

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS**



**“MODELO BAYESIANO PARA ESTIMACIÓN DE CURVAS
INTENSIDAD-DURACIÓN-FRECUENCIA BASADO EN LLUVIA
HORARIA Y DIARIA EN LA REGIÓN LIMA”**

Presentada por:

RONALD ALEX VEGA ROMERO

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO
MAGISTER SCIENTIAE EN RECURSOS HÍDRICOS**






Lima – Perú

2023

Document Information

Analyzed document	Tesis_20221112_FIRMADA_Ronald.pdf (D156612441)
Submitted	2023-01-22 21:46:00
Submitted by	Cayo Ramos Taipe
Submitter email	cramost@lamolina.edu.pe
Similarity	6%
Analysis address	cramost.unalm@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	4630 vega_rr T1_.pdf Document 4630 vega_rr T1_.pdf (D34322131)		1
SA	Tesis Hansen Yacoov Roque Rojas.pdf Document Tesis Hansen Yacoov Roque Rojas.pdf (D77289684)		1
W	URL: https://uomustansiriyah.edu.iq/media/lectures/6/6_2022_05_21!02_10_40_PM.pdf Fetched: 2022-05-25 16:23:37		9
SA	PROYECTO DE HIDROLOGIA APLICADA 2022.pdf Document PROYECTO DE HIDROLOGIA APLICADA 2022.pdf (D142806528)		1
SA	15130--Reyes Olivera, René Marcial.pdf Document 15130--Reyes Olivera, René Marcial.pdf (D54671774)		1

Entire Document

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA ESCUELA DE POST-GRADO MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS
"MODELO BAYESIANO PARA ESTIMACIÓN DE CURVAS INTENSIDAD-DURACIÓN-FRECUENCIA BASADO EN LLUVIA HORARIA Y DIARIA EN LA REGIÓN LIMA" Presentado por: RONALD ALEX VEGA ROMERO TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAGISTER SCIENTIAE EN RECURSOS HIDRICOS Lima – Perú 2022
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA ESCUELA DE POST-GRADO MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS
"MODELO BAYESIANO PARA ESTIMACIÓN DE CURVAS INTENSIDAD-DURACIÓN-FRECUENCIA BASADO EN LLUVIA HORARIA Y DIARIA EN LA REGIÓN LIMA" TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAGISTER SCIENTIAE Presentado por: RONALD ALEX VEGA ROMERO Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado: Ms.Sc. Ricardo Apacla Nalvarte PRESIDENTE Mg.Sc. Cayo Ramos Taype ASESOR Dr. Abel Mejía Marcacuzco MIEMBRO Ph.D. Eduardo Chávarri Velarde MIEMBRO

98%

MATCHING BLOCK 1/13

SA 4630 vega_rr T1_.pdf (D34322131)

DEDICATORIA En memoria de mis familiares: Esther Gladys Vega Acuña, Elena Acuña Reyna, Raúl Arturo Vega Acuña, Víctor Manuel Romero Alarcón, Dorotea Alarcón Suyu; quienes se encuentran ahora en la gloria de Dios. "

El tiempo más la toma de datos reduce la incertidumbre"

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS**

**“MODELO BAYESIANO PARA ESTIMACIÓN DE CURVAS
INTENSIDAD-DURACIÓN-FRECUENCIA BASADO EN LLUVIA
HORARIA Y DIARIA EN LA REGIÓN LIMA”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO
MAGISTER SCIENTIAE**

Presentado por:

RONALD ALEX VEGA ROMERO

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

**Mg.Sc. Ricardo Apaella Nalvarte
PRESIDENTE**

**Mg.Sc. Cayo Ramos Taipe
ASESOR**

**Dr. Abel Mejía Marcacuzco
MIEMBRO**

**Ph.D. Eduardo Chávarri Velarde
MIEMBRO**

DEDICATORIA

En memoria de mis familiares: Esther Gladys Vega Acuña, Elena Acuña Reyna, Raúl Arturo Vega Acuña, Víctor Manuel Romero Alarcón, Dorotea Alarcón Suyo; quienes se encuentran ahora en la gloria de Dios.

“El tiempo más la toma de datos reduce la incertidumbre”

AGRADECIMIENTOS

Al Mg.Sc. Cayo Ramos Taype por su asesoramiento en el presente trabajo de investigación.

A los profesores del programa de maestría de Recursos Hídricos que en su enorme vocación de enseñanza me permitieron convertirme en un nuevo maestro del mundo.

A mis compañeros del trabajo de la empresa GRUPO ACHIRANA que tuvieron la paciencia y comprensión de brindarme el tiempo para prepararme en los estudios de maestría: Michel H. Cueva Portal, Paul H. Pérez Olivera, J. Raúl Torres Luis, Gisella Elizabeth Monsalve Alarcón, Patricia Paola Anicama Gonzales, Gary Durand Ramírez, F. Ernest Claros Quichiz, Mario A. Pedroza Llally y Tiffany R. Quesquen Bello.

A mis amigos de la empresa JMF INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN, por su fe en mi talento de ingeniería y por su compañerismo en los momentos de ocio y diversión social: Freddy Guevara Peralta, Juan Andre Sevilla Del Solar, Jhofre Flores Hurtado, Carlos A. Ramirez Herrada, Giampierre Villena Ortega, Lourdes A. Quispe Pastor, Luis Carlos Luzquiños Sanchez, Jordy J. Urbe Márquez, Johana Vilcas Cabieses, Yaquelin Mendoza Arone, Cesar Dominguez Barbosa y Ross Mery Huallpa Maldonado.

