

IX XORNADA DE USUARIOS R EN GALICIA

20 de Outubro de 2022

Aplicacións dos gráficos de control para a monitorización da carga viral da COVID-19 nas augas residuais

Claudia Torviso

Salvador Naya

Javier Tarrío-Saavedra



Obxectivos

- **Obxectivo xeral:** Xerar gráficos de control para as alarmas do covid-19 nas augas residuais.
- **COVIDBENS:** Proxecto impulsado pola Edar de Bens, en colaboración con investigadores da UDC e do INIBIC para estudar o coronavirus nas augas residuais da área metropolitana de A Coruña.
- **Propósito:** Detectar unha alerta temprá do número de portadores do virus e determinación das variantes e mutacións.
- **Datos:** Carga vírica de covid-19 en muestras de auga residual.

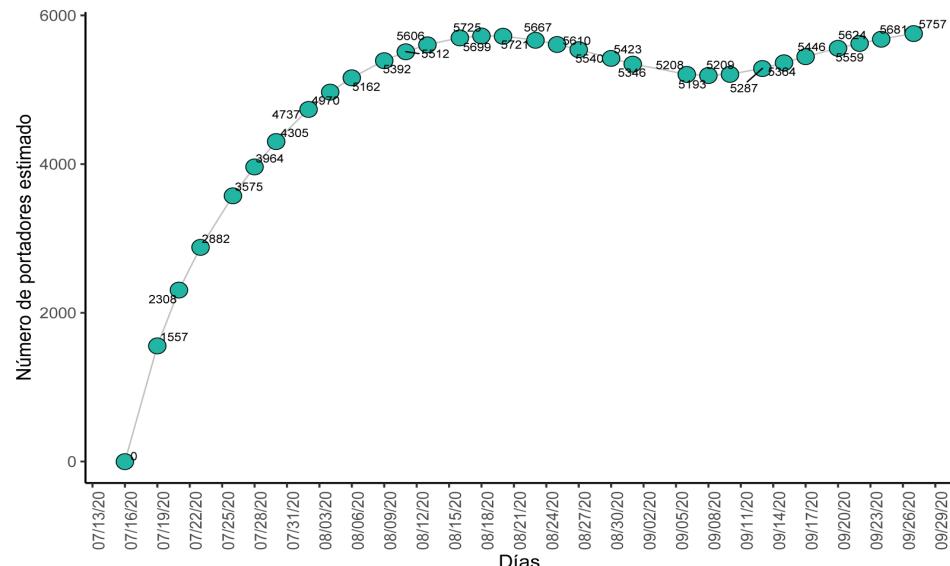
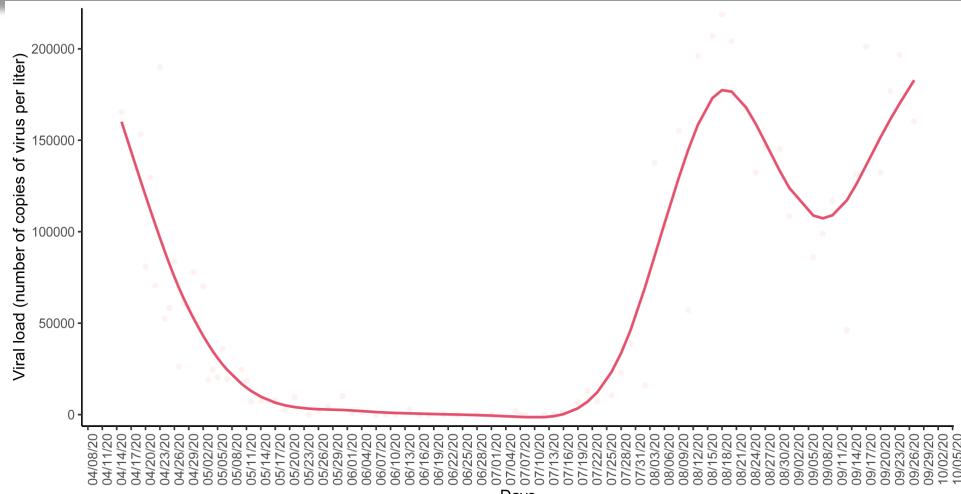
Antecedentes

A word cloud visualization centered around medical and health-related topics. The most prominent word is "covid-19" in large, bold, magenta letters. Surrounding it are other words like "parkinson's disease", "quality of life", "spain", and "heart failure". Other visible words include "survival", "taxonomy", "obesity", "children", "sars-cov-2", "stroke", "stress", "exercise", "clustering", "osteoarthritis", "frailty", "treatment", "deep learning", "adolescents", "gender", "big data", "rbc", "stroke", "cf", "foot", "gait", and "deep learning". The words are colored in various shades of green, blue, red, and purple.

