

Monitoreo de Áreas Quemadas con R

Inder Tecuapetla

CONAHCyT-CONABIO

itecuapetla@conabio.gob.mx

**SELPER & CEOS-WGCAP-D/Remote Sensing
Applications to floods, droughts, fires & landslides
XXI Simposio Internacional SELPER, Belém, Brasil**

Octubre 26, 2024



Bienvenid@s a R

- ▶ Lenguaje de Programación Completo
- ▶ Código abierto
- ▶ Múltiples comunidades dentro del ecosistema R
 - ▶ Análisis espacial
- ▶ ¿Cómo instalar R? [Materiales: MOBAR](#)
- ▶ Aliados: GitHub, RStudio

Objetos: vector, data.frame, list, etc.

```
numerico <- c(15, 40, 37, 0, 0, 0, 0, 0, 7, 3, 77, 0)
caracter <- c("Enero", "Febrero", "Marzo", "Abril", "Mayo", "Junio",
              "Julio", "Agosto", "Septiembre", "Octubre", "Noviembre",
              "Diciembre")
entero <- 1:12

df <- data.frame(numeric = numerico, character=caracter, integer=entero)

LIST <- list( numerico, caracter, entero, df )
```

Funciones: ejemplos básicos

```
getwd()
```

```
help(c)
```

```
?c
```

```
class(caracter); length(caracter); str(caracter)
```

```
?paste0
```

Lectura de archivos tif y shp

```
DIRS <- list.dirs(path = getwd(), recursive = FALSE) # listado de directorios

data_DIR <- dir(path=DIRS[3], full.names = TRUE) #listado de directorios en DIRS[3]

# --- Leyendo archivos TIF ---
tif_FILES <- list.files( path = data_DIR[1],
                        pattern = ".tif$",
                        full.names = TRUE ) # listado de archivos tif en data_DIR[1]

Landsat7_stack <- rast(tif_FILES) # leyendo todos archivos tif en data_DIR[1]

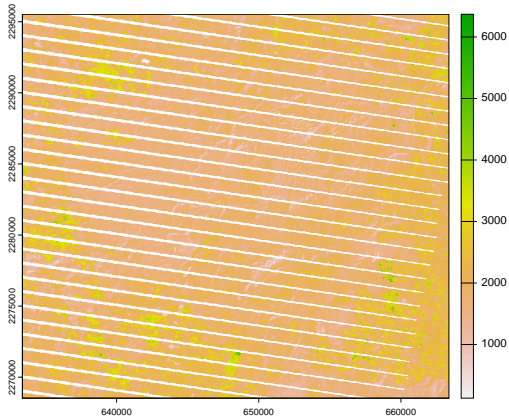
# --- Leyendo shapefiles

shp_FILES <- list.files(path = data_DIR[2],
                      pattern = ".shp$",
                      full.names = TRUE) # listado archivos shp en data_DIR[2]

SHP_LP <- read_sf( shp_FILES[1] ) # leyendo archivos shp en data_DIR[2]
```

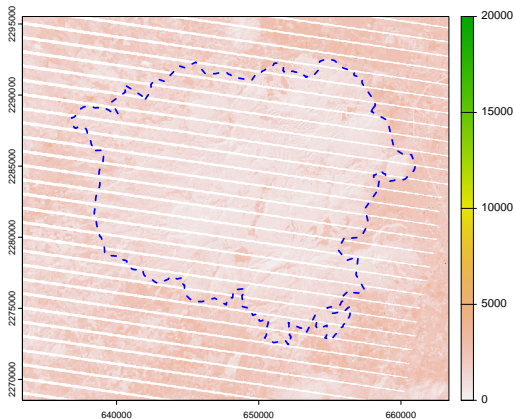
Funciones: manejo de objetos georeferenciados

```
plot(subset(Landsat7_stack,2))
```



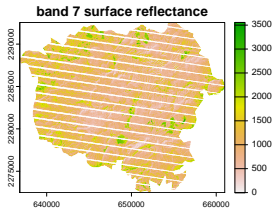
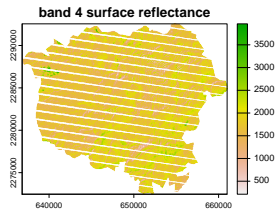
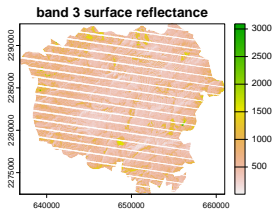
Funciones: manejo de objetos georeferenciados

```
plot(subset(Landsat7_stack, 3))  
lines(SHP_LP, col="blue", lty=2, lwd=2)
```



Funciones: manejo de objetos georeferenciados

```
stack_SHP <- crop(x=Landsat7_stack, y=SHP_LP, mask=TRUE)  
  
plot(stack_SHP)
```