A mi familia Fanny Doris Romero Yaya, José Félix Vega Acuña, José Luis Vega Romero, Celia María Cadenas Rosario, Miryam Elena Vega Romero, Jorge Luis Capuñay Sifuentes, Camila Alexandra Capuñay Vega, Román Romero Alarcón, Julia Aquila Yaya Campos, Dina Romero Yaya, Mario Canal Alegre, Diego Julio Fernando Canal Romero, Joaquín Mateo Canal Romero, María Guadalupe Romero Yaya, William López Flores, Caleb Esteban López Romero, Zoé Luhana López Romero, María Rosario Romero Yaya, Yuri Romero Herrera, por sentir admiración hacia mí y animarme a continuar con mis estudios.

A mi Noemi Araujo Huamán que la recuerdo con cariño.

A mi amigo al que siempre quise igualar académicamente Julio Isaac Montenegro Gambini.

ÍNDICE GENERAL

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Objetivo principal	6
1.2	Objetivos específicos	6
2.	REVISIÓN DE LITERATURA O MARCO TEÓRICO	7
2.1	Estado del arte.....	7
2.2	Método IILA-SENAMHI-UNI (1983)	8
2.3	El método estadístico o frecuentista para curvas IDF.....	13
2.4	El enfoque bayesiano	14
2.5	Modelo bayesiano para generación de curvas IDF.....	15
2.6	Estimación local de parámetros de escala y de la distribución GEV.....	16
2.7	Estimación de parámetros de la distribución GEV para intensidad de lluvia máxima de 24 horas.....	17
2.8	Generación de curvas IDF proyectadas	18
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.1	Lugar de ejecución.....	19
3.2	Materiales utilizados	21
3.3	Análisis de calidad de los datos	21
3.4	Distribución “a posteriori” de parámetros de la función de distribución GEV en estaciones climáticas automáticas	26
3.5	Estimación de parámetros de la función de distribución GEV en el producto PISCO v2.0	27
3.6	Regionalización de parámetros y mapas temáticos	29
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
4.1	Distribución “a posteriori” de parámetros de la función GEV en estaciones climáticas automáticas.....	30
4.2	Factor de corrección de Hershfield.....	43

4.3	Distribución “a posteriori” de parámetros de la función de distribución GEV de las series de precipitaciones máximas diarias	45
4.4	Regionalización de los parámetros de la distribución GEV para máximas intensidades de lluvia [d=24h].....	54
4.5	Generación de curvas IDF	59
4.6	Mapas de máxima intensidad de lluvia.....	62
5.	CONCLUSIONES	67
6.	RECOMENDACIONES	69
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
8.	ANEXOS.....	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Valores de los parámetros del método IILA-SENAMHI-UNI (1983) para las 21 estaciones climáticas automáticas.	13
Tabla 2: Años hidrológicos con las que se cuenta con datos diarios de precipitación observada en las 21 estaciones climáticas automáticas.	22
Tabla 3: Resultados de la estimación de la media de la distribución GEV “a posteriori” de la máxima intensidad de lluvia para duración de 24 horas [d=24h].	31
Tabla 4: Resultados de la estimación del intervalo de confianza al 95 por ciento de la distribución GEV “a posteriori” de la máxima intensidad de lluvia para duración de 24 horas [d=24h].	32
Tabla 5: Resultados de la estimación de la media e intervalo de confianza al 95 por ciento de la distribución GEV por método “bootstrap resampling” de la máxima intensidad de lluvia para duración de 24 horas [d=24h].	33
Tabla 6: Estadísticas del factor de corrección de Hershfield observada en las 21 estaciones climáticas automáticas.	45
Tabla 7: Resultados de la distribución GEV para la máxima intensidad de lluvia [d=24h] extraídas del producto PISCO v2.0 (diario) sobre la ubicación de las estaciones climáticas automáticas.	47
Tabla 8: Resultados de la distribución GEV para la máxima intensidad de lluvia [d=24h] extraídas del producto PISCO v2.0 (diario) sobre la ubicación de las estaciones climáticas convencionales.	48
Tabla 9: Resultados de la distribución GEV para la máxima intensidad de lluvia [d=24h] extraídas del producto PISCO v2.0 (diario) para cada región hidrológicamente homogénea (clúster).	58
Tabla 10: Resultados de la distribución GEV para la máxima intensidad de lluvia [d=24h] extraídas del producto PISCO v2.0 (diario) para cada región hidrológicamente homogénea (clúster).	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación geográfica de las 21 estaciones climáticas automáticas utilizadas en el ámbito de estudio.....	3
Figura 2: Ubicación geográfica de las 60 estaciones climáticas convencionales utilizadas por el producto grillado PISCO en el ámbito de estudio.	4
Figura 3: Plano de subdivisión del territorio en zonas y subzonas pluviométricas.....	10
Figura 4: Ubicación de las 21 estaciones climáticas automáticas en las subzonas de pluviométricas.	11
Figura 5: Interpolación lineal del valor de “n” en la subzona pluviométrica: 5a.	12
Figura 6: Unidades hidrográficas pertenecientes a la jurisdicción de la Autoridad Administrativa del Agua (AAA) Cañete-Fortaleza.	20
Figura 7: Gráficos “box plot” de las intensidades de lluvia para diferentes duraciones de las 21 estaciones climáticas automáticas.....	23
Figura 8: Gráficos “box plot” de las series de precipitaciones máximas diarias (pmd) de las 60 estaciones climáticas convencionales.	24
Figura 9: Gráficos “box plot” de precipitaciones máximas diarias (pmd) de las 60 estaciones climáticas convencionales agrupados en subzonas pluviométricas.	25
Figura 10: Series temporales de corrección de Hershfield calculados para las 21 estaciones climáticas automáticas.	28
Figura 11: Comparación de las funciones de densidad para el parámetro μ_d obtenidos por modelo bayesiano (“posterior distribution”) y por el método “bootstrap resampling” para la estación CHIQUIAN UNASAM.	34
Figura 12: Comparación de las funciones de densidad para el parámetro σ_d obtenidos por modelo bayesiano (“posterior distribution”) y por el metodo “bootstrap resampling” para la estación CHIQUIAN UNASAM.	35
Figura 13: Comparación de las funciones de densidad para el parámetro “ ε ” obtenidos por modelo bayesiano (“posterior distribution”) y por el metodo “bootstrap resampling”.	36
Figura 14: Comparación de las longitudes del intervalo de confianza (incertidumbre) para los parámetros “ μ_d , σ_d y ε ” obtenidos por modelo bayesiano (“posterior distribution”) y por el método “bootstrap resampling” para la estación CHIQUIAN UNASAM.....	37