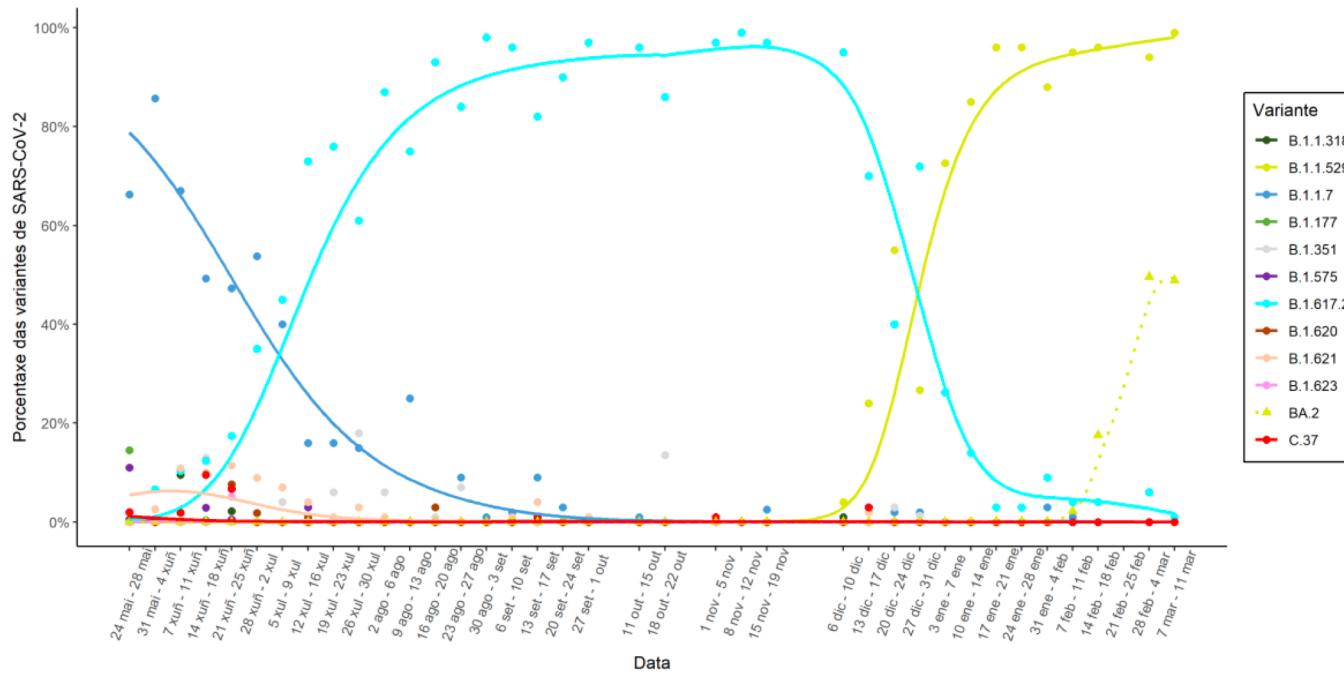
Antecedentes



Antecedentes



Antecedentes



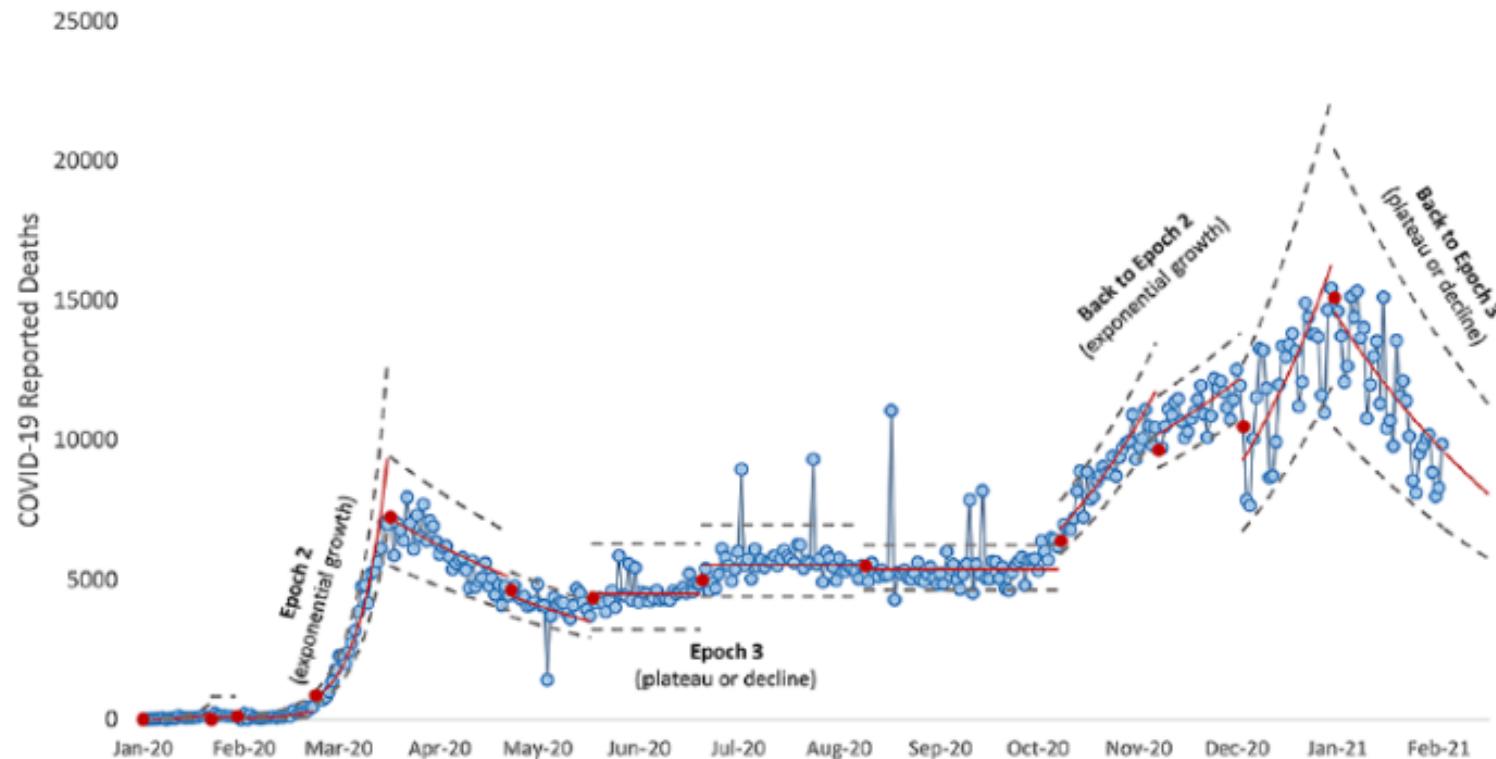
<https://edarbens.es/covid19/variantes-encontradas/>



Resultados

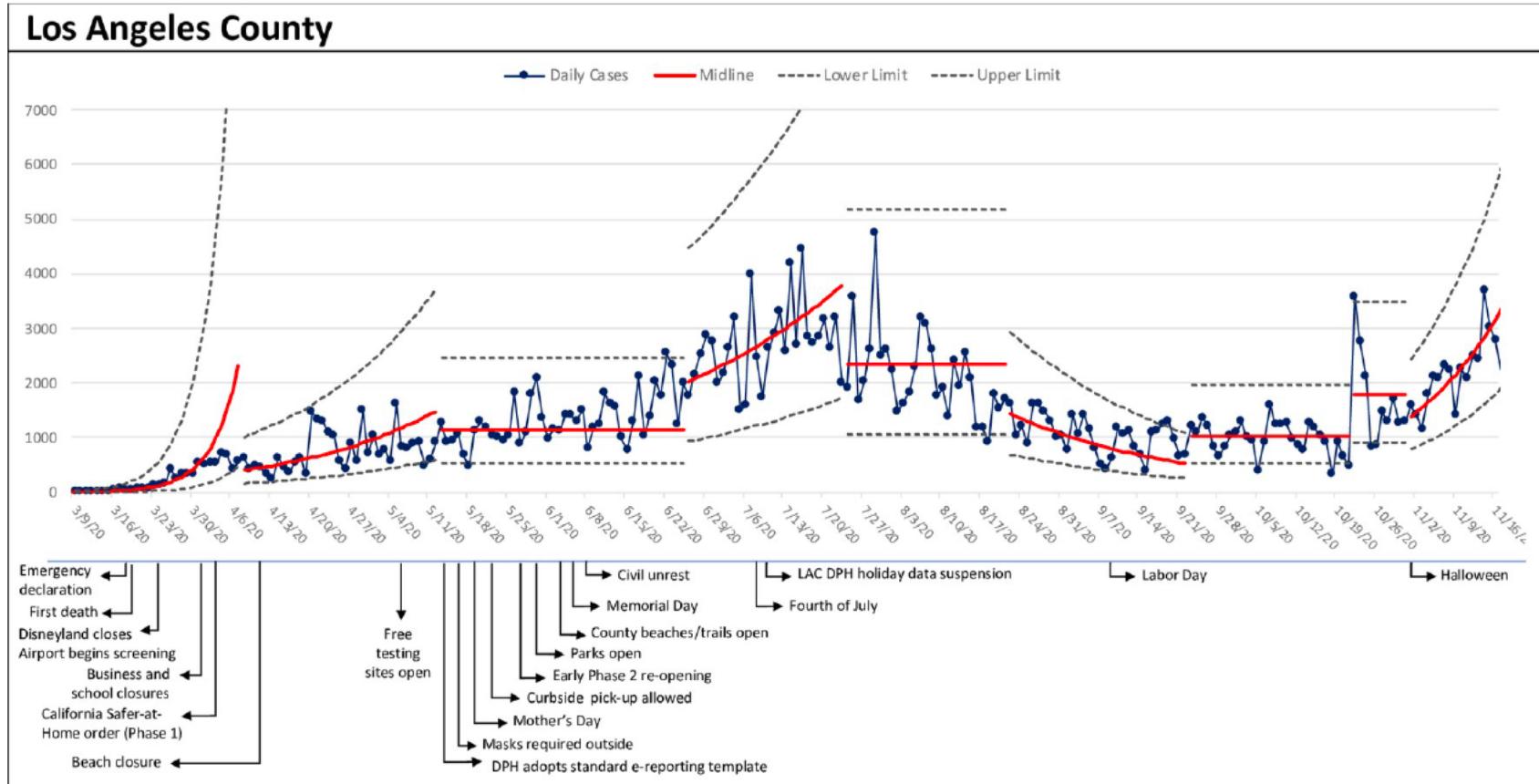
Gráficos de control gráfico híbrido de Shewhart para o estudio das diferentes fases da epidemia de COVID-19 no mundo. Extraído de Parry et al. (2021).

