



ALERTA TEMPRANA PARA EL MANEJO DEL TIZÓN TARDIO DE LA PAPA. ATN/RF 16678 RG.

Producto 15. Base de datos de simulación para el pronóstico de la incidencia de Tizón tardío.

Rodrigo Bravo H. Ivette Acuña B. Juan Quintana A. y María Carolina Vidal G.

2023





Copyright, licencias CC y Disclaimer.

Códigos JEL: Q16

ISBN:

FONTAGRO (Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria) es un mecanismo único de cooperación técnica entre países de América Latina, el Caribe y España, que promueve la competitividad y la seguridad alimentaria. Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), FONTAGRO, de sus Directorios Ejecutivos ni de los países que representan.

El presente documento ha sido preparado por Rodrigo Bravo Herrera, Ivette Acuña Bravo, Juan Quintana Arena y María Carolina Vidal Gajardo

Copyright © 2022 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial- SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas. Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional. Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Esta publicación puede solicitarse a:

FONTAGRO

Correo electrónico: fontagro@fontagro.org

www.fontagro.org



Tabla de Contenidos

Contenido

Resumen	4
Base de datos con resultados de simulación de Tizón tardío en el sur de Chile	5
Código para la generación de datos simulados (Anexo DAT)	10
Referencias Bibliográficas	24
Instituciones participantes	25



Resumen

En el marco del Proyecto “Alerta temprana para el manejo de Tizón tardío de la papa” se ha desarrollado el análisis de datos meteorológicos para evaluar el potencial de desarrollo de la enfermedad Tizón tardío producida por *P. infestans* en el cultivo de la papa como criterio de evaluación de las perspectivas estacionales para las decisiones de protección del cultivo.

Se utilizaron modelos de simulación escritos en R con el fin de evaluar los registros meteorológicos de 15 estaciones localizadas en diferentes sitios del sur de Chile de acuerdo a las temporadas de cultivo, nivel de resistencia del hospedero. Esto generó una base de datos, la cual es descrita en esta nota técnica.

El script que genera la base de datos permite evaluar el efecto de la variabilidad interanual sobre el potencial de daño mediante la simulación del avance de la enfermedad. Al considerar un conjunto de estaciones espacialmente distribuidas se puede realizar análisis espacio temporal del nivel de incidencia de Tizón tardío en el cultivo de la papa.

Palabras Claves: LATEBLIGHT, Modelos de simulación, Tizón tardío,



Base de datos con resultados de simulación de Tizón tardío en el sur de Chile

Se desarrolló un script para simular la incidencia de Tizón tardío bajo las condiciones meteorológicas imperantes en diferentes localidades del sur de Chile y en varias temporadas del cultivo. Con este script se desarrolló una base de datos que contiene la evolución de la enfermedad a paso diario dada una fecha de plantación y las condiciones meteorológicas propias del lugar.

En el sur de Chile entre las latitudes 36° y 42° sur la temporada de crecimiento comienza desde el 1 de julio hasta marzo del año siguiente. Es el periodo en que la temperatura va en ascenso y el aporte de agua a través de las lluvias va decreciendo. Dentro de ese periodo el cultivo de papa se realiza con fechas de plantación diversas las que fueron utilizadas en el desarrollo de las simulaciones (Tabla 1). De esta manera, la base de datos está construida utilizando 15 localidades representadas por el mismo número de estaciones meteorológicas, y que contienen datos de simulación de un número variable de temporadas: 8 estaciones tienen 11 temporadas, 1 tiene una temporada y 6 tienen 8 temporadas.

Las simulaciones utilizan los datos meteorológicos (archivo 'datos.csv') de cada estación durante las temporadas descritas y bajo los parámetros de resistencia de tres cultivares diferentes en fechas de plantación entre las semanas de inicio y término indicadas en la Tabla 1.

El conjunto de resultados de simulaciones permite evaluar el potencial de daño de la enfermedad frente a diferentes escenarios de variabilidad interanual y localización espacial. También se puede inferir cual va a ser el comportamiento de medidas de protección del cultivo si se utilizan cultivares resistentes o susceptibles.