Figura 15: Comparación de las estimaciones de la media e intervalo de confianza al 95 por ciento de las proyecciones de la máxima intensidad de lluvia (y) para duraciones [d=1h a 24h] en la estación CHIQUIAN UNASAM.	39
Figura 16: Correlación de obtención de los parámetros μ_d para las 21 estaciones climáticas automáticas.	40
Figura 17: Correlación de obtención de los parámetros σ_d para las 21 estaciones climáticas automáticas.	41
Figura 18: Mapa de la distribución espacial de los parámetros “H” y “ θ ” [horas] en el ámbito de estudio.	42
Figura 19: Grafico boxplot del factor de corrección de Hershfield calculadas para las 21 estaciones climáticas automáticas.	43
Figura 20: Grafico boxplot del factor de corrección de Hershfield calculadas para las 21 estaciones climáticas automáticas, según sus subzonas pluviométricas.	44
Figura 21: Mapa de la distribución espacial de los parámetros “ $\mu_{.24}$, “ $\sigma_{.24}$ ” [mm/h] y “ ε ” en grillas de resolución $0.1^\circ \times 0.1^\circ$	46
Figura 22: Correlación de la altitud y los parámetros de $\mu_{.24}$, $\sigma_{.24}$ [mm/h] y ε extraídos del producto PISCO v2.0 (diario).	51
Figura 23: Correlación de las metodologías de obtención de los parámetros μ_{24} , σ_{24} y ε entre estaciones automáticas y estaciones convencionales extraídas del producto PISCO v2.0 (diario).	52
Figura 24: Comparación de las longitudes de incertidumbre de los parámetros de $\mu_{.24}$, $\sigma_{.24}$ y ε obtenidos por modelo bayesiano (“posterior distribution”) y del producto PISCO v2.0 (diario).	53
Figura 25: Mapa de la distribución espacial de las grillas de resolución $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ que cubren el ámbito de estudio (mm/h).	54
Figura 26: Mapa de la distribución espacial del parámetro “H” en grillas de resolución $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ dentro del ámbito de estudio.	55
Figura 27: Mapa de la distribución espacial del parámetro “ θ ” [horas] en grillas de resolución $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ dentro del ámbito de estudio.	56
Figura 28: Mapa de regionalización según parámetros “ $\mu_{.24}$, “ $\sigma_{.24}$ ” en grillas de resolución $0.1^\circ \times 0.1^\circ$	57
Figura 29: Curvas IDF generadas para las 4 regiones hidrológicamente homogéneas (clústeres) empleando las medias de los parámetros de distribución GEV.	59
Figura 30: Curvas IDF generadas para las 4 regiones hidrológicamente homogéneas (clústeres) empleando el percentil 2.5 por ciento de los parámetros de distribución GEV.	60
Figura 31: Curvas IDF generadas para las 4 regiones hidrológicamente homogéneas (clústeres) empleando el percentil 97.5 por ciento de los parámetros de distribución GEV.	61

Figura 32: Mapa de la distribución espacial de la máxima intensidad de lluvia “y” [$T_R=10$ años] en grillas de resolución $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ (mm/h).....	63
Figura 33: Mapa de la distribución espacial de la máxima intensidad de lluvia “y” [$T_R=25$ años] en grillas de resolución $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ (mm/h).....	64
Figura 34: Mapa de la distribución espacial de la máxima intensidad de lluvia “y” [$T_R=50$ años] en grillas de resolución $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ (mm/h).....	65
Figura 35: Mapa de la distribución espacial de la máxima intensidad de lluvia “y” [$T_R=100$ años] en grillas de resolución $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ (mm/h).....	66

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Fuente de información meteorológica a escala horaria	73
Anexo 2: Fuente de información meteorológica a escala diaria	73
Anexo 3: Resultados del script de RStudio para las 15 estaciones automáticas restantes:	78
Anexo 4: Comparación de las longitudes del intervalo de confianza (incertidumbre) para los parámetros “ μ d, σ d y ϵ ” obtenidos por modelo bayesiano (“posterior distribution”) y por el método “bootstrap resampling”:	120
Anexo 5: Datos históricos de máxima precipitación subdiaria de las estaciones climáticas automáticas:	130
Anexo 6: Resultados del script de RStudio para las series de máximas precipitaciones anuales del producto PISCO v2.0 (diario):.....	137