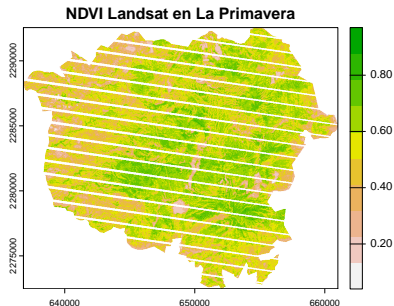


Funciones: Exportación a archivo

```
NAME <- strsplit(x=data_DIR[1], split="/")  
  
NOMBRE <- unlist(NAME[[1]])[length(NAME[[1]])]  
  
writeRaster(stack_SHP,  
            filename = paste0( getwd(), "/TIF/", NOMBRE, "_stack_LP.tif" ),  
            datatype = "INT2S")
```

Funciones: índice espectral

```
spectralIndex <- function(stack, i, j){  
  band_i <- stack[[i]] # get i-th band from stack  
  band_j <- stack[[j]] # get j-th band from stack  
  index <- (band_i - band_j)/(band_i + band_j)  
  index  
}  
  
ndvi_FUN <- spectralIndex(stack = stack_SHP, i = 2, j = 1)  
plot(ndvi_FUN, col = rev(terrain.colors(10)), main = "NDVI Landsat en La Primavera")
```



Funciones: extracción de datos

```
spRast_valueCoords <- function(spRaster, na_rm=FALSE){  
  spPoints <- as.points(spRaster, na.rm=na_rm)  
  spValues <- extract(spRaster, spPoints)  
  DIM <- dim(spValues)  
  spRasterToPoints <- as.matrix(spValues[1:DIM[1],2:DIM[2]])  
  spCoords <- crds(spRaster, na.rm=na_rm)  
  list(values=spRasterToPoints, coords=spCoords)  
}  
  
ndvi_FUN_rTp <- spRast_valueCoords(ndvi_FUN, na_rm = TRUE)  
  
str(ndvi_FUN_rTp)  
  
## List of 2  
## $ values: num [1:298010, 1] 0.51 0.304 0.288 0.307 0.218 ...  
## $ coords: num [1:298010, 1:2] 654690 654720 654750 654780 654810 ...  
## .. attr(*, "dimnames")=List of 2  
## .. ..$ : NULL  
## .. ..$ : chr [1:2] "x" "y"
```

DataCubes

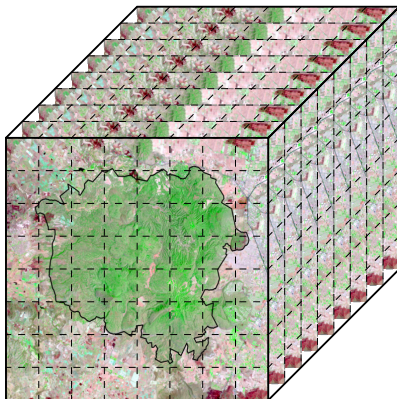


Figura 1: Cubo de imágenes de datos espectrales registrados en La Primavera, Jalisco, México.

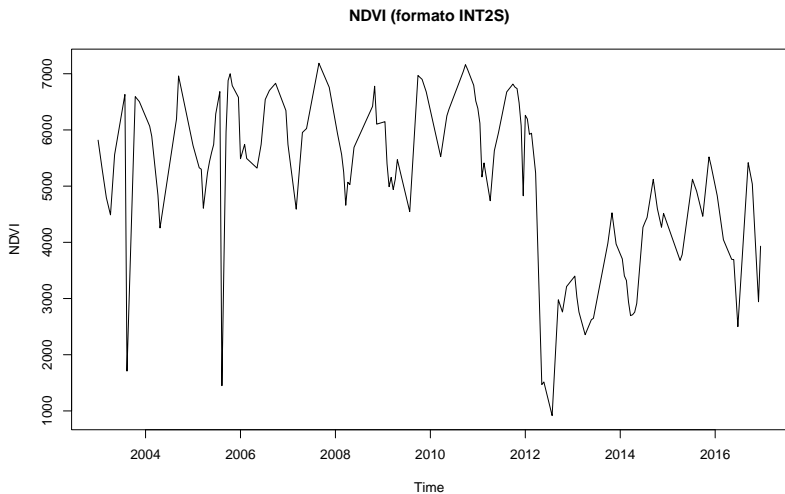
Carga de datos

```
pathRData <- paste0( getwd(), "/RData" )

RDataFILES <- list.files( path = pathRData,
                          pattern = ".RData",
                          full.names = TRUE )

nbr <- LoadToEnvironment(RDataFILES[2])$nbr_trun
ndvi <- LoadToEnvironment(RDataFILES[3])$ndvi_trun
```

