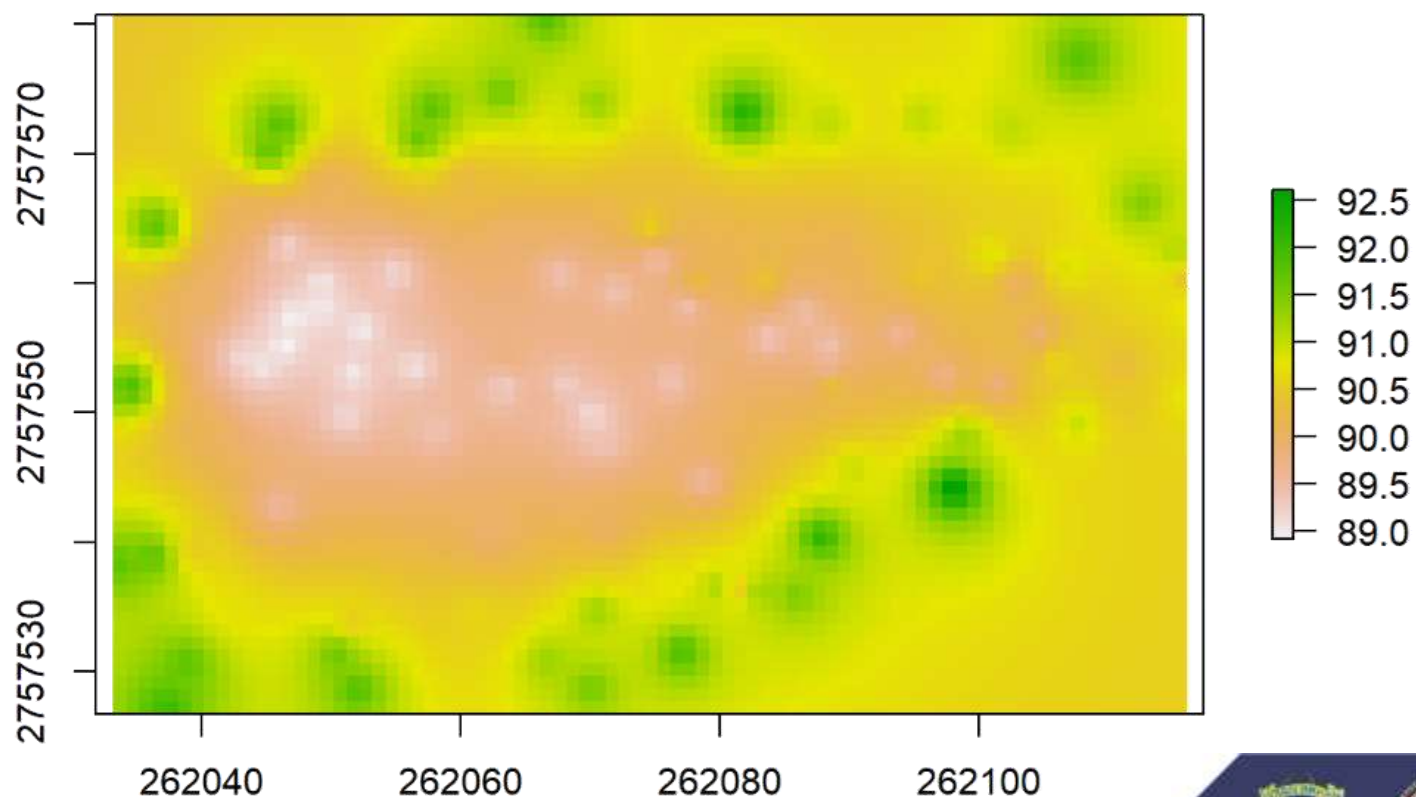


7^{mo}
CNEGGG
2024

Congreso Nacional de
Estudiantes de Geomática,
Geodesia y Geoinformática

Modelo interpolado

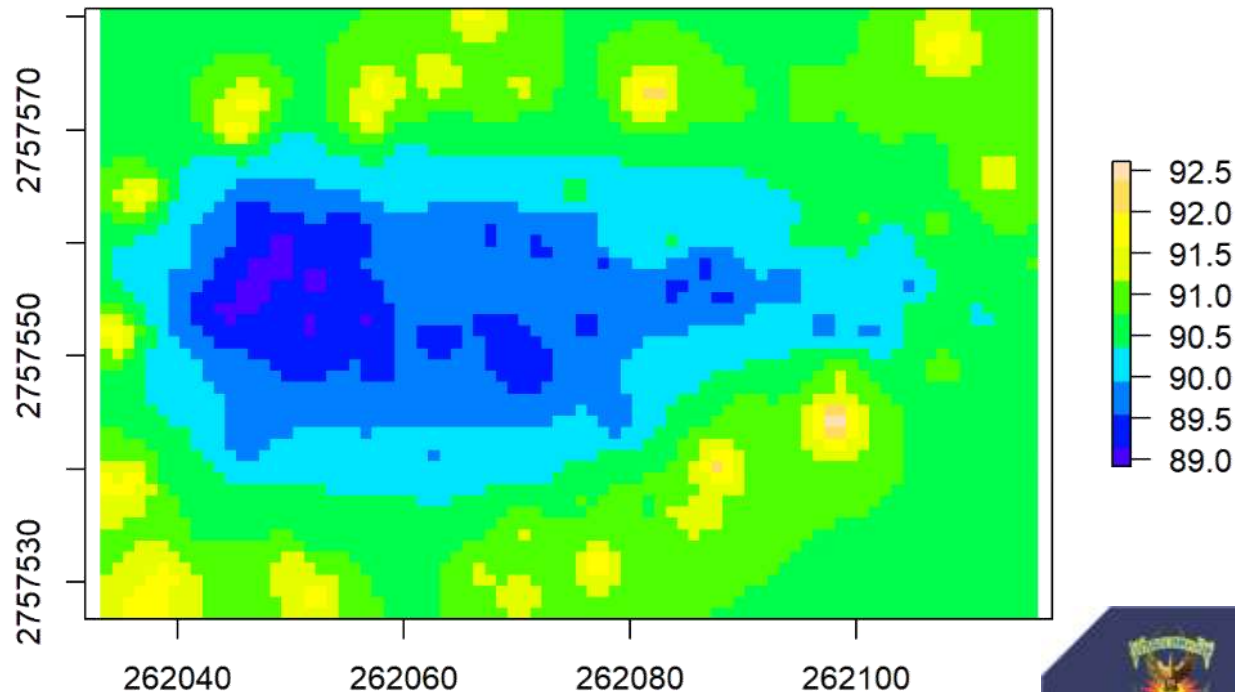
Modelo digital de elevación de un dique



Modelo digital de elevación

```
plot(modelo, main="Modelo digital de elevación de un dique.", col=topo.colors(10))
```

Modelo digital de elevación de un dique.



Validación

```
valores_predichos<-extract(modelo, Datos$Z)
valor_real<-Datos$Z
rmse<-sqrt(mean((valores_predichos-valor_real)^2))
#rmse
cat("Ponderación: ",paste0(W),
    "\nRMSE= ", paste0(rmse))
```