RESUMEN

Mediante la aplicación de técnicas de enfoque bayesiano a la variable aleatoria “intensidad máxima de lluvia anual” a escala temporal subdiaria, se obtiene menores grados de incertidumbre en el pronóstico de eventos extremos. Esto es verdad cuando se compara a las técnicas clásicas de la estadística, al disponer de un tamaño corto de datos horarios observados. Con ello se consigue una mejor decisión sobre el dimensionamiento de las obras hidráulicas y de drenaje pluvial tanto para un entorno urbano o rural. El objetivo del estudio es modelar la intensidad de lluvia con duración subdiaria, en la región Lima, bajo un enfoque bayesiano. El ámbito de estudio de la jurisdicción de la Autoridad Administrativa del Agua (AAA) Cañete Fortaleza, que está ubicada en la costa central de la vertiente del Pacífico. Es relevante porque en Lima se ubica la capital del país, que está experimentando una expansión urbana descontrolada especialmente hacia lugares de mayor altitud donde hay mayor posibilidad de ocurrir tormenta de verano que desencadenan flujos de detritos (huaycos) que afectan a poblaciones vulnerables cercanos a las quebradas. Empíricamente se ha demostrado el potencial de causar daños de estas tormentas. La lluvia con duraciones menores a un día son las más difíciles de cuantificar en todo el país, debido a la ausencia de un registro de datos históricos a escala subdiaria. Es recién en los últimos años, una nueva generación de estaciones climáticas automáticas registra datos históricos a escala horaria. Estos datos aun no superan los 20 años de longitud temporal. Hasta la fecha aún no se ha cuantificado el margen de error relacionado a estas metodologías, ya que se basan en métodos indirectos tomando de base las mediciones de estaciones climáticas convencionales a escala diaria. Es así que el modelo bayesiano propuesto supera esta limitación presentando grados de incertidumbre muy menores a pesar de contar con un máximo de 14 años de longitud de registro histórico.

Palabras clave: Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia, Modelos bayesianos, Data de lluvia horaria, Incertidumbre.

ABSTRACT

Applying Bayesian approach techniques to the random variable of “maximum annual rainfall intensity” on a sub-daily time scale, lower degrees of uncertainty are achieved for the extreme events forecast. That is true in comparison to classical statistical techniques, when a short observed hourly data is only available. A better decision is achieved to a adequate hydraulic works and storm drainage design in both urban or rural environment. The objective of the study is to model the intensity of rainfall with sub-daily duration, in the Lima region, under a Bayesian approach. The study área is the jurisdiction of the Water Administrative Authority (AAA) Cañete Fortaleza, located on the central coast of the Pacific watershed. Its relevant because in Lima is located the capital country, which is experimenting an uncontrolled urban expansión towards higher altitude sites where occur likely summer storm that trigger debris flows (huaycos) toward vulnerable populations close to streams. Empirically, the potential of these storms to cause damage and casualties has been demonstrated. Rainfall with durations lower than one day are the most difficult to quantify throughout the country, due to the absence of a historical record data at sub-daily scale. Currently in recent years a new generation of automatic weather stations generates historical records at hourly scale. These data still do not exceed 20 years time length time. To date still, the real margin error related on these methodologies has not been quantified, since they are based on indirect methods based on measurements of conventional climatic stations at daily scale. Thus, the proposed bayesian model overcomes this limitation, presenting lower uncertainty degrees despite having a maximum 14 years length of historical record.

Keywords: Intensity-Duration-Frequency Curves, Bayesian models, Hourly rainfall data, Uncertainty

I. INTRODUCCIÓN

La estimación de curvas intensidad-duración-frecuencia (IDF) para eventos de lluvia extrema es un procedimiento habitual en estudios hidrológicos e hidráulicos. En el diseño de obras de drenaje y control de inundación interesa la obtención de curvas IDF confiables a escala temporal subdiaria (1 a 24 horas de duración). Evaluar los eventos extremos de precipitación es a menudo limitada por la escasa disponibilidad de los datos a la escala temporal subdiaria. La implementación de nueva generación de estaciones climáticas automáticas proporciona nuevos registros históricos de lluvia a escala temporal horaria. Para aprovechar esta reciente fuente de información se desarrolló un modelo de inferencia bayesiana, que, combinado con la clásica información histórica diaria, brinda estimaciones validas de la curva IDF con un menor grado de incertidumbre para regiones sin observaciones disponibles en el ámbito geográfico de la región Lima.

El ámbito jurisdiccional de la Autoridad Administrativa del Agua (AAA) Cañete-Fortaleza, englobando a las siguientes unidades hidrográficas principales: Pativilca, Supe, Huaura, Chancay-Huaral, Chillón, Rímac, Lurín, Chilca, Mala, Omas y Cañete.

Se ha usado primeramente series de precipitación horaria recopilada de 21 estaciones climáticas automáticas, tal como se muestra en el **Anexo 1**, operadas por diversas instituciones acreditadas, y que cuentan solamente con registros para el periodo 2009-2022. Las series correspondientes a diferentes duraciones subdiarias (1h, 2h, 3h, 6h, 12h, 18h y 24h) han sido generadas a partir de las series de precipitación horaria observada.

Según la publicación WMO. Manual for Estimation of Probable Maximum Precipitation se explica que: *"Un registro largo producirá estimaciones de PMP (Precipitación Máxima Probable) generalmente más confiables que un registro corto de calidad comparable. Siempre que sea posible, se deben usar registros de no menos de 20 años y no se deben usar registros de menos de 10 años"*. Algunos autores mencionan un mínimo de años para la estimación curvas IDF confiables: *"...al menos 10 años de datos de observación (la duración mínima requerida para generar curvas IDF confiables)"* (Simonovic et al. 2016).

Por lo que los métodos estadísticos tienen una limitante de requerir de al menos 20 años de registros históricos para generar curvas IDF confiables con sus incertidumbres.

El uso del producto grillado PISCO de precipitaciones diarias, publicado por el SENAMHI, ha sido fundamental para extraer las series anuales de “máximas precipitaciones diarias” en las zonas donde no se tiene registros históricos subdiarios. Dentro del área de estudio, el producto PISCO mezcla datos basados en técnicas determinísticas (diario) cubre a las 60 estaciones climáticas convencionales existentes, operadas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), tal como se muestra en el **Anexo 2**. El periodo de análisis diario está comprendido entre los años 1981-2016. En la segunda versión de PISCO (SENAMHI, 2017) se generaron datos diarios con un control de calidad riguroso, además de completar los datos faltantes tanto para las series diarias, empleando como covariables los productos CHIRP y TRMM2A25. El producto PISCO v2.0 (diario) se presenta con una resolución espacial de 0.1° y se puede descargar en la plataforma web de libre acceso del SENAMHI: <https://piscoprec.github.io/webPISCO/spa/>.