Series de tiempo: NDVI



BFAST

- ▶ Breaks For Additive Seasonal and Trend (**BFAST**) de Verbesselt et al. (2010)
- ▶ Este método detecta cambios significativos en los componentes de tendencia y estacionalidad de una serie de tiempo
- ▶ BFAST iterativamente estima el *tiempo* y el *número de cambios*, caracteriza un cambio por su *magnitud y dirección*
- ▶ Este método no es específico para un tipo particular de datos, puede aplicarse a series de tiempo sin tener que normalizar por tipo de cobertura de suelo, seleccionar un periodo de referencia o un cambio de trayectoria

BFAST: El modelo para la tendencia

- ▶ De forma general, suponemos que los datos satisfacen:

$$Y_t = T_t + S_t + e_t, \quad t = 1, \dots, n$$

- ▶ Suponemos que T_t es lineal a pedazos, con puntos de cambio τ_1, \dots, τ_m ($\tau_0 = 0$):

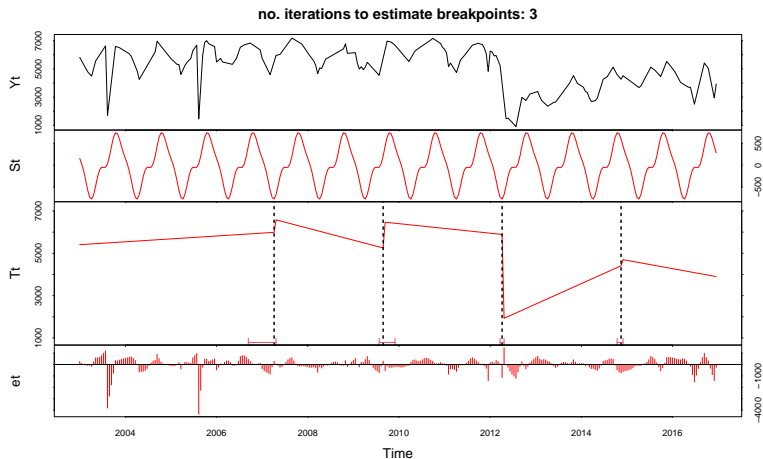
$$T_t = \alpha_j + \beta_j t, \quad \tau_{j-1} \leq t \leq \tau_j$$

- ▶ **Magnitud:** Diferencia entre $T_{\tau_{j-1}}$ y T_{τ_j} :

$$\text{Magnitud} = (\alpha_{j-1} - \alpha_j) + (\beta_{j-1} - \beta_j) t$$

- ▶ **Dirección:** Dada por la pendiente de T_t antes y después del **cambio abrupto**.

BFAST: En acción



NULL

Uso de NBR

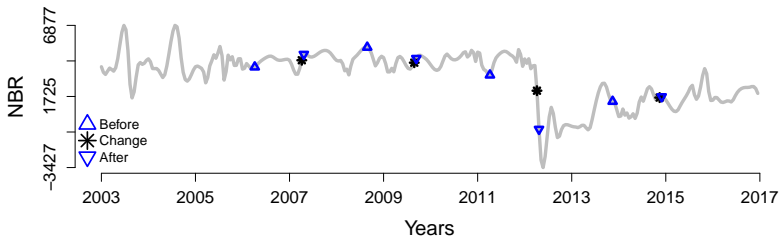
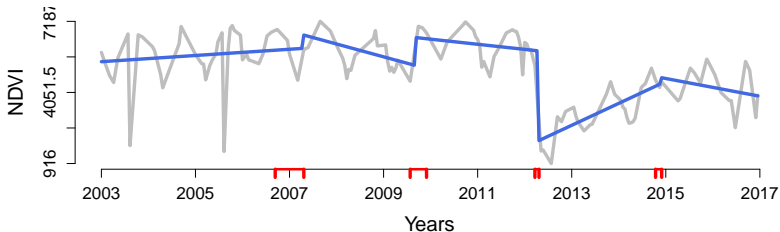
- ▶ **NBR** (Normalized Burn Ratio)
- ▶ Sea $\hat{\tau}_k$ el k -ésimo punto de cambio, estimado a través de BFAST, en una serie de tiempo de NDVI
- ▶ Escuin, Navarro, and Fernandez (2008) sugieren calcular el **dNBR** (diferencia de NBR) en una vecindad de $\hat{\tau}_k$:

$$dNBR(\hat{\tau}_k) = NBR_{\hat{\tau}_k-23} - NBR_{\hat{\tau}_k+1},$$

para evaluar la severidad de una quema

- ▶ El uso de estas fechas (23 antes y 1 después del punto de cambio) minimiza las diferencias ligadas a cambios fenológicos ó a condiciones de iluminación
- ▶ Más detalles en Tecuapetla-Gómez, Villamil-Cortez, and Cruz-López (2021)