Tabla 1. Listado de estaciones meteorológicas utilizadas en el desarrollo de simulaciones de



Tizón tardío, periodo de inicio y final de fechas de plantación en número de semana del año.

Estación/localidad	Comuna	Región	Semana de inicio	Semana final	Temporadas simuladas
Navidad	El Carmen	Ñuble	37	43	2012-2013 a 2020-2021
Carillanca	Vilcún	La Araucanía	39	43	2010-2011 a 2020-2021
San Luis	Curacautín	La Araucanía	40	48	2011-2012 a 2020-2021
Quiripio	Carahue	La Araucanía	28	45	2010-2011 a 2020-2021
Domínguez	Saavedra	La Araucanía	28	45	2010-2011 a 2020-2021
Llollinco	Teodoro Schmidt	La Araucanía	39	43	2010-2011 a 2020-2021
Remehue	Osorno	Los Lagos	42	47	2010-2011 a 2020-2021
La Pampa	Purranque		40	45	2010-2011 a 2020-2021
Octay	Puerto Octay	Los Lagos	42	47	2012-2013 a 2020-2021
Colegual	Llanquihue	Los Lagos	37	47	2012-2013 a 2020-2021
Los Canelos	Los Muermos	Los Lagos	37	47	2010-2011 a 2020-2021
Butalcura	Dalcahue	Los Lagos	36	45	2010-2011 a 2020-2021
Tara	Chonchi	Los Lagos	29	43	2012-2013 a 2020-2021
Lago Verde	Paillaco	Los Ríos	42	46	2012-2013 a 2020-2021
El Cardal	Río Bueno	Los Ríos	42	47	2012-2013 a 2020-2021

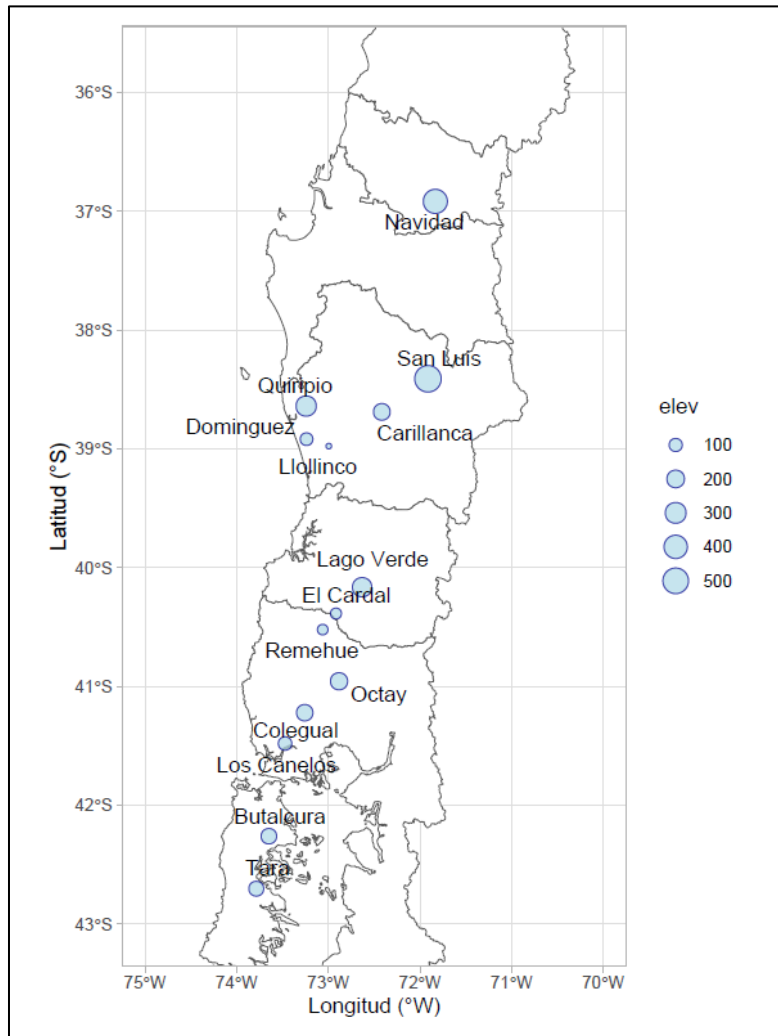


Figura 1. Localización de las estaciones meteorológicas utilizadas para el desarrollo de las simulaciones. Tamaño del círculo indica elevación sobre el nivel del mar.