La intensidad máxima de lluvia subdiaria se extrajo para cada año hidrológico (j) y duración (d) correspondiente exclusivamente a la época de lluvias característica de esta región (diciembre a abril).

Para delimitar el ámbito de estudio se consideró las unidades hidrográficas pertenecientes a la Autoridad Administrativa del Agua (AAA) Cañete-Fortaleza, descargado en formato “shape” desde el portal web del Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos (SNIRH) de la Autoridad Nacional del Agua (ANA). Se complementó la cartografía con el modelo de elevación digital (DEM, por sus siglas en inglés) producto del Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) en formato raster de 90 m de resolución espacial.

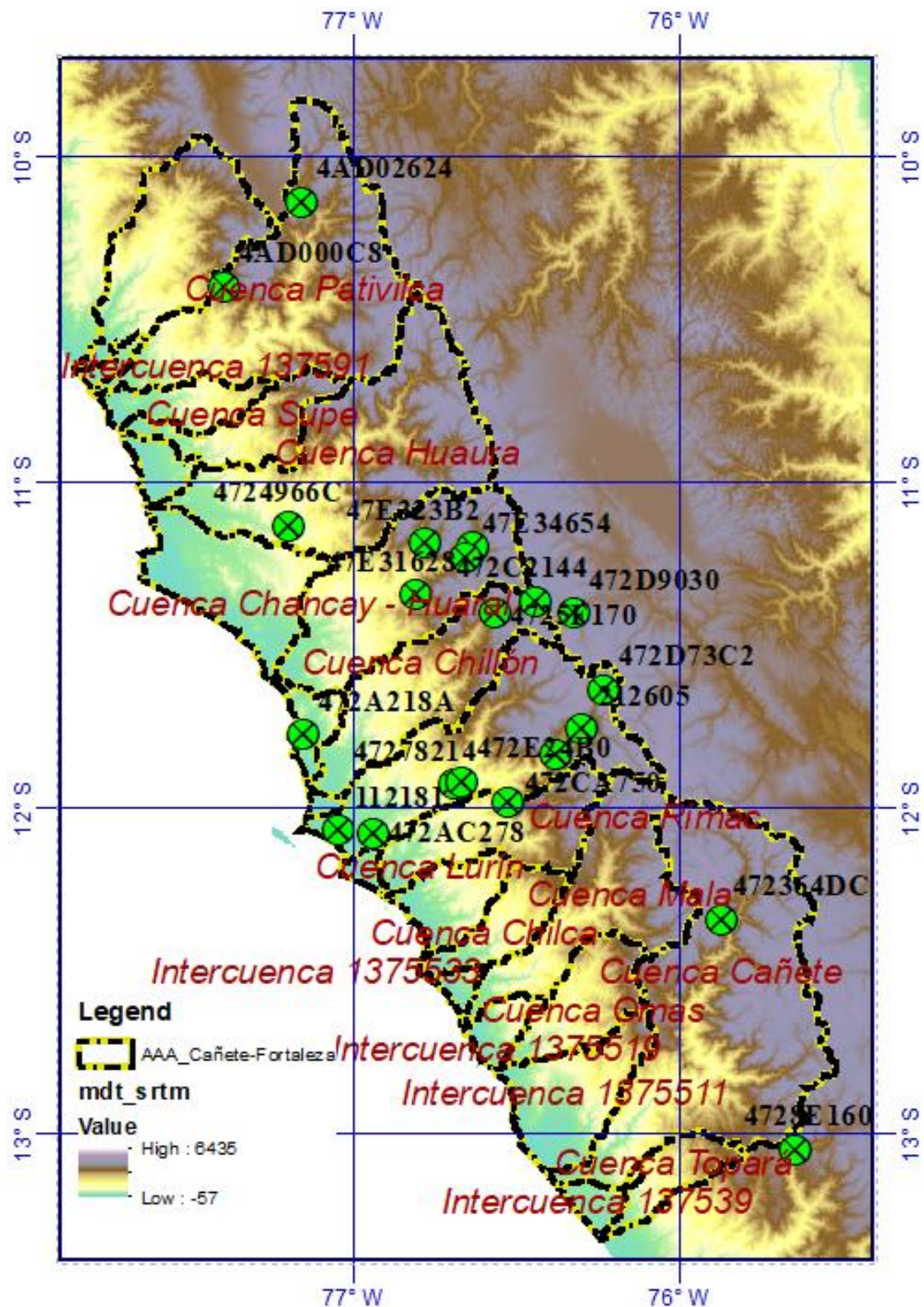


Figura 1: Ubicación geográfica de las 21 estaciones climáticas automáticas utilizadas en el ámbito de estudio