The World: Adjusted Daily COVID-19 Reported Deaths



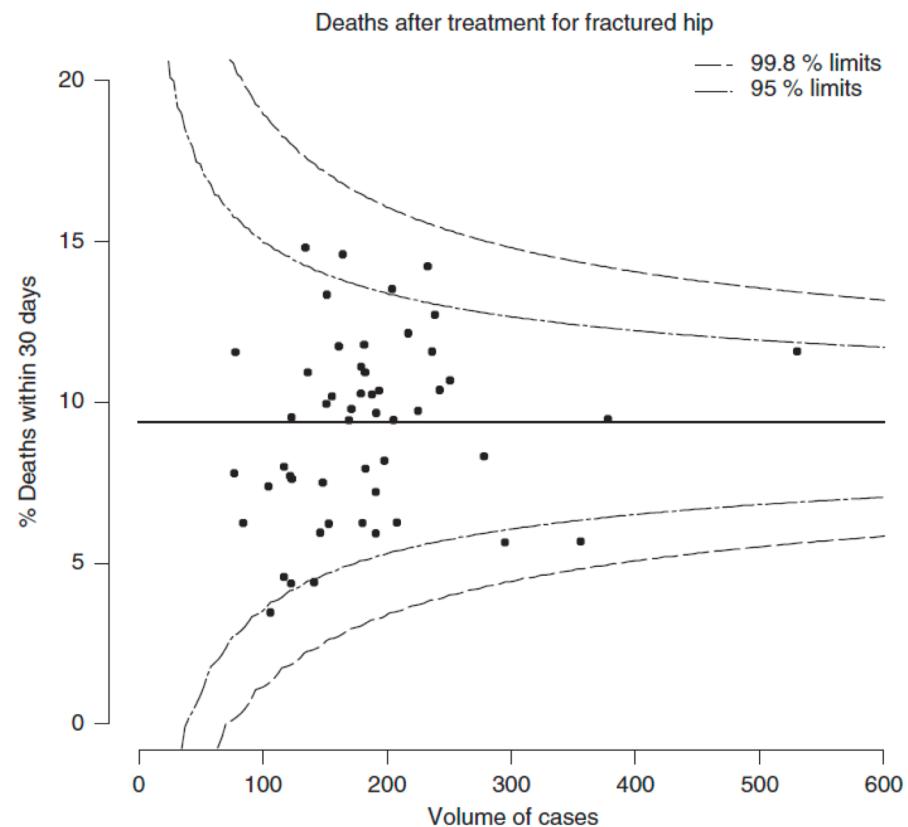
Resultados

Gráficos de control híbrido de Shewhart para estudiar a evolución e as diferentes etapas da epidemia no condado de Los Ángeles, EEUU. Extraído de Inkelas et al. (2021).



Resultados

Gráfico de control tipo “embudo” da tasa de mortalidade estandarizada por edad e sexo a 30 días tras o tratamento por rotura de cadeira de maiores de 65 años en 51 hospitales e centros sanitarios de Inglaterra entre 2000 e 2001. Extraído de Spiegelhalter (2002).



Resultados: Quality Control Review (qcr) - Enfoque No paramétrica

Package ‘qcr’

June 1, 2016

Type Package

Title Quality Control Review

Version 1.0

Date 2016-06-01

Author Miguel Flores, Salvador Naya, Ruben Fernandez and Javier Tarrio

Maintainer Miguel Flores <ma.flores@outlook.com>

Depends R (>= 2.10), qcc, fda.usc, mvtnorm, qualityTools, MASS

Description Allows to generate Shewhart-type charts and to obtain numerical results of interest to the quality control of a process (involving continuous, attribute or count data). This package provides basic functionality for univariable and multivariable quality control analysis, including: xbar, xbar-one, S, R, ewma, cusum, mewna, mcusum and T2 charts. Additionally have nonparametric control charts multivariate. Parametric and nonparametric Process Capability Indices.

License GPL (>= 2)

LazyData yes

RxygenNote 5.0.1

NeedsCompilation no

Gráficos de control de calidad

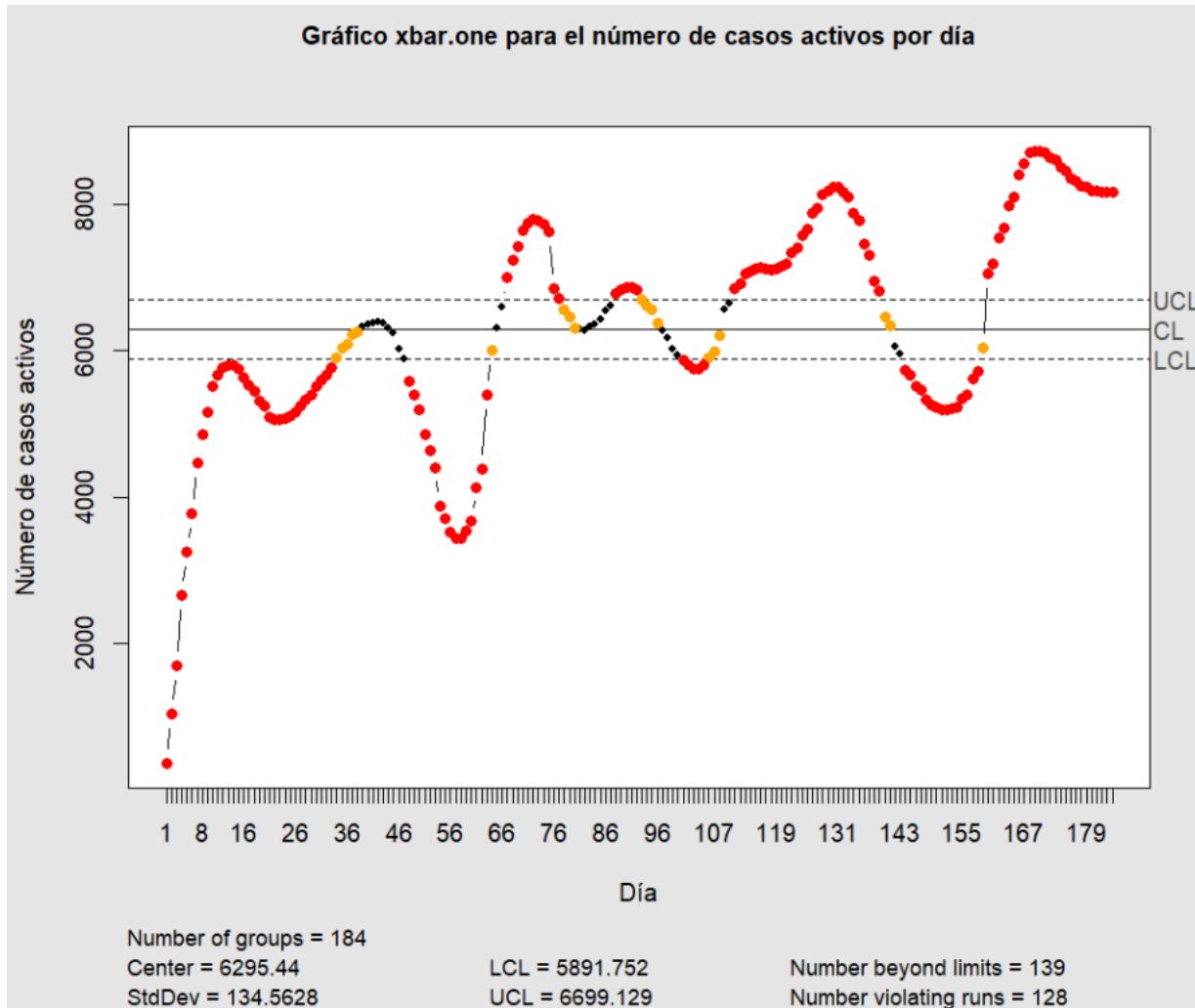
- Paramétricos (*xbar, one, R, S, c, np, p, g, CUSUM, EWMA, MCUSUM, MEWMA , T²*)
- Non paramétricos (r, Q, S)

Índices de Capacidad

- Paramétricos (*Cp, Cpk,Cpm, Cpmk*)
 - Normal
 - Weibull, Exponencial, etc.
- Non paramétricos (*CNp, CNpk,CNpm, CNpmk*)

[9] Flores M. , Naya S., Fernández R., Javier Tarrio (2022). **Quality Control and Review, (qcr)**. V3.0. CRAN Repository.