Los datos fueron generados utilizando el software R y diferentes paquetes para el procesamiento y visualización de datos. El principal corresponde al paquete *agricolae* que contiene la función *lateblight* que permite simular la epidemiología de *P. Infestans* bajo los escenarios meteorológicos deseados y considerando la susceptibilidad de las variedades utilizadas. Esto se utilizó para evaluar el potencial de daño de Tizón tardío en las diferentes localidades y temporadas considerando parámetros de cultivares medianamente resistentes, medianamente



susceptibles y susceptibles (Andrade et al, 2005). Junto con ello se desarrolló un script que cuantifica el momento de aplicación de fungicidas bajo los criterios de ‘calendario fijo’ por una parte y ‘Blitecast’, por otra, con la finalidad de comparar el número de aplicaciones de fungicidas recomendadas bajo cada criterio.

El script considera los datos meteorológicos de cada estación meteorológica, indica el inicio de la temporada desde el 1 de julio de cada año y señala el momento de inicio de las condiciones para el desarrollo de Tizón tardío según la meteorología considerando la temperatura del aire, las horas de humedad relativa sobre 80 % diarias y la precipitación diaria como conductor de las condiciones de humedad del aire y de la temperatura. El modelo Lateblight fue considerado sin modificaciones desde el paquete *agricolae* (De Memdiburu, 2020)

Los resultados de las simulaciones se guardan en las carpetas:

- Temporadas: En esta carpeta se guardan archivos csv. Cada uno indica las temporadas procesadas para cada estación con los campos id, nombre de la estación, año de inicio de la temporada (ti), año final de la temporada (tf) y 3 fechas de plantación con la fecha de emergencia estimada para cada una. Las fechas se sorteán aleatoriamente dentro del rango de semanas que se muestran en la Tabla 1.
- Clim: en esta carpeta se guardan los datos de clima procesados desde los datos originales de paso horario provenientes de las estaciones a archivos que contienen datos diarios de temperatura media (tmp), máxima (tmx), mínima (tmn), precipitación acumulada (pp), horas de humedad relativa alta (HumidHrs), y temperatura media en el periodo de humedad relativa alta (humidtmp). Este archivo se obtiene de una función modificada de *agricolae::weatherseverity*. Cada archivo identifica la estación con su nombre e id. Cada registro identifica la temporada, y la fecha-día.
- Host: es una carpeta de archivos con los parámetros de resistencia de cultivares susceptibles (S), medianamente susceptibles (MS) y Resistente (R) de acuerdo a las



definiciones del modelo LATEBLIGHT, y parametrizadas por Andrade et al (2005). Junto con ello, se registran en cada simulación la fecha de primera alerta y el día juliano.

- LB: en esta carpeta se guardan los archivos correspondientes a los resultados de la simulación del modelo LATEBLIGHT a paso diario considerando los datos de clima de cada temporada y el nivel de resistencia de los cultivos. El resultado de la simulación indica el avance de la enfermedad y la incidencia.
- Ap: corresponde a la carpeta de archivos donde se guardan los registros de aplicaciones recomendadas para cada temporada según los criterios de 'Calendario fijo' (CF) y Blitecast (BC). En ambos casos la primera aplicación se recomienda después de la fecha de emergencia del cultivo y de acuerdo a Blitecast, es decir, cuando se completan 15 grados de severidad o 10 días favorables para el desarrollo de Tizón tardío. Cada archivo corresponde a una estación meteorológica y al conjunto de temporadas registradas.