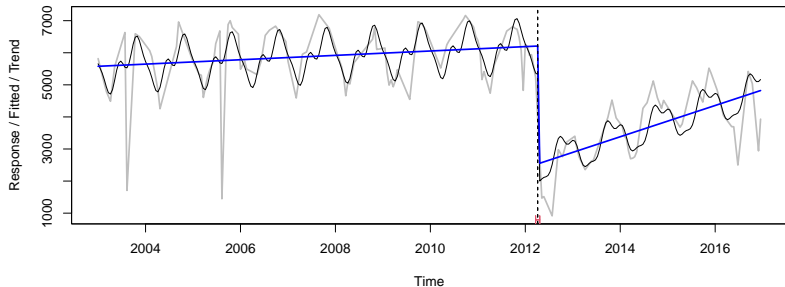
Punto de cambio en NDVI y cálculo de dNBR



Tipos de cambio en la vegetación (Lutes et al. (2006))

dNBR	Regrowth	Severity
<-0.25	High	
-0.25 to -0.1	Low	
-0.1 to 0.1		Unburned
0.1 to 0.27		Low
0.27 to 0.66		Moderate
>0.66		High

bfast01: Evaluando recuperación/pérdida



bfast01classify: Clasificación de tendencias

```
bfast01classify(pixel_bfast01)
```

```
##   flag_type flag_significance  p_segment1  p_segment2 pct_segment1
## 1         5                0 8.360612e-05 8.253186e-19      1.164516
##   pct_segment2 flag_pct_stable
## 1      14.62216             NA
```

Definición de clases (De Jong et al. (2013))

1. **Enverdecimiento**: tendencia lineal global creciente (con pendiente positiva)
2. **Pardeamiento**: tendencia lineal global decreciente (con pendiente negativa)
3. **Enverdecimiento sostenido**: tendencia lineal local creciente antes y después del cambio abrupto
4. **Pardeamiento sostenido**: tendencia lineal local decreciente antes y después del cambio abrupto
5. **Enverdecimiento demorado**: tendencia lineal local estable (pendiente cercana a cero) o creciente antes de un cambio abrupto hacia abajo seguido de una tendencia lineal local creciente
6. **Pardeamiento demorado**: tendencia lineal local estable o decreciente antes de un cambio abrupto hacia arriba seguido de una tendencia lineal local decreciente
7. **Enverdecimiento a pardeamiento**: tendencia lineal local creciente con un cambio abrupto seguido de una tendencia lineal local decreciente
8. **Pardeamiento a enverdecimiento**: tendencia lineal local decreciente con un cambio abrupto seguido de una tendencia lineal local creciente

Ver también Tecuapetla-Gómez, Carbajal-Domínguez, and Montesinos-Chica (2022)

Miremos unos mapas . . .

Bibliografía

- De Jong, Rogier, Jan Verbesselt, Achim Zeileis, and Michael E Schaepman. 2013. "Shifts in Global Vegetation Activity Trends." *Remote Sensing* 5 (3): 1117–33.
- Escuin, S, R Navarro, and P Fernandez. 2008. "Fire Severity Assessment by Using NBR (Normalized Burn Ratio) and NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) Derived from Landsat TM/ETM Images." *International Journal of Remote Sensing* 29 (4): 1053–73.
- Lutes, Duncan C, Robert E Keane, John F Caratti, Carl H Key, Nathan C Benson, Steve Sutherland, and Larry J Gangi. 2006. "FIREMON: Fire Effects Monitoring and Inventory System." *Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-164. Fort Collins, CO: US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 1 CD.* 164.
- Tecuapetla-Gómez, Inder, Alfonso Carbajal-Domínguez, and Valeria Montesinos-Chica. 2022. "Clasificación de Tendencias de NDVI En La Península de Yucatán, México, de 2014 a 2020." *Investigaciones Geográficas* 109. <https://doi.org/10.14350/rig.60629>.
- Tecuapetla-Gómez, Inder, Gabriela Villamil-Cortez, and María Isabel Cruz-López. 2021. "Estimación Estadística de Áreas Quemadas En La Primavera (México) de 2003 a 2016 Utilizando Series de Tiempo de Imágenes Landsat-7." *Investigaciones Geográficas* 106. <https://doi.org/10.14350/rig.60418>.
- Verbesselt, Jan, Rob Hyndman, Glenn Newnham, and Darius Culvenor. 2010. "Detecting Trend and Seasonal Changes in Satellite Image Time Series." *Remote Sensing of Environment* 114 (1): 106–15.