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (Z_p - Z_i)^2}{N}}$$

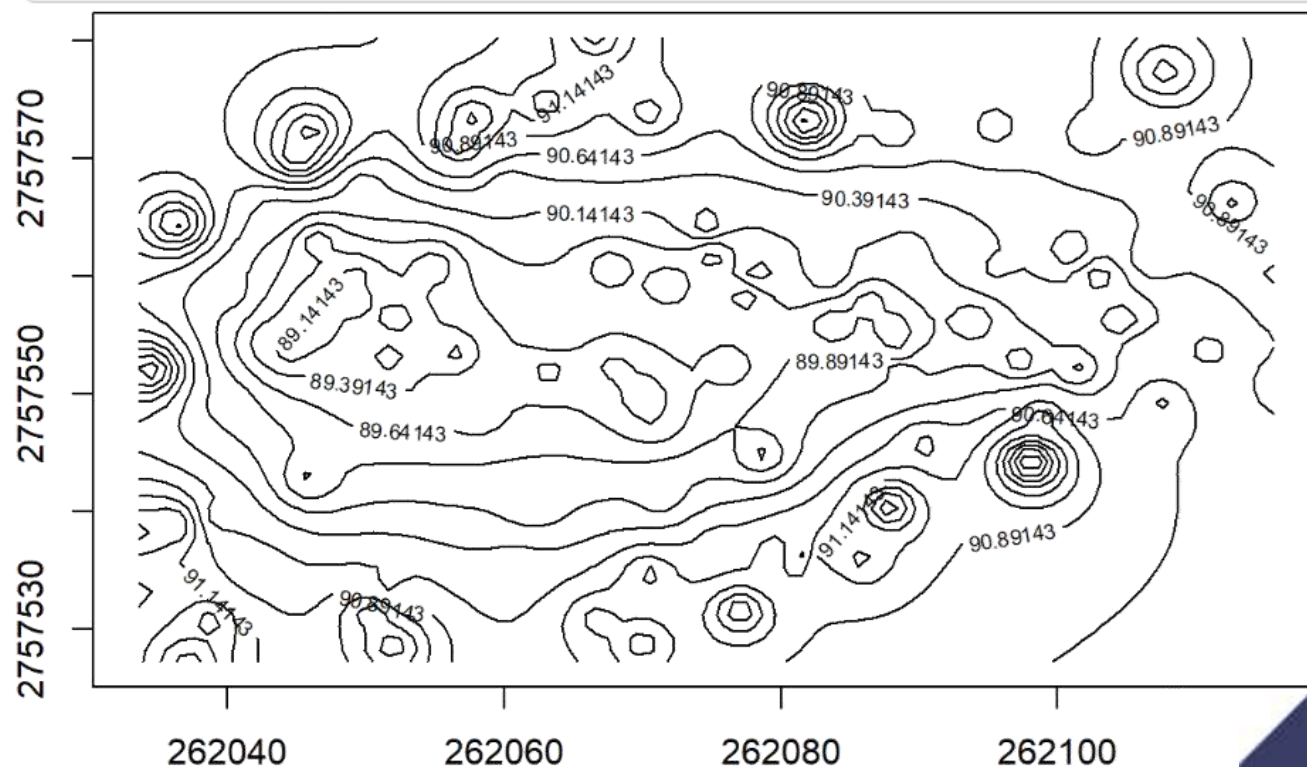
```
## Ponderación: 2
## RMSE= 0.968114883681499
```





Curvas de nivel

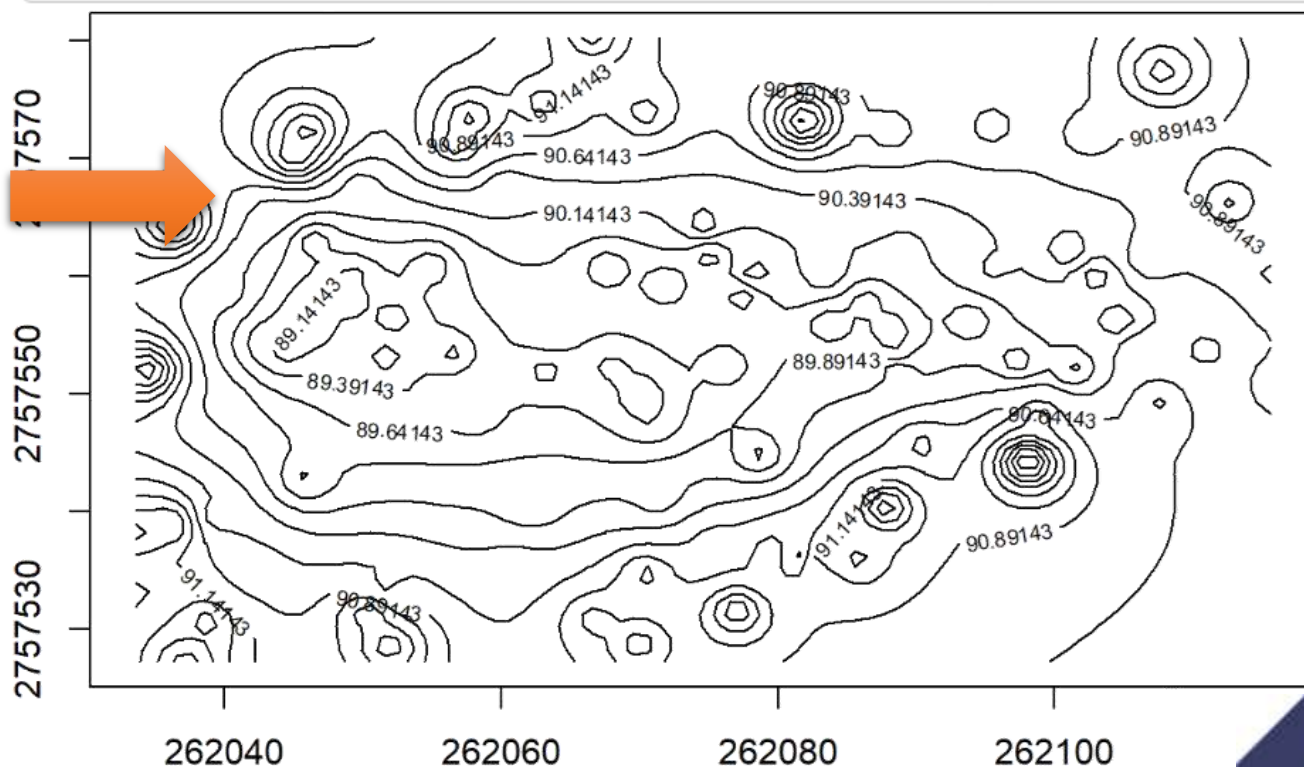
```
intervalo<-seq(min(Datos$Z), max(Datos$Z), by=0.25)  
curvas<-contour(modelo, levels=intervalo)
```