Código para la generación de datos simulados (Anexo DAT)

```
packages=c('lubridate','reshape','tidyverse','knitr','kableExtra','ggplot2','gridExtra','lazyeval',  
seismicRoll','ggpubr','zoo','plyr','cowplot','ggupset','ggrepel'
```

```
for(p in packages){library  
  if(!require(p, character.only = T)){  
    install.packages(p) }  
  library(p, character.only = T)  
}  
theme_set(theme_bw())  
dev.off()  
`%nin%` <- Negate(`%in%`)  
rm(list=ls())  
setwd('C:/est_tt/src/funciones')  
#####Cargar funciones#####  
source('severity_clim.R')  
source('lb.R')  
source('app.R')  
#####Cargar datos#####  
f <- system.file("external/severity.csv", package="agricolae")  
severity <- read.csv(f)  
var<-c('Suc','Media Suc','Resistente')  
NR=c('S','MS','MR')  
LGR=c(0.00410,0.00366,0.00340)  
SR=c(292000000,258000000,122000000)
```



```
LP=c(2.82,2.80,3.41)
U_UT=c(30,35,40)
U_UF=c(15,20,25)
host<-cbind.data.frame(var,NR,LGR,SR,LP,U_UT,U_UF)
setwd ('C:/est_tt/datos/')
wh<-read.csv('datos_tt.csv',sep=',')
wh<-wh[,c(1,2,3,4,5,6)]
wh[,1]<-as.POSIXct(wh[,1],format = "%Y-%m-%d %H:%M")
wh<-wh%>%dplyr::filter(time>=ymd_hm('2010-06-01 00:00',tz =Sys.timezone(location =
TRUE)))
whe<-wh%>%
  dplyr::group_by(id,nombre,y=year(time),m=month(time),d=day(time),hr=hour(time))%>%
  dplyr::summarise(hr_na=sum(is.na(hr)),
                  ta_na=sum(is.na(ta)),
                  pp_na=sum(is.na(pp)))%>%
  dplyr::filter(hr_na>=4 | ta_na>=4 | pp_na>=4)
write.csv(whe,file='whe.csv',row.names = FALSE)
esta<-c('Navidad','Carillanca','El Cardal','Lago Verde',
        'Octay','Colegual','Octay','Remehue','Los Canelos','Butalcura','Colegual','Tara','Quiripio')
f_pl<-
read.csv('C:/est_tt/datosprueba/fechas_plantacion.csv',sep=',',header=TRUE,fileEncoding="latin
1")
f_pl[,5]<-as.Date(f_pl[,5], format='%d-%m-%Y')
f_pl[,6]<-as.numeric(f_pl[,6])
f_pl[,7]<-as.numeric(f_pl[,7])
f_pl<-f_pl%>%dplyr::arrange(idinia)
```



```
###Formato datos horarios
```

```
weather<-wh%>%
```

```
  dplyr::filter(nombre%in%'Tara')%>%
```

```
  dplyr::group_by(id,nombre,fecha=lubridate::floor_date(time,'1 hour'))%>%
```

```
  dplyr::summarise(tmh=round(mean(ta,rm.na=T),1),
```

```
    #tsh=round(mean(ts,rm.na=T),1),
```

```
    hrh=round(mean(hr,rm.na=T),1),
```

```
    pph=sum(pp))%>% dplyr::mutate(date=as.Date(fecha,format = "%Y-%m-%d",tz='UTC+3'),
```

```
    hora=substring(as.character(fecha),11,16))#%>% dplyr::filter(year(date)>=2015)
```

```
weather<-weather[,c(1,2,7,8,4,6,5)]
```

```
e<-weather%>%
```

```
  dplyr::group_by(id,nombre)%>%
```

```
  dplyr::reframe(i=min(year(date)), f=max(year(date)))
```

```
#####Calculo de temporadas
```

```
t1<-Sys.time()
```

```
for(i in 1: nrow(f_pl)){
```

```
  t3<-Sys.time()
```

```
  estacion<-f_pl[i,1]
```

```
  ini<-year(f_pl[i,5])+1
```

```
  fin<-2020
```

```
  temporadas<-weather%>%
```

```
    dplyr::filter(id%in%estacion,year(date)>=ini & year(date)<=fin)%>%
```

```
    dplyr::group_by(id,nombre)%>%
```

```
    dplyr::reframe(ti=unique(year(date)),
```



```
tf=unique(year(date))+1