Resultados



Resultados

Gráficos EWMA e CUSUM

Gráfico EWMA para el número de casos activos por día

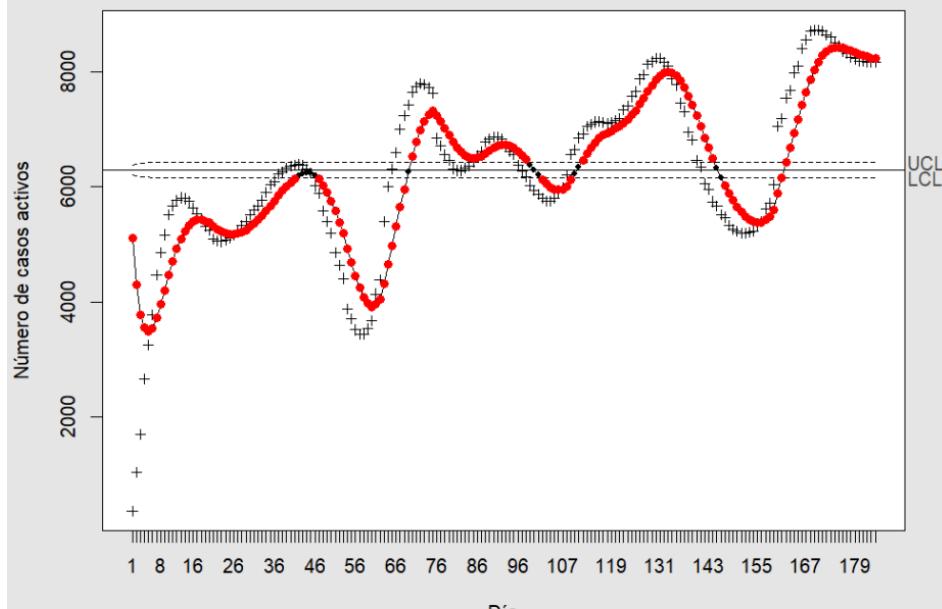
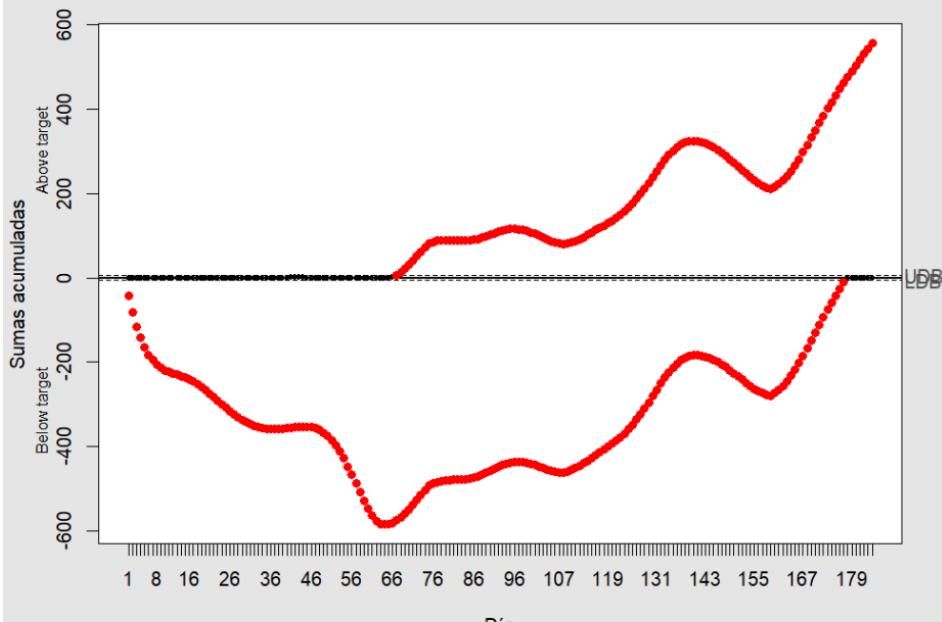


Gráfico CUSUM para el número de casos activos por día



Resultados

- Posible autocorrelación. test de Ljung-Box:
 - > Box.test(Casos, lag = 1, type = "Ljung-Box")
 - Box-Ljung test
 - data: Casos
 - X-squared = 164.16, df = 1, p-value < 2.2e-16
- Rexeitase a independencia.
- Construímos un modelo ARIMA: ARIMA(2,1,2) que proporciona un bon axuste.
- Utilizaremos os residuos do modelo.
- Utilizamos a función “auto.arima” do paquete “forecast” de R,

Resultados

Gráficos Medias individuales

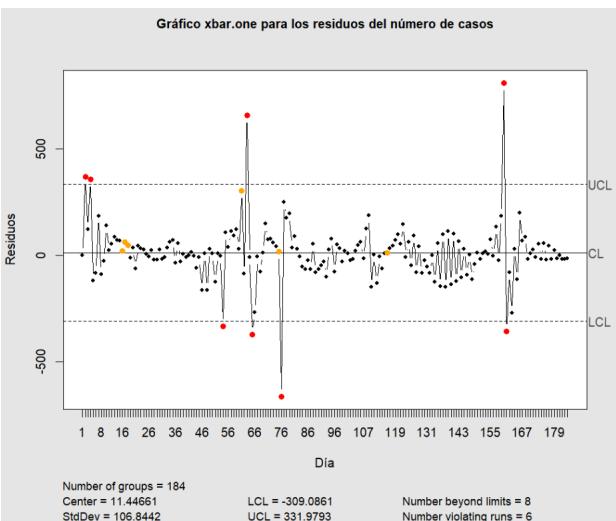


Gráfico EWMA

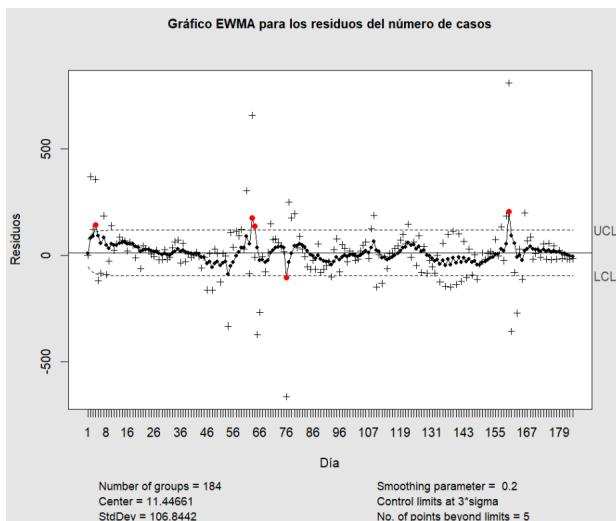
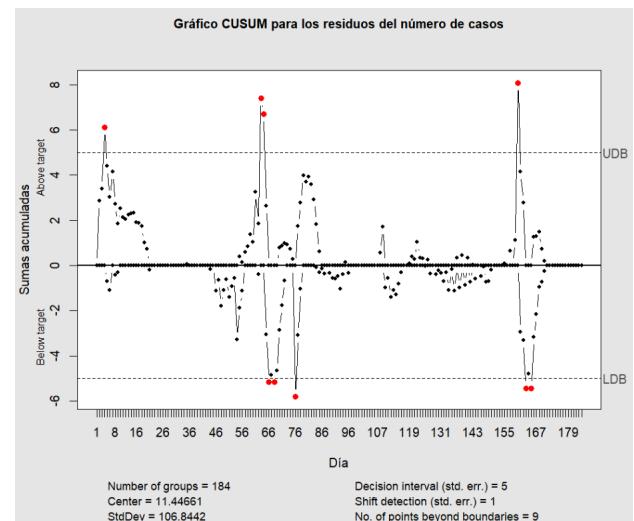