Curvas de nivel

```
intervalo<-seq(min(Datos$Z), max(Datos$Z), by=0.25)  
curvas<-contour(modelo, levels=intervalo)
```



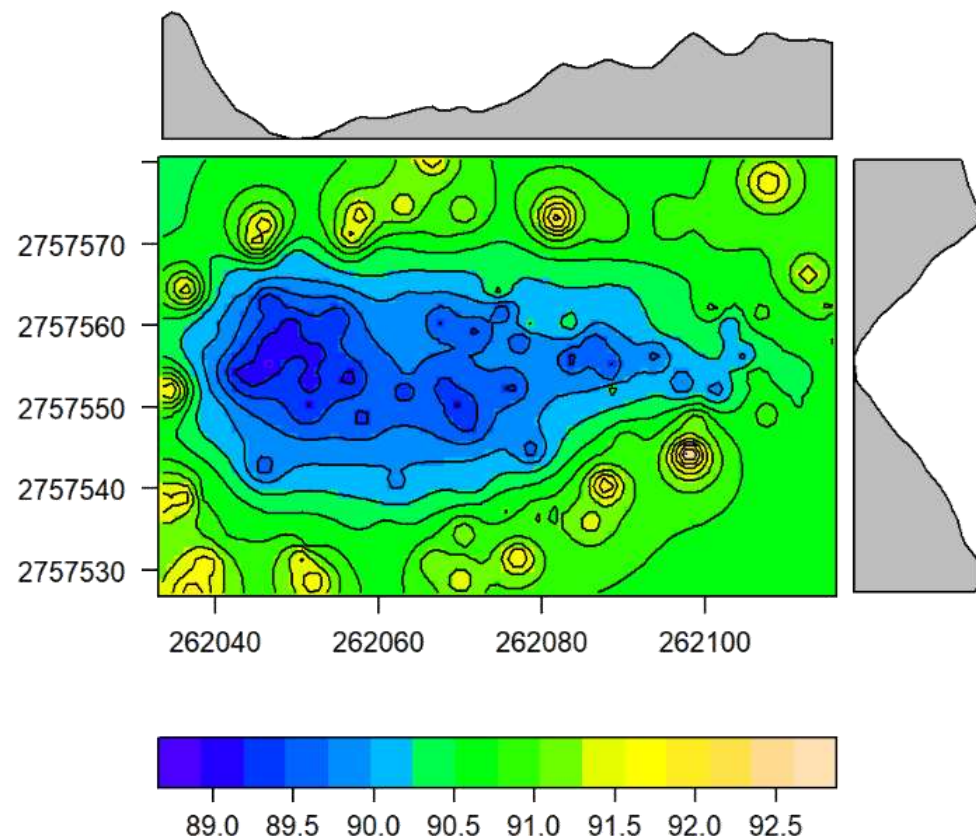


7^{mo}
CNEGGG
2024

Congreso Nacional de
Estudiantes de Geomática,
Geodesia y Geoinformática

Visualización

```
levelplot(modelo, contour=TRUE, col.regions=topo.colors(20))
```