for(t in 1: nrow(temporadas)){
  u<-as.Date(gsub(pattern = "\\s",replacement = "",x = paste(temporadas[t,3],'-01-01',
format='%Y-%m-%d'))))
  fp<-u-wday(ymd(u))+(f_pl[i,6]-1)*7+1
  fl<-u-wday(ymd(u))+f_pl[i,7]*7
  terc<-round((fl-fp)/3,0)

  f_temprana<-sample(seq(as.Date(fp), as.Date(fp+terc), by = "day"), 1)
  temporadas[t,5]<-f_temprana
  temporadas[t,6]<-f_temprana+15##
  f_intermedia<-sample(seq(as.Date(fp+terc), as.Date(fp+terc*2), by = "day"), 1)
  temporadas[t,7]<-f_intermedia
  temporadas[t,8]<-f_intermedia+15
  f_tardia<-sample(seq(as.Date(fp+terc*2), as.Date(fl), by = "day"), 1)
  temporadas[t,9]<-f_tardia
  temporadas[t,10]<-f_tardia+15
  temporadas[t,11]<-f_pl[i,2]

  names(temporadas)[5]<-'f_tem'
  names(temporadas)[6]<-'f_em_tem'
  names(temporadas)[7]<-'f_int'
  names(temporadas)[8]<-'f_em_int'
  names(temporadas)[9]<-'f_tar'
  names(temporadas)[10]<-'f_em_tar'
  names(temporadas)[11]<-'estacion'
```



```
setwd('C:/est_tt/datosprueba/LosLagos/Temporadas')
write.csv(temporadas,gsub(' ','',paste(estacion,'_temp.csv')),row.names = FALSE)
dates<-c(gsub(pattern = "\\s",replacement = "",x = paste(temporadas[t,3],'-10-31')),
        gsub(pattern = "\\s",replacement = "",x = paste(temporadas[t,3],'-11-10')),
        gsub(pattern = "\\s",replacement = "",x = paste(temporadas[t,3],'-11-13')),
        gsub(pattern = "\\s",replacement = "",x = paste(temporadas[t,3],'-11-17')),
        gsub(pattern = "\\s",replacement = "",x = paste(temporadas[t,3],'-11-23')))
dates<-as.Date(dates) #son fechas para la funcion 'Severity'

#####Definicion de S
inicio<-gsub(pattern = "\\s",replacement = "",x = paste(temporadas[t,3],'-06-30'))
fin<-gsub(pattern = "\\s",replacement = "",x = paste(temporadas[t,4],'-03-30'))
s<-subset(weather, weather$id%in%estacion&weather$date>=inicio & weather$date<=fin)
nombre<-rep(s$nombre,nrow(s))

EstCrec<-as.Date(inicio)
FinEstCrec<-as.Date(fin)
FechaEmerg <-temporadas[[t,6]]#Hacer dinamico para las tres fechas de emergencia

EndEpidDate <- as.Date(gsub(pattern = "\\s",replacement = "",x = paste(temporadas[t,4],'-03-30'))))
temporada<-gsub(pattern = "\\s",replacement = "",x = paste(temporadas[t,3],'-10-31',temporadas[t,4]))
NoReadingsH<- 1
RHthreshold<-85
```



```
setwd('C:/est_tt/datosprueba/LosLagos/Clim')
WS<-weatherSeverity(s, severity, dates, EstCrec, FinEstCrec, FechaEmerg, EndEpidDate,
temporada, NoReadingsH, RHthreshold)
write.csv(WS$Wfile, file=gsub(pattern = "\\s",replacement = "",
      x = paste('Clim_',unique(nombre),'_',temporada,'.csv')),row.names = FALSE)

for(l in 1: nrow(host)){
  Cultivar <-host[l,1]
  NR<-host[l,2]
  LGR<-host[l,3]#####tasa de crecimiento de la lesión
  SR<-host[l,4] #####Tasa de esporulacion
  LP<-host[l,5] #####Periodo de latencia
  U_UT<-host[l,6]
  U_UF<-host[l,7]
  IniSpor <- 0
  IE <- 0.9 ##### eficiencia de la infección
  InMicCol <- 9
  ApplSys <- "NOFUNGICIDE"
  freq<-10
  print(Cultivar)

  apl<-aplicacion(WS,freq)
  setwd('C:/est_tt/datosprueba/LosLagos/AP')
  write.csv(apl$aplicaciones, file=gsub(pattern = "\\s",replacement = "",x =