Gráfico CUSUM



\$beyond.limits

```
[1] 2 4 63 160 54 65 76 161
```

\$beyond.limits

```
[1] 4 63 64 76 160
```

\$beyond.limits

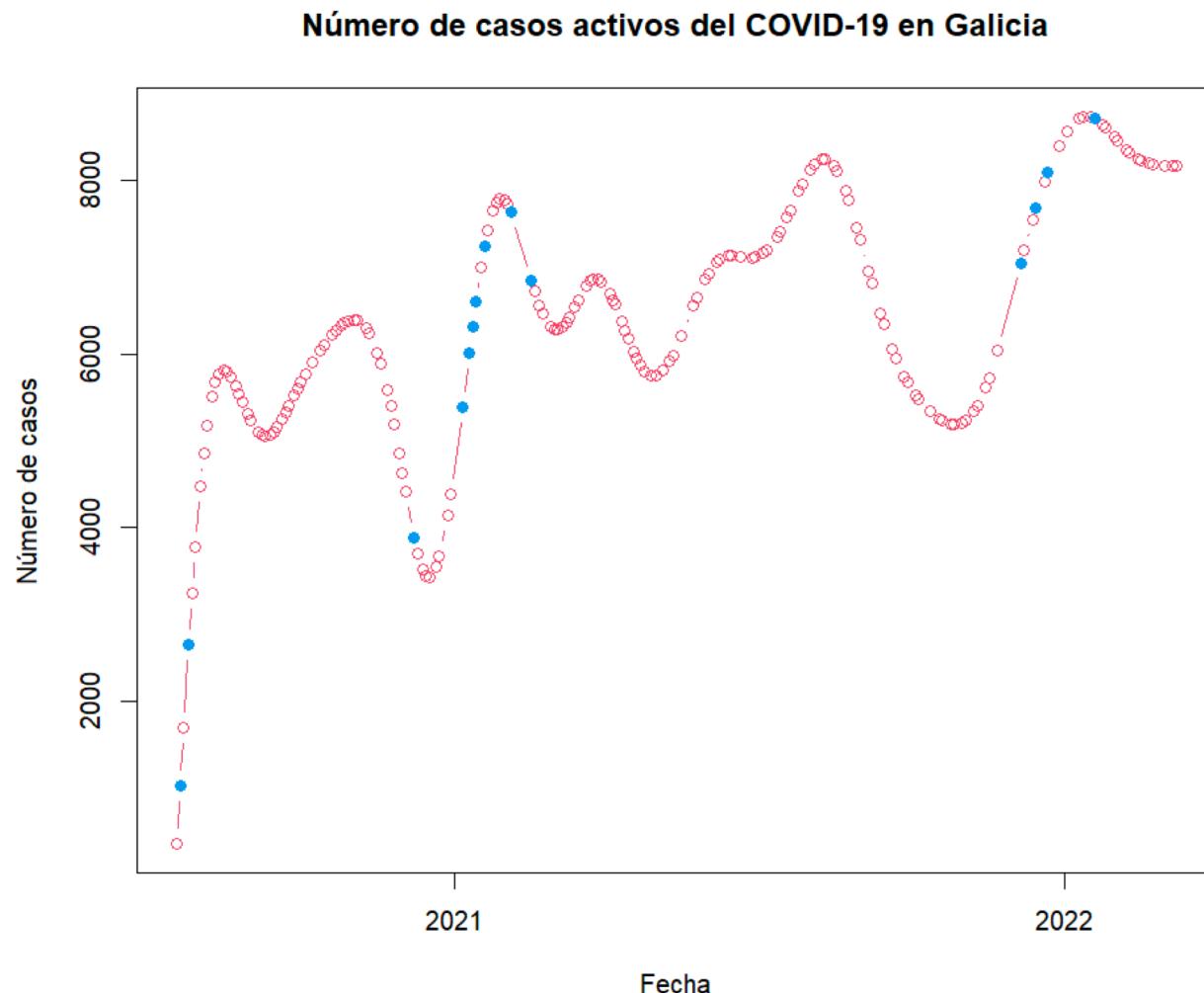
\$lower

```
[1] 66 68 76 163 165
```

\$upper

```
[1] 4 63 64 160
```

Resultados



Resultados

Gráfico xbar.one para la carga vírica medida por muestra (día)

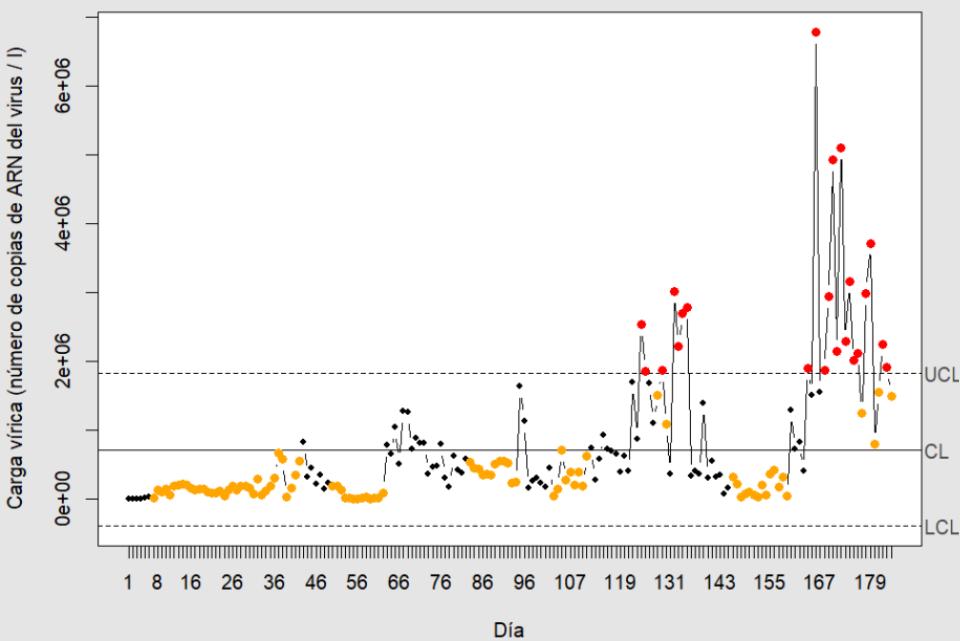
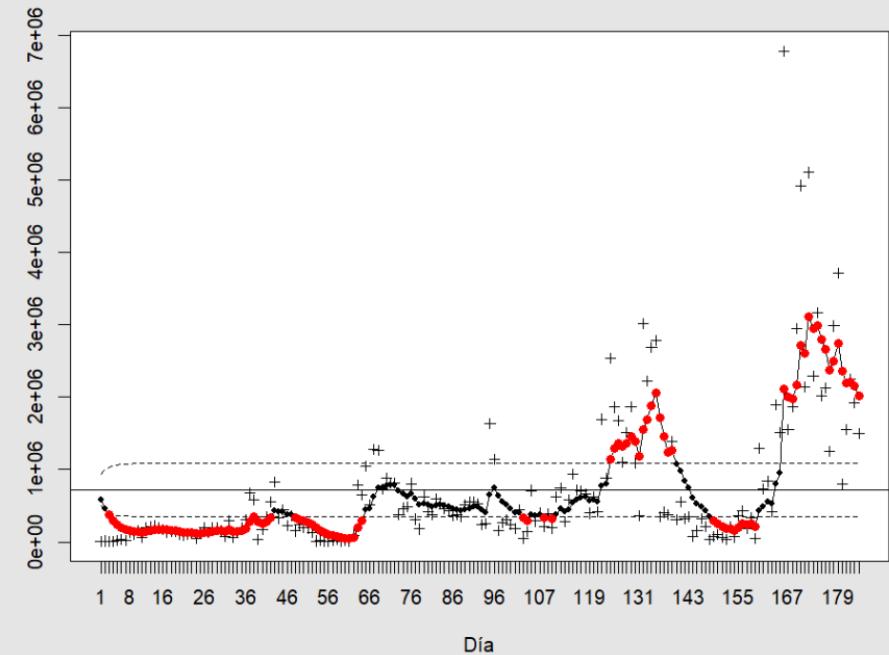