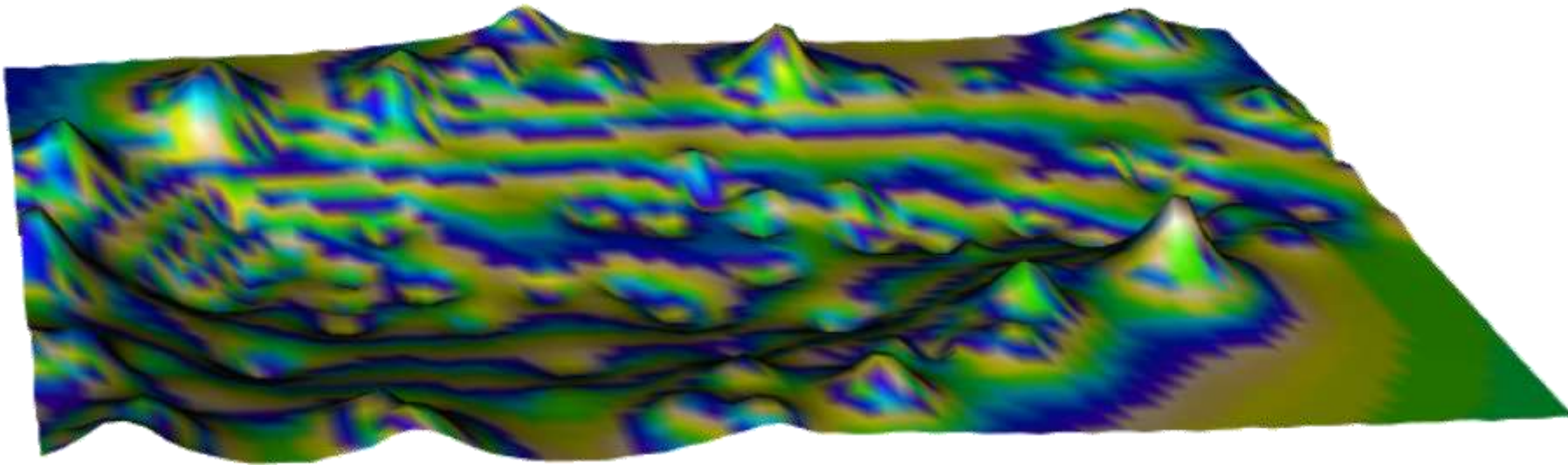


7^{mo}
CNEGGG
2024

Congreso Nacional de
Estudiantes de Geomática,
Geodesia y Geoinformática

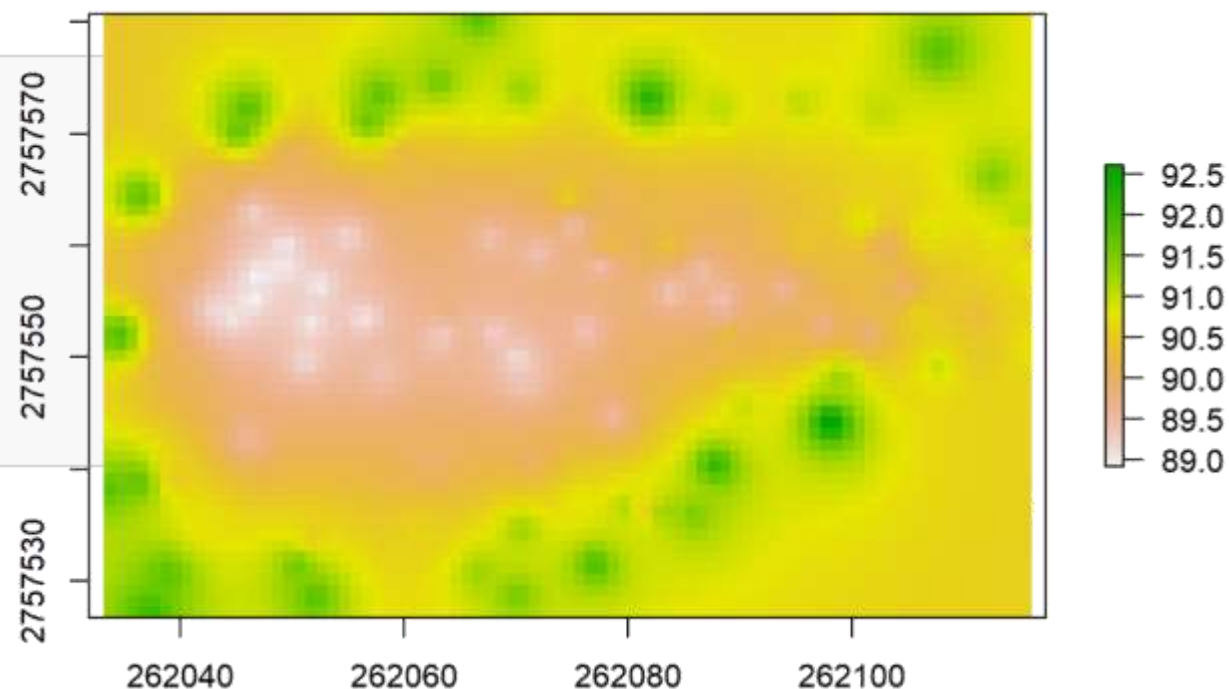
Visualización 3D

```
plot3D(modelo, col=topo.colors(10))
```