paste('app_',unique(nombre),'_',NR,'_',temporada,'.csv')),row.names = FALSE)
```



```
host[,8]<-unique(nombre)
colnames(host)[8]<-'nombre'
print(host[,8])
host[,9]<-apl$fecha5
colnames(host)[9]<-'fpa_al'
print(host[,9])
host[,10]<-apl$nffecha5
colnames(host)[10]<-'npa_al'
print(host[,10])
host[,11]<-apl$fecha5
colnames(host)[11]<-'InocDate'
print(host[,11])
InocDate<-host[,11]
print(InocDate)
```

```
setwd('C:/est_tt/datosprueba/LosLagos/host')
write.csv(host,gsub(' ','',paste(estacion,'_',temporada,'_host.csv')),row.names = FALSE)
main<-gsub(pattern = "\\s",replacement = "",
           x      =      paste(unique(nombre),'-',temporada,'-',Cultivar,'-',NR,'-',FechaEmerg,'-',
                                EndEpidDate))
```

```
model<-lateblight(WS,Cultivar,ApplSys, InocDate, LGR,IniSpor,SR,IE, LP,
                 MatTime='MIDSEASON',InMicCol,main=main,type="I",xlim=c(0,200),lwd=1.5,
                 xlab="Time (days after emergence)", ylab="Severity (Percentage)")
```




```
host[,12]<-model$dmax
colnames(host)[12]<-'dmax'
host[,13]<-host$dmax[l]-host$npa_al[l]
colnames(host)[13]<-'periodo'

setwd('C:/est_tt/datosprueba/LosLagos/LB')
write.csv(model$Ofile,
          file=gsub(pattern = "\\s",replacement = "",
                    x = paste('lb_',unique(nombre),'_',NR,'_',temporada,'.csv')),row.names = FALSE)
}
}
}

fileclim <- list.files(path = "C:/est_tt/datosprueba/LosLagos/Clim", pattern = ".csv",
full.names=TRUE)
clim <- ldply(fileclim, read.csv)
write.csv(clim, 'C:/est_tt/datosprueba/LosLagos/Clim/Clim.csv',row.names = FALSE)

filelb <- list.files(path = "C:/est_tt/datosprueba/LosLagos/LB", pattern = ".csv",
full.names=TRUE)
LB <- ldply(filelb, read.csv)
write.csv(LB, 'C:/est_tt/datosprueba/LosLagos/LB/LB.csv',row.names = FALSE)

fileapp <- list.files(path = "C:/est_tt/datosprueba/LosLagos/AP", pattern = ".csv",
full.names=TRUE)
```



```
app <- ldply(fileapp, read.csv)
app<-read.csv('C:/est_tt/datosprueba/LosLagos/AP/app.csv',sep=',')

lb_plot_I<-ggplot(LB_p)+
  geom_point(aes(x=nday,y=SimSeverity,colour=factor(NR)))+
  facet_grid(temp~nombre)+
  labs(x="Dias de la temporada",y='Severidad (%)')+
  scale_colour_manual(values = c('MR' = "darkgreen", 'S' = "#FF9900"))+
  theme_bw()+theme(legend.position='none')

lb_plot_II<-ggplot(LB_p,aes(x=nday))+
  geom_point(aes(y=SimSeverity))+
  #geom_line(aes(y=SimSeverity))+
  facet_grid(.~nombre)

lb_plot_III<-ggplot(LB_p,aes(x=nday))+
  #geom_line(aes(y=AttchSp/1000000,colour="blue"))+
  geom_point(aes(y=SimSeverity))+
  facet_grid(temp~nombre)

home<-setwd('C:/est_tt/datosprueba/LosLagos')
id<-'INIA-29'
tempo<-read.csv(paste(home,gsub('
',' ',paste('Temporadas/',id,'_temp.csv')),sep='/'),sep=',',header=TRUE)
```



```
nom<-unique(tempo[,2])

ini<-2014
temporada<-gsub(' ',",",paste(ini,'-',ini+1))
host<-read.csv(paste(home,gsub(' ',",",paste('host/',id,'_',temporada,'_host.csv')),sep='/'),sep=',',header=TRUE)
host<-host[,-1]
FechaEmerg<-as.Date(tempo[tempo$ti==ini,6])
inig<-as.Date(gsub(' ',",",paste(ini,'-07-01')))
fing<-FechaEmerg+130