Fuente: Software QGIS

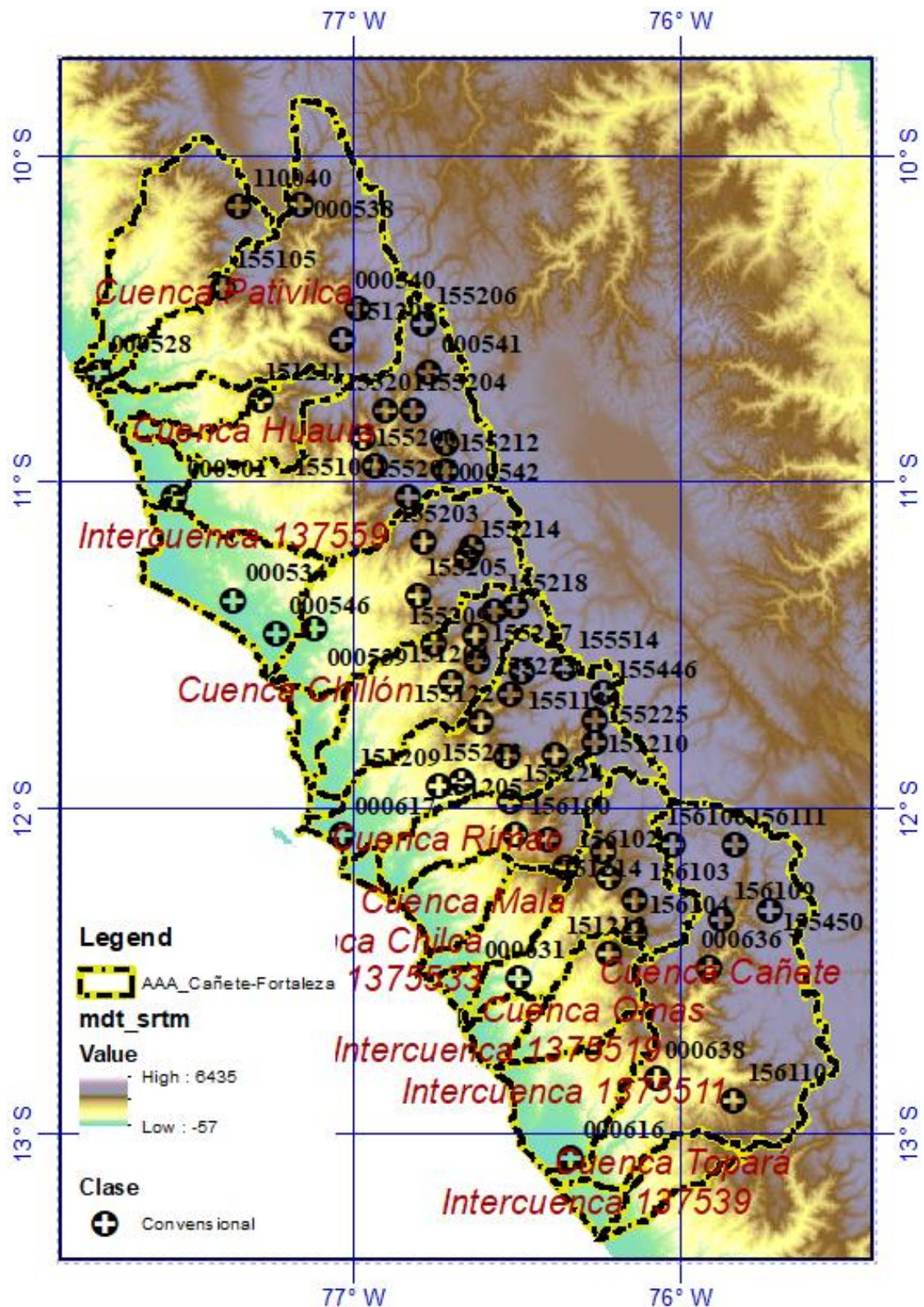


Figura 2: Ubicación geográfica de las 60 estaciones climáticas convencionales utilizadas por el producto grillado PISCO en el ámbito de estudio

Fuente: Software QGIS

Estimar curvas IDF a escala subdiaria conlleva una alta incertidumbre para sitios con limitados registros de lluvia. En el ámbito de estudio aún no se ha desarrollado una caracterización de las tormentas con datos de lluvia observados a escala subdiaria.

Algunos estudios previos han aplicado la propiedad de “invariancia en escala” presente en la relación entre la intensidad de lluvia y sus diferentes duraciones (Blanchet *et al.* 2016). La invariancia en escala implica que las propiedades estadísticas de intensidades de lluvia extrema en diferentes escalas de tiempo se relacionan entre sí por un grupo de operadores comunes y que a partir de un nivel de agregación más alto es posible inferir las propiedades estadísticas de la serie para resoluciones más pequeñas. Esto permite que las estimaciones de distribución probabilística local en sitios con datos subdiarios pueden ser aplicados para extender la estimación de parámetros regionales en sitios donde solamente se cuentan con datos diarios (Lima *et al.* 2018). La teoría de “escalamiento simple” para los valores máximos de lluvia han sido propuestos por Menabde (1998) y Koutsoyiannis *et al.* (1998) bajo una variedad de distribuciones teóricas. La aparición de la teoría de valores extremos reveló que la distribución generalizada de valores extremos (GEV, por sus siglas en inglés) es la distribución mejor fundamentada para valores máximos (Coles 2001; Katz *et al.* 2002; Papalexiou y Koutsoyiannis 2013).

El registro horario de precipitación es posiblemente la primera dificultad que surge cuando se pretende estimar curvas IDF. A lo largo del territorio peruano todavía se confía en las mediciones diarias de estaciones pluviométricas convencionales. Pero, ya existe en el país una red de estaciones climáticas automáticas que registran la lluvia a escala subdiaria y que aún no es aprovechada en la investigación científica, posiblemente debido a que se cuenta con pocos años de observación.

El presente estudio aplica para el ámbito de estudio una metodología ensamblada (unificada) propuesta por varios autores (Lima *et al.* 2018) para la estimación de curvas IDF bajo el enfoque bayesiano, ampliamente adoptado en estudios hidrológicos previos y globales.

La región Lima Provincias ostenta los siguientes planes estratégicos institucionales:

- Estrategia Regional de Cambio Climático 2015-2021 de la Región Lima, aprobada por Ordenanza Regional N° 07-2016-CR/GRL.
- Plan de Desarrollo Regional Concertado Actualizado 2016-2021 del Departamento de Lima, aprobado por Ordenanza Regional N° 020-2016-CR-GRL.