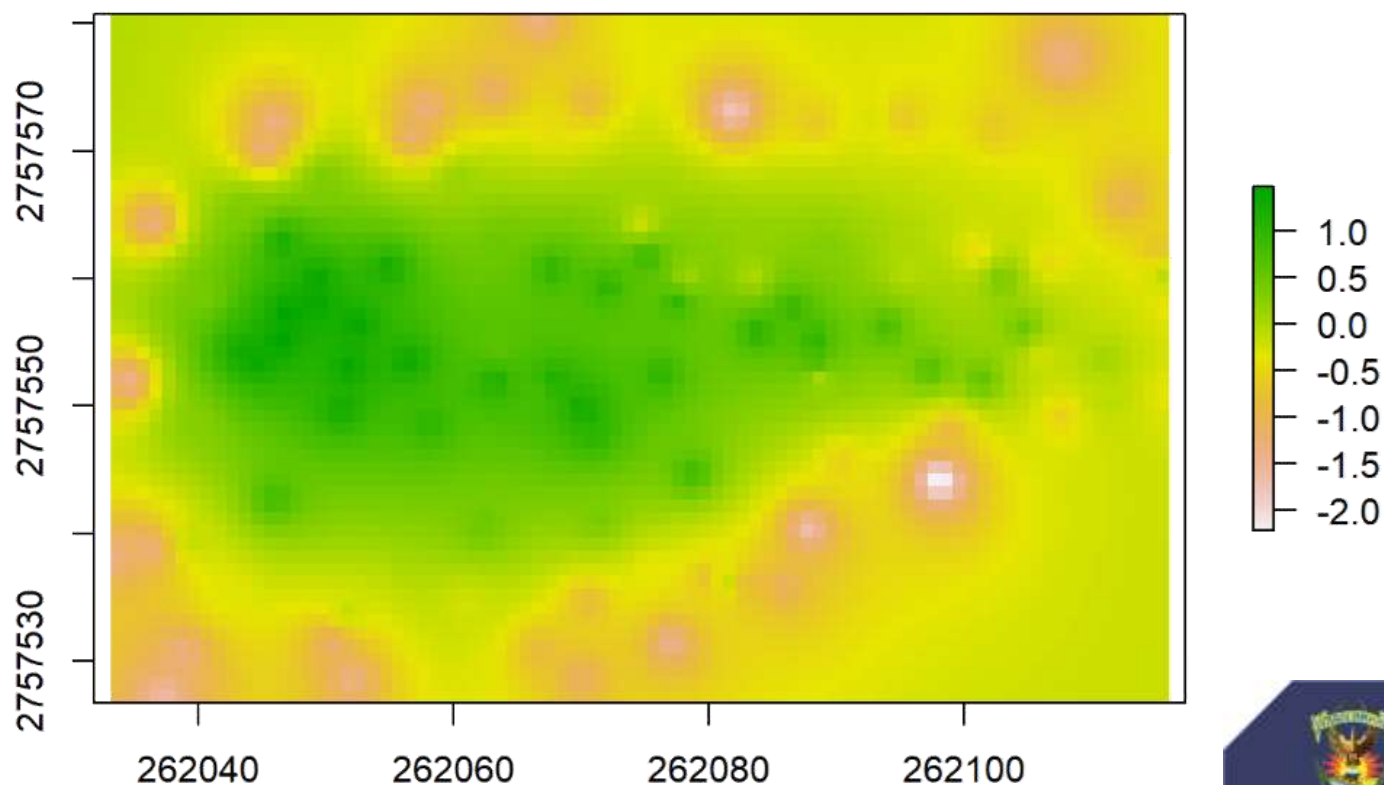
Cuantificación del volumen captable

```
valores_raster<-getValues(modelo)  
Curvamaxima<-90.4  
Lamina<-Curvamaxima-valores_raster  
raster_Lamina<-modelo  
values(raster_Lamina)<-Lamina  
plot(modelo)
```