InocDate<-unique(host[,10])

clim <- read.csv(paste(home,'Clim/clim.csv',sep='/'), sep=',', header=TRUE)
clim$Date<-as.Date(clim$Date)
clim<-clim%>%
  dplyr::filter(nombre%in%nom,
                 temporada==temporada,
                 Date>=inig,Date<=fing)%>%
  mutate(dia=yday(Date))

climgrf<-ggplot(clim,aes(x=Date))+
  geom_area(aes(y=HumidHrs), fill="lightblue")+
  geom_hline(yintercept = 24,linetype = 3,color="lightblue",lwd = 1)+
  geom_bar(mapping = aes(y = Rainfall),fill="darkblue", stat = "identity")+
  geom_line(aes(y=humidtmp*5),color="red",size=0.5)+
  #scale_colour_manual(values = c("blue", "red"))+
```



```
labs(title = paste(nom,"Temporada",' ',temporada))+
scale_x_date(date_breaks = "2 week", date_labels = "%d%b") +
scale_y_continuous('Precipitación (mm/dia)\n Horas de HR >=85%',sec.axis =
sec_axis(trans=~./5, name = "Temperatura media\n en horas HR>=85%"))+
#scale_y_continuous(sec.axis = sec_axis(~ . * 3 / 2, name = "Duración de hoja mojada
(horas/dia)))+
theme(axis.text.x = element_blank(),
      axis.title.x = element_blank(),
      axis.text.y = element_text(size=8, face="bold", color = 'blue'),
      axis.title.y = element_text(size=8, face="bold",color='blue'),
      axis.text.y.right = element_text(size=8, face="bold", color = 'red'),
      axis.title.y.right = element_text(size=8, face="bold", color = 'red'),
      axis.ticks.length=unit(0.1,"cm"),
      legend.position = 'none',
      legend.direction = 'vertical',
      legend.text = element_text(size = 8, angle = 90),
      legend.key = element_rect(color = "red", fill = NA),
      legend.key.width=unit(2,"line"),
      legend.key.height=unit(2,"line"),
      legend.title = element_blank(),
      panel.grid.major = element_blank(),
      panel.grid.minor = element_blank(),
      strip.text.x = element_text(size=8, face="bold", color = "black", angle = 0)
      #plot.margin = unit(c(1,4,1,3), "cm"
      )+
ylab('Precipitación (mm/dia)')
```



```
LB <- read.csv(paste(home,'LB/LB.csv',sep='/'),sep=',',header=TRUE)
```

```
LB$Date<-as.Date(LB$Date)
```

```
LB<-data.frame(LB)%>%
```

```
  dplyr::filter(nombre%in%nom,temporada==temporada,  
                Date>=inig,Date<=fing)
```


```
lbrf<-
```

```
  ggplot(LB,aes(x=as.Date(Date, "%Y-%m-%d")))+  
  geom_line(aes(y=SimSeverity,colour="blue"))+  
  geom_line(aes(y=AttchSp/1000000,colour="red"))+  
  geom_segment(aes(x=as.Date(FechaEmerg, "%Y-%m-%d"), y=40, xend=as.Date(FechaEmerg,  
"%Y-%m-%d"),  
                  yend=10), arrow=arrow(length = unit(4, "mm")), color="blue") +  
  scale_colour_manual(values = c("blue", "red"))+  
  scale_x_date(date_breaks = "2 week", date_labels = "%d%b") +  
  scale_y_continuous('Severidad acumulada (%)',sec.axis = sec_axis(~.*1000000, name =  
"Esporulación\n"))+  
  #theme(axis.text.x = element_text(angle = 90, vjust = 0.5, size = 8))+  
  facet_wrap(~factor(NR,levels=c("S","MS","MR"),labels = c("Susceptible","Medianamente  
susceptible","Medianamente Resistente")),ncol=1,nrow=3)+  
  theme(axis.text.x = element_blank(),  
        axis.title.x = element_blank(),  