Estos planes, involucran proyectos de infraestructura emblemáticos para el desarrollo sostenible de la región. Será clave evaluar si estos proyectos incorporan la gestión del riesgo por desastres climáticos como lluvias extremas, lo cual requerirá estimaciones “locales” precisas de las curvas IDF.

Se incorpora los datos de lluvia horaria registrados en los últimos años (2009-2022) en las estaciones climáticas automáticas para resolver la falta de información acerca de eventos de tormenta a escala subdiaria. Los resultados beneficiarán a los ejecutores de estudios hidrológicos. La estimación precisa de la ocurrencia y magnitud de los eventos extremos de lluvia permitirá una mejor construcción de modelos hidrológicos de inundación y pronóstico de eventos extremos.

Además, el modelo se constituye como una alternativa de actualización fundamentada de las metodologías indirectas establecidas en las normativas técnicas vigentes:

- “Manual hidrología, hidráulica y drenaje” del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC), aprobada por Resolución Directoral N° 20-2011-MTC/14.
- Norma Técnica CE.040: “Drenaje pluvial” del Reglamento Nacional de Edificaciones aprobada por Resolución Ministerial N° 126-2021-VIVIENDA.

1.1 OBJETIVO PRINCIPAL

Modelar la intensidad de lluvia con duración subdiaria, en la región Lima, bajo un enfoque bayesiano y generar las curvas IDF.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Validar el “escalamiento simple” como la relación entre intensidad máxima de lluvia en diferentes duraciones.
- Estimar parámetros regionales de la distribución generalizada de valores extremos (GEV, por sus siglas en inglés) para el área de estudio.
- Estimar parámetros regionales que actualicen las fórmulas del IILA-SENAMHI-UNI (Instituto Italo-Latinoamericano (IILA) *et al.* 1983).
- Construir curvas IDF a nivel “local” y “regional” precisas dentro del área de estudio.

II. REVISIÓN DE LITERATURA O MARCO TEÓRICO

2.1 ESTADO DEL ARTE

Diversas investigaciones han afrontado la dificultad de producir curvas IDF para periodos de retorno de interés en la mitigación de riesgos climáticos, usualmente sobre los 100 años, cuando los datos a disposición son cortas en la mayoría de casos. La incertidumbre es inherente a estas estimaciones debido a las imperfecciones en los modelos asumidos.

Estudios previos han examinado explícitamente la incertidumbre en curvas IDF, basándose en dos distintos tipos de enfoques teóricos que desarrollan diferentes asunciones: enfoque frecuentista y enfoque bayesiano. En la estimación de curvas IDF bajo el enfoque clásico de la estadística frecuentista *“se analiza registros históricos de lluvia para determinar los parámetros del modelo generalmente asociado a una función de distribución teórica”* (Singh 1992). Dichos parámetros se toman como valores reales únicos y se estiman por métodos basados en momentos o máxima verosimilitud. En el enfoque bayesiano dichos parámetros son tratados como una variable aleatoria. *“Su estimación permite consecuentemente la cuantificación de la incertidumbre proporcionando la mejor distribución de los parámetros de la distribución teórica asumida basado en los datos históricos”* (Van de Vyver 2015). Mélése *et al.* (2018) confrontó los enfoques frecuentista y bayesiano para una misma data, 405 estaciones horarias de una región al sur de Francia, recomendando el uso del enfoque bayesiano ya que brinda estimaciones de la incertidumbre más razonables.

Con la teoría de valores extremos se propone que la distribución GEV es la distribución mejor justificada para modelar las lluvias máximas, ya que estudios previos (Coles 2001; Katz *et al.* 2002; Papalexiou y Koutsoyiannis 2013) muestran que se logra exhibir rangos de incertidumbres más estrechos que otras funciones de distribución.

A través del tiempo se han planteado métodos que utilizan algoritmos o fuentes de datos alternativos para superar la escasa disponibilidad de datos históricos a la escala deseada. Algunos estudios han adoptado diferentes esquemas de disgregación (Koutsoyiannis 1994, Sivakumar 2001, Segond *et al.* 2006) para simular la lluvia de cortas duraciones, mientras

que otros han explorado la propiedad de “invariancia en la escala” en la relación entre datos de lluvia extrema (y) versus la duración (d) (Nguyen *et al.* 1998, Koutsoyiannis *et al.* 1998, Menabde *et al.* 1999, Muller *et al.* 2008, Lima *et al.* 2018). El cumplimiento de la propiedad de “invariancia en la escala” aplicado a series de lluvia extrema “*hace posible inferir las propiedades estadísticas a cortas duraciones, y en particular lograr estimar las curvas IDF*” (Burlando y Rosso 1996). “*Las estimaciones de distribución probabilística local obtenidas en sitios con datos subdiarios pueden ser aplicados para extender la estimación de parámetros regionales en sitios donde solamente existen datos diarios*” (Lima *et al.* 2018).

2.2 MÉTODO IILA-SENAMHI-UNI (1983)

Como una respuesta a las escasas estaciones que ofrecen información automática de registros pluviales, en 1983 se elaboró el “Estudio de la Hidrología del Perú” realizado por el convenio IILA-SENAMHI-UNI el cual presentó fórmulas para determinar la precipitación e intensidad para cortas duraciones, validadas con la información disponible hasta esa fecha.

Las precipitaciones máximas e intensidades máximas de tormentas, han sido comparadas regionalmente por el “Estudio de la Hidrología del Perú” hecho por el IILA-SENAMHI-UNI (1983), cuyas formulas tienen la siguiente forma:

$$y(d, T_R) = a \cdot (1 + K \cdot \ln(T_R)) \cdot (d + b)^{n-1} \quad (01)$$

$$P_{24} = \varepsilon_g \cdot (1 + K \cdot \ln(T_R)) \quad (02)$$

Donde:

Donde y es la intensidad de lluvia ($\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$), P_{24} es la precipitación máxima de 24 horas (mm), d es la duración de lluvia entre 3 a 24 horas, T_R es el periodo de retorno (años).

a, K, b, n y ε_g : son constantes regionales del “Estudio de la Hidrología del Perú” (Instituto Italo-Latinoamericano (IILA) *et al.* 1983).

$$a = \left(\frac{1}{t_g} \right)^n \varepsilon_g \quad (03)$$

$$K = K'_g \quad (04)$$

“b”=θ: 0.5 horas (Costa centro y sur), 0.4 horas (Sierra) y 0.2 horas (Costa norte y selva)

t_g : duración de la lluvia diaria, asumido en promedio de 15.2 para el Perú.