Gráfico EWMA para la carga vírica medida por muestra (día)



Resultados

Gráfico EWMA para los residuos del modelo ARIMA ajustado a la carga vírica

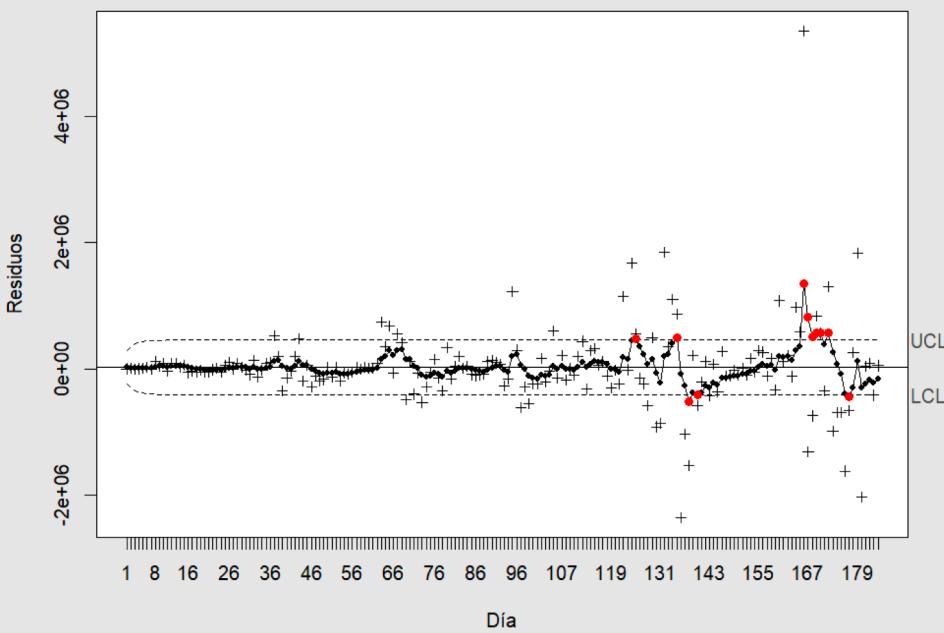
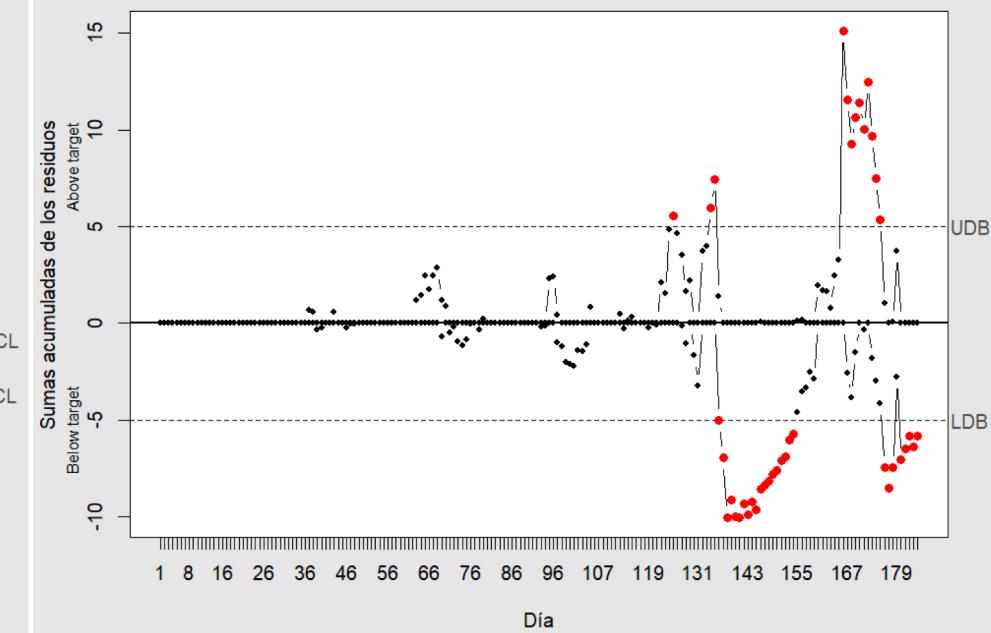
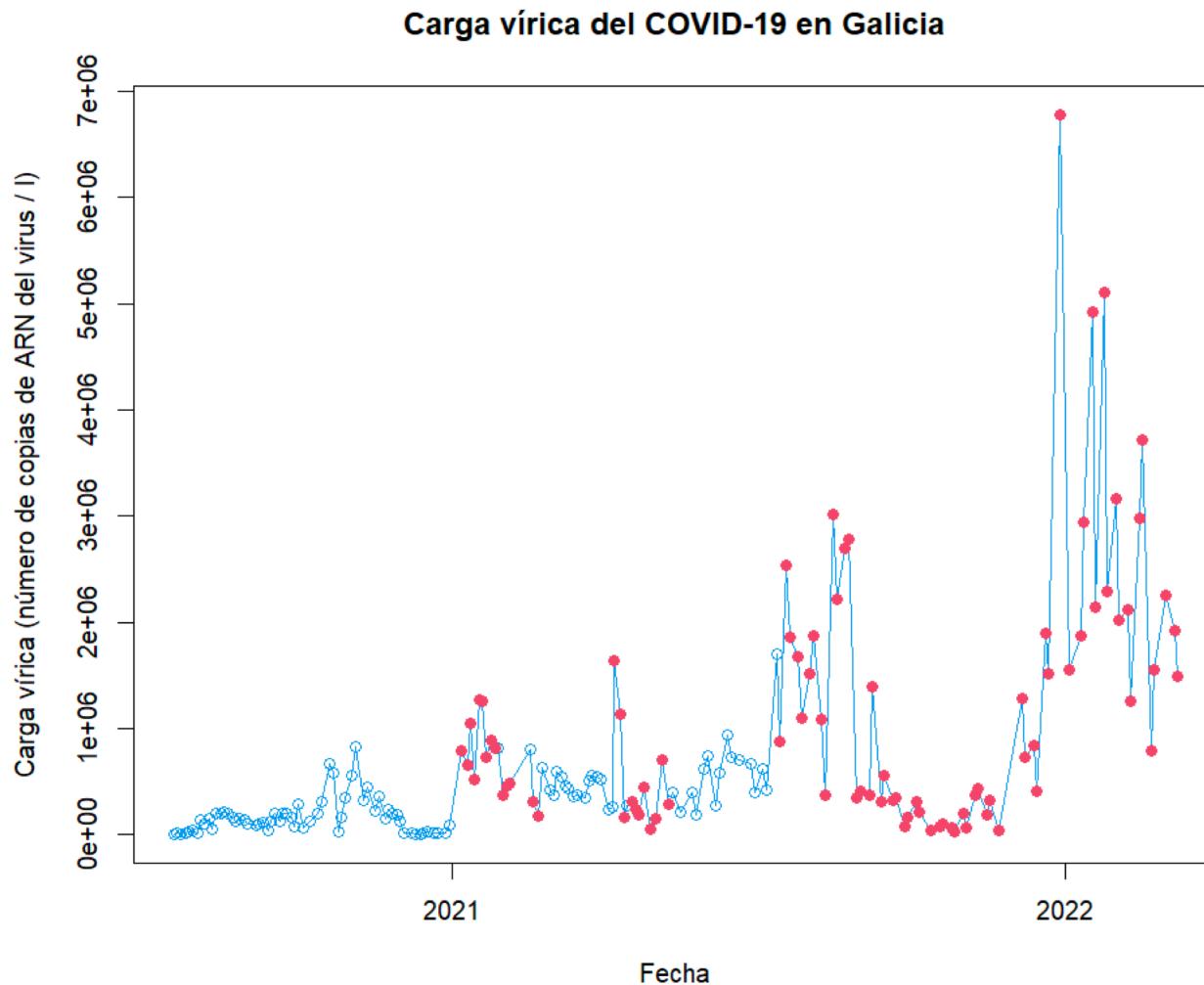


Gráfico CUSUM para los residuos del modelo ARIMA ajustado a la carga vírica



Resultados



Resultados

Método EARS ou Sistema de Detección Temprana de Anomalías ou Aberracións

(Early Aberration Detection System)

- **Método C1:** valor esperado será a media da línea de partida (os puntos anteriores ao momento presente).
- **Estatístico ou intervalo:** $C_1(t) = \frac{Y(t) - \bar{Y}_1(t)}{S_1(t)}$
- **Onde:** $\bar{Y}_1(t) = \frac{1}{baseline} \sum_{i=t-1}^{t-baseline} Y(i)$, y $S_1^2(t) = \frac{1}{baseline-1} \sum_{i=t-1}^{t-baseline} [Y(i) - \bar{Y}_1(i)]^2$
 - Baixo a hipótese de ausencia de brotes: $C_1(t) \sim N(0,1)$
 - Se producirá unha alarma se: $C_1(t) \geq z_{(1-\alpha)}$
- **Límite superior:** $U_1(t) = \bar{Y}_1(t) + z_{(1-\alpha)} S_1(t)$
- R “surveillance”.