        axis.text.y = element_text(size=8, face="bold", color = 'blue'),  
        axis.title.y = element_text(size=8, face="bold",color='blue'),  
        axis.text.y.right = element_blank(),  
        axis.title.y.right = element_text(size=8, face="bold", color = 'red'),
```



```
axis.ticks.length=unit(0.1,"cm"),  
legend.position = 'none',  
legend.direction = 'vertical',  
legend.text = element_text(size = 8, angle = 90),  
legend.key = element_rect(color = NA, fill = NA),  
legend.key.width=unit(2,"line"),  
legend.key.height=unit(2,"line"),  
legend.title = element_blank(),  
panel.grid.major = element_blank(),  
panel.grid.minor = element_blank(),  
strip.text.x = element_text(size=8, face="bold", color = "black", angle = 0) +  
ylab('Severidad acumulada (%)\n\n\n')
```

```
AP<-read.csv('C:/est_tt/datosprueba/LosLagos/AP/app.csv',sep=',',header=TRUE)  
AP$Date<-as.Date(AP$Date)  
AP<-data.frame(AP)%>%  
  dplyr::filter(nombre%in%nom,temporada==temporada,  
    Date>=inig,Date<=fing)%>%  
  mutate(dia=yday(Date))  
AP<-AP%>%filter(tipo_app%in%c('CF','BC'))  
apps<-  
  ggplot(AP,aes(Date,tipo_app,fill=factor(app)))+  
  geom_tile(color = "grey",lwd = .5,linetype = 1) +  
  scale_fill_manual(values=c("white", "red"),  
    labels = c('No aplicar','Aplicar'),  
    guide = guide_legend(title='Aplicaciones',  
      direction = "horizontal"))+
```



```

scale_y_discrete(breaks=, labels=c("Blitecast",#"Simcast",
                                "Calendario Fijo"), limits=c("BC",#"SC",
                                "CF"))+
scale_x_date(date_breaks = "2 week", date_labels = "%d%b") +
labs(x='Fechas',y='Sistema de aplicación')+
coord_fixed(ratio = 10)+
theme(legend.position = c(0.25, 0.25),
      legend.background = element_rect(fill = "white", color = "black"),
      axis.text.y =element_text(vjust = -0.1,hjust=0.2,
                                margin = margin(l = 10, r = -70),face="bold"))

plot_grid(climgrf, lbgrf, apps, labels=c("a","b","c"), ncol = 1, align = "v" )

```



Referencias Bibliográficas

Andrade-Piedra, J. L., Hijmans, R. J., Forbes, G. A., Fry, W. E., & Nelson, R. J. (2005). "Simulation of potato late blight in the Andes. I: Modification and parameterization of the LATEBLIGHT model". *Phytopathology*. 95(10), 1191–1199. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-95-1191>.

Fry, W.E., Milgroom, M.G., Doster, M.A., Bruhn, J.A., and Bruck, R.I. 1991. *LATEBLIGHT: a plant disease management game - User Manual*. Version 3.1. Microsoft Windows Adaptation by B. E. Ticknor, and P. A. Arneson. Ithaca, Cornell University, Department of Plant Pathology, Ithaca, NY, USA.

De Memdiburu, F (2020). *Agricolae: Statistical procedures for agricultural research*. R package. Version 1.3-6, Recuperado de <https://CRAN.R-project.org/package=agricolae>.

R Core Team (2020). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Instituciones participantes



Secretaría Técnica Administrativa



Con el apoyo de:



www.fontagro.org

Correo electrónico: fontagro@fontagro.org