Cuantificación del volumen captable

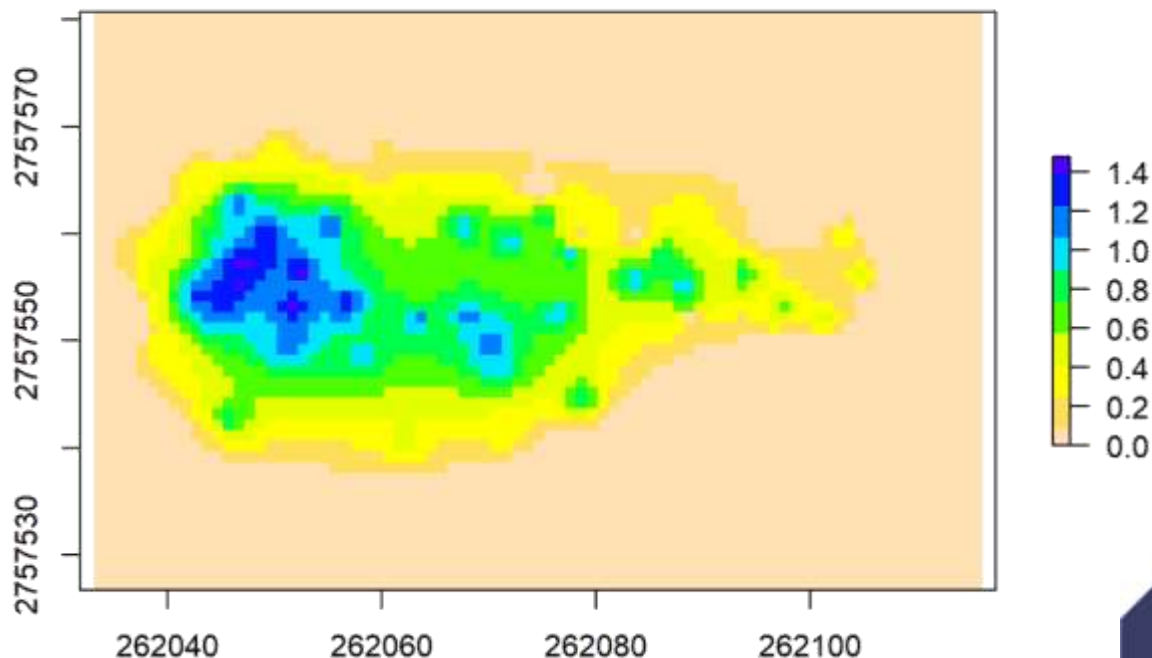
```
plot(raster_Lamina)
```



Cuantificación del volumen captable

```
Lamina[Lamina<0]<- 0  
values(raster_Lamina)<-Lamina  
plot(raster_Lamina, col=rev(topo.colors(10)), main="Lámina de agua")
```

Lámina de agua



Cuantificación del volumen captable

```
resolucion<-res(raster_Lamina)
r_x<-resolucion[1]
r_y<-resolucion[2]
Volumen<-getValues(raster_Lamina)*r_x*r_y
VolumenTotal<- sum(Volumen, na.rm=TRUE)
cat("Volumen total captable: ", VolumenTotal)
```

```
## Volumen total captable: 856.4644
```

$$\text{Volumen} = R_x \times R_y \times La$$

R_x : Resolución espacial en X

R_y : Resolución espacial en Y

La : Lámina de agua en el pixel



La cuantificación del volumen dependerá la altura máxima de agua (el valor seleccionado en la curva de nivel).

Consideraciones finales

- Se puede generar una mayor precisión si se dispone de un vectorial del área del dique que tendría como función el uso de una máscara para delimitarlo solo al dique.
- El valor del volumen depende en función del valor máximo de la curva de nivel y la ponderación utilizada.



Gracias

Universidad Autónoma de Sinaloa

Miguel Armando López Beltrán

miguel.armandolb@uas.edu.mx

Material completo:

<https://github.com/malbmex/Taller7cneegg>