Resultados

Método EARS ou Sistema de Detección Temprana de Anomalías ou Aberracións

(Early Aberration Detection System)

- **Método C2:** a línea de partida terá un desfase de 2 unidades de tempo, ($t - \text{baseline} - 2$).
- **Estatístico ou intervalo:** $C_2(t) = \frac{Y(t) - \bar{Y}_2(t)}{S_2(t)}$
- **Onde:** $\bar{Y}_2(t) = \frac{1}{\text{baseline}} \sum_{i=t-3}^{t-\text{baseline}-2} Y(i)$, y $S_2^2(t) = \frac{1}{\text{baseline}-1} \sum_{i=t-3}^{t-\text{baseline}-2} [Y(i) - \bar{Y}_2(i)]^2$
- Baixo a hipótese de ausencia de brotes: $C_2(t) \sim N(0,1)$
- Se producirá unha alarma se: $C_2(t) \geq z_{(1-\alpha)}$
- **Límite superior:** $U_2(t) = \bar{Y}_2(t) + z_{(1-\alpha)} S_2(t)$
- R “surveillance”.

Resultados

Método EARS ou Sistema de Detección Temprana de Anomalías ou Aberracións

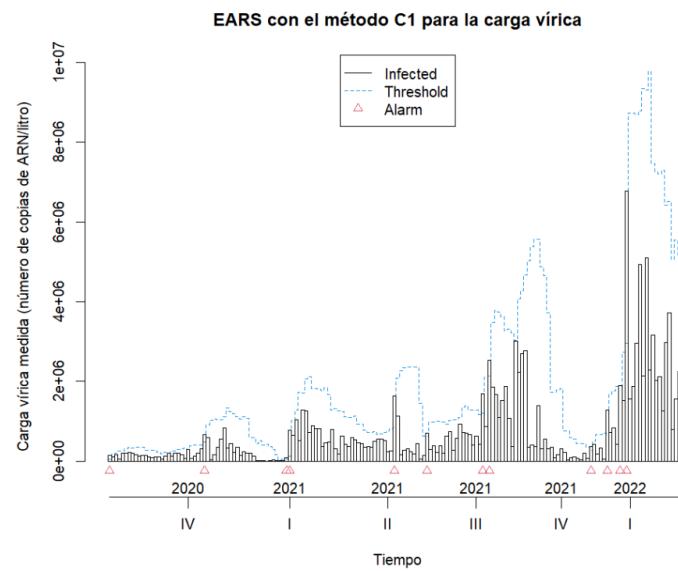
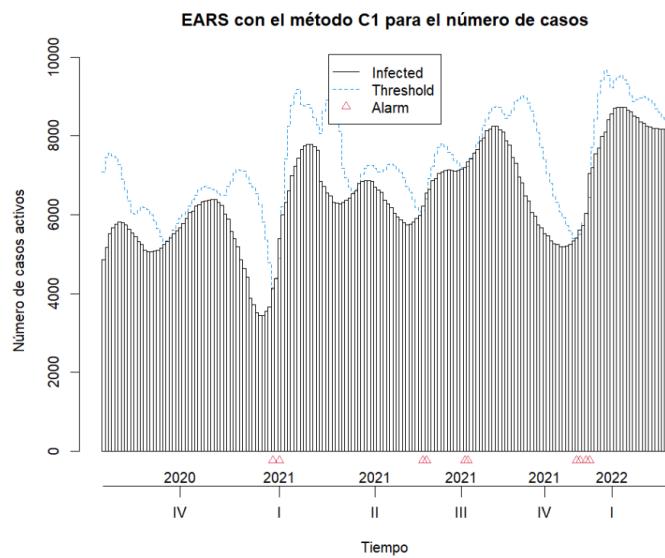
(Early Aberration Detection System)

- **Método C3:** basado no método C2, pero a línea base consistirá nos instantes de tempo t (baseline + 4).
- **Estatístico ou intervalo:** $C_3(t) = \sum_{i=t}^{t-2} \max(0, C_2(i) - 1)$
- Baixo a hipótese de ausencia de brotes: $C_3(t) \sim N(0,1)$
- Se producirá unha alarma se: $C_3(t) \geq z_{(1-\alpha)}$
- **Límite superior:** $U_3(t) = \bar{Y}_2(t) + S_2(t)(z_{(1-\alpha)} - \sum_{i=t-1}^{t-2} \max(0, C_2(i) - 1))$
- R “surveillance”.

Resultados

Método EARS ou Sistema de Detección Temprana de Anomalías ou Aberracións

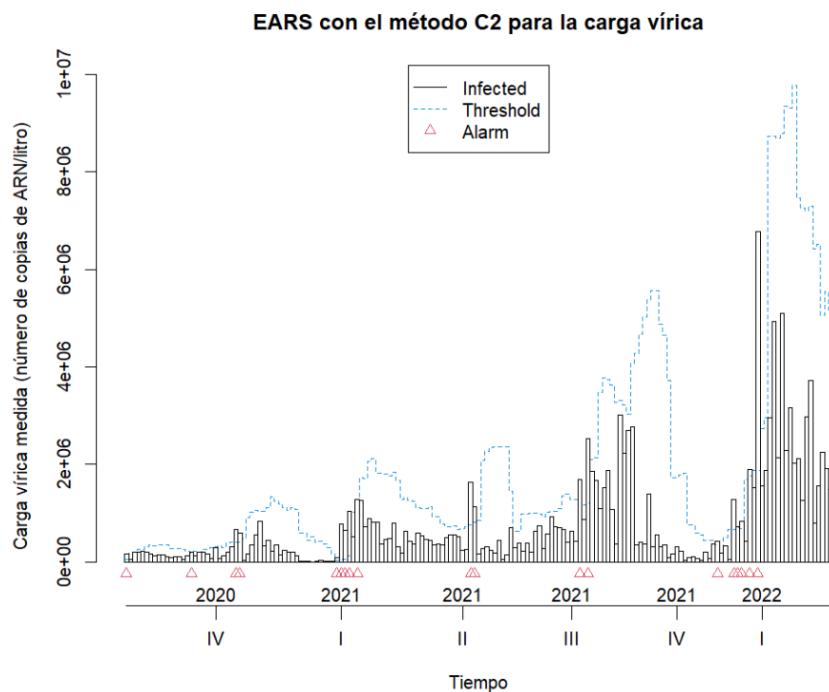
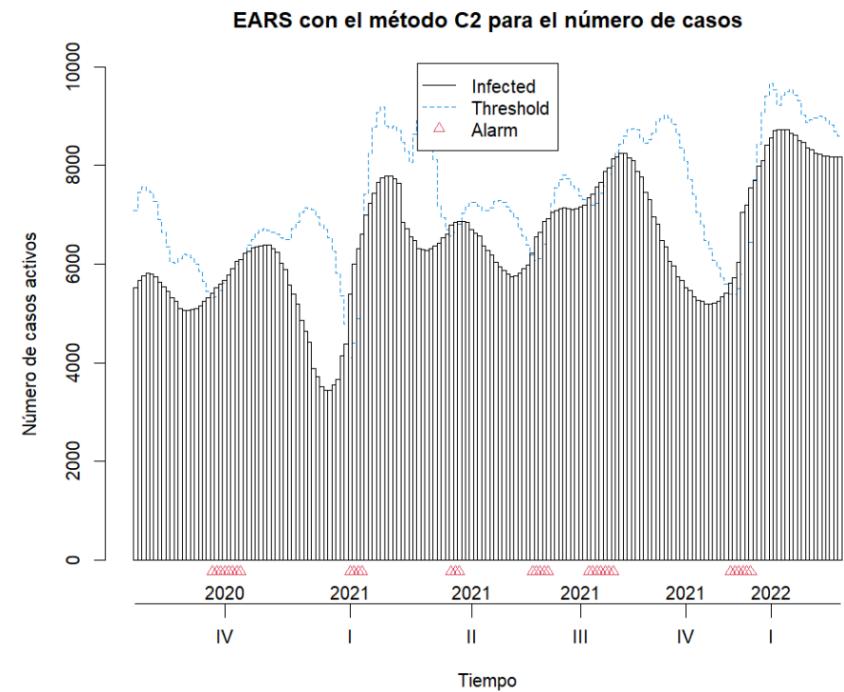
(Early Aberration Detection System)



Resultados

Método EARS ou Sistema de Detección Temprana de Anomalías ou Aberracións

(Early Aberration Detection System)

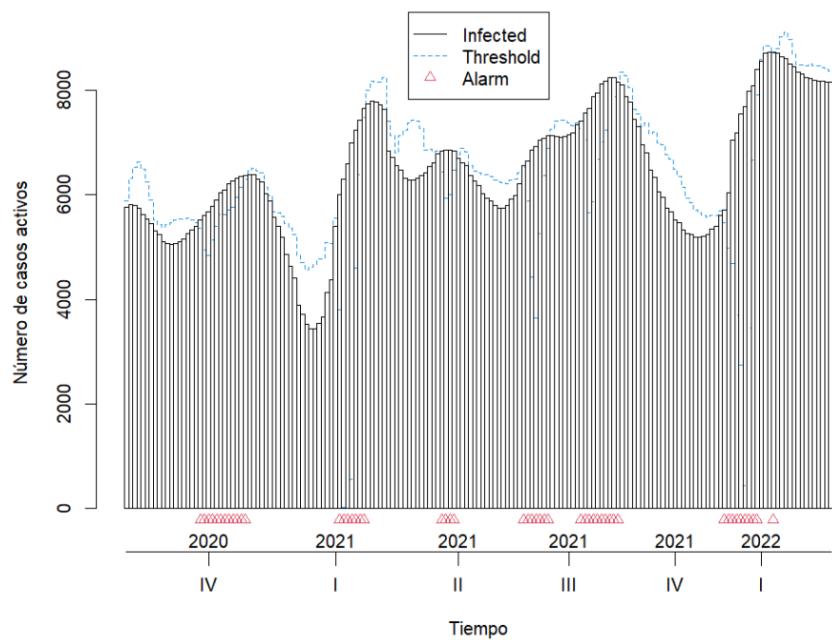


Resultados

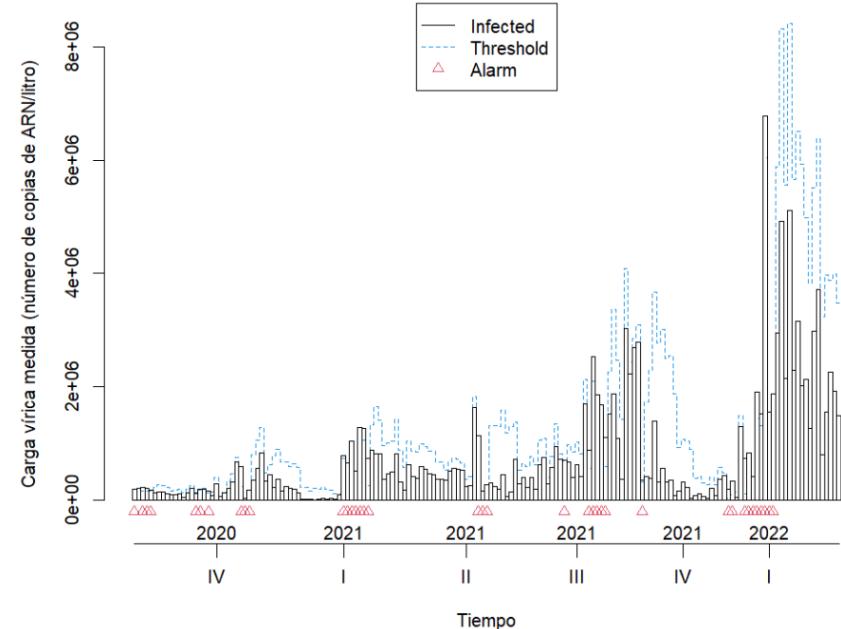
Método EARS ou Sistema de Detección Temprana de Anomalías ou Aberracións

(Early Aberration Detection System)

EARS con el método C3 para el número de casos



EARS con el método C3 para la carga vírica



Conclusíons

Pódense aplicar Gráficos de Control usando o R a este tipo de datos.
Tendo coidado coa autocorrelación.

Estos gráficos poden non ser eficientes. Necesario: intervalo de tempo no que a situación sanitaria esté baixo control, recalculamos os límites cada vez que cambie. Novas Alternativas (C1, C2, C3).

Carga vírica provoca sinais de alarma antes de que aumente o número de casos.
Método EARS resulta mais eficaz para detección de alarmas.

Bibliografía

- [1] Torviso, C. (2022). Uso de técnicas SPC para o estudo e control dos indicadores da COVID-19. TFM do máster de técnicas estatísticas das 3 universidades galegas. <http://eio.usc.es/pub/mte/>
- [2] COVIDBENS. (2022). COVIDBENS. Detección del COVID-19 en las aguas residuales. *Edar Bens*. <https://edarbens.es/covid19/>
- [3] Barbeito, I., Zaragoza, S., Tarrío-Saavedra, J., & Naya, S. (2017). Assessing thermal comfort and energy efficiency in buildings by statistical quality control for autocorrelated data. *Applied Energy*, 190, 1-17.
- [4] Vallejo, J. A., Trigo-Tasende, N., Rumbo-Feal, S., Conde-Pérez, K., López-Oriona, Á., Barbeito, I., Vaamonde, M., Tarrío-Saavedra, J., Reif, R., Ladra, S., Rodiño-Janeiro, B. K., Nasser-Ali, M., Cid, Á., Veiga, M., Acevedo, A., Lamora, C., Bou, G., Cao, R., & Poza, M. (2022). Modeling the number of people infected with SARS-COV-2 from wastewater viral load in Northwest Spain. *Science of The Total Environment*, 811, 152334.

Bibliografía

- [5] Parry, G., Provost, L. p, Provost, S. m, Little, K., & Perla, R. j. (2021). A hybrid Shewhart chart for visualizing and learning from epidemic data. *International Journal for Quality in Health Care*, 33(4).
- [6] Spiegelhalter, D. (2002). Funnel plots for institutional comparison. *Quality and Safety in Health Care*, 11(4), 390-391. <https://doi.org/10.1136/qhc.11.4.390-a>
- [7] Flores, M., Naya, S., Fernández-Casal, R., Zaragoza, S., Raña, P., and Tarrío-Saavedra, J. (2020). Constructing a control chart using functional data. *Mathematics*, **8**, 58,
- [8] Flores, M., Fernández-Casal, R., Naya, S., & Tarrío-Saavedra, J. (2021). Statistical Quality Control with the qcr Package. *R Journal*, **13**, 194-217.
- [9] <https://mflores72000.github.io/qcr/>