K'_g y ε_g : son variables que se obtienen de la Tabla 3a del Anexo I de la Norma CE.040 Drenaje Pluvial del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

“a” y “n” (donde n=1-H): son variables que se obtienen de la Tabla 3b del Anexo N° 01 de la Norma OS.060 Drenaje Pluvial Urbano del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

Se considera como componente importante una relación creciente entre la precipitación y la altitud; es por esa razón que se ha zonificado al país, teniéndose formulaciones de los parámetros diferenciados y correspondientes a las características regionales de las zonas. La Norma CE.040 “Drenaje Pluvial” por ello presenta un Plano N° 2-C SUBDIVISIÓN DEL TERRITORIO EN ZONAS Y SUBZONAS PLUVIOMÉTRICAS. En la presente investigación se digitalizó el mapa de la zona y subzona correspondiente a las 21 estaciones climáticas automáticas analizadas. La Figura 4, que cubre el departamento de Lima y alrededores, muestra que son cuatro (04) las subzonas involucradas que serían: 5a₄, 5a₅, 5a₆ y 123₁₁.

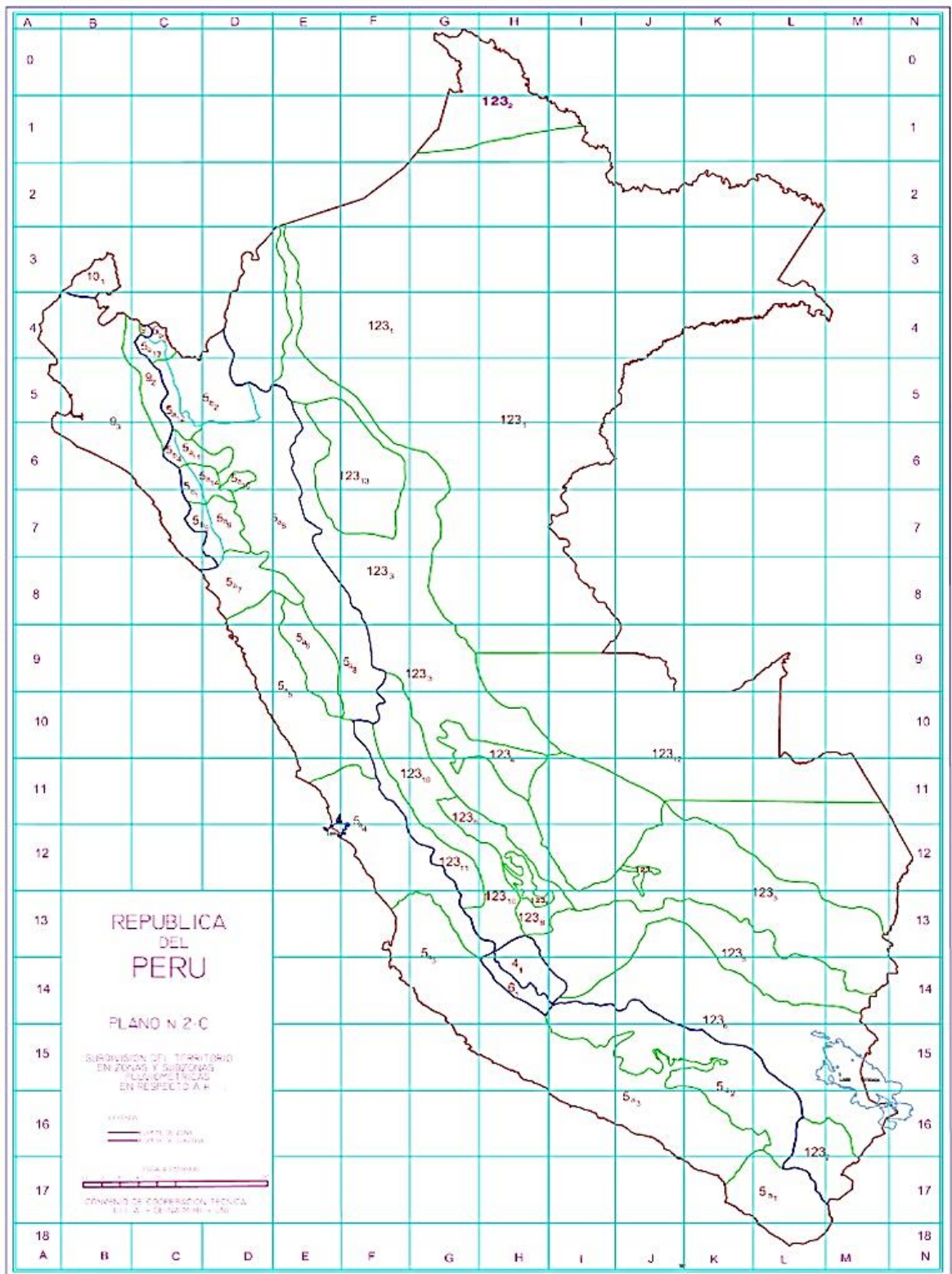


Figura 3: Plano de subdivisión del territorio en zonas y subzonas pluviométricas

Fuente: Norma CE.040 Drenaje Pluvial (R.N.E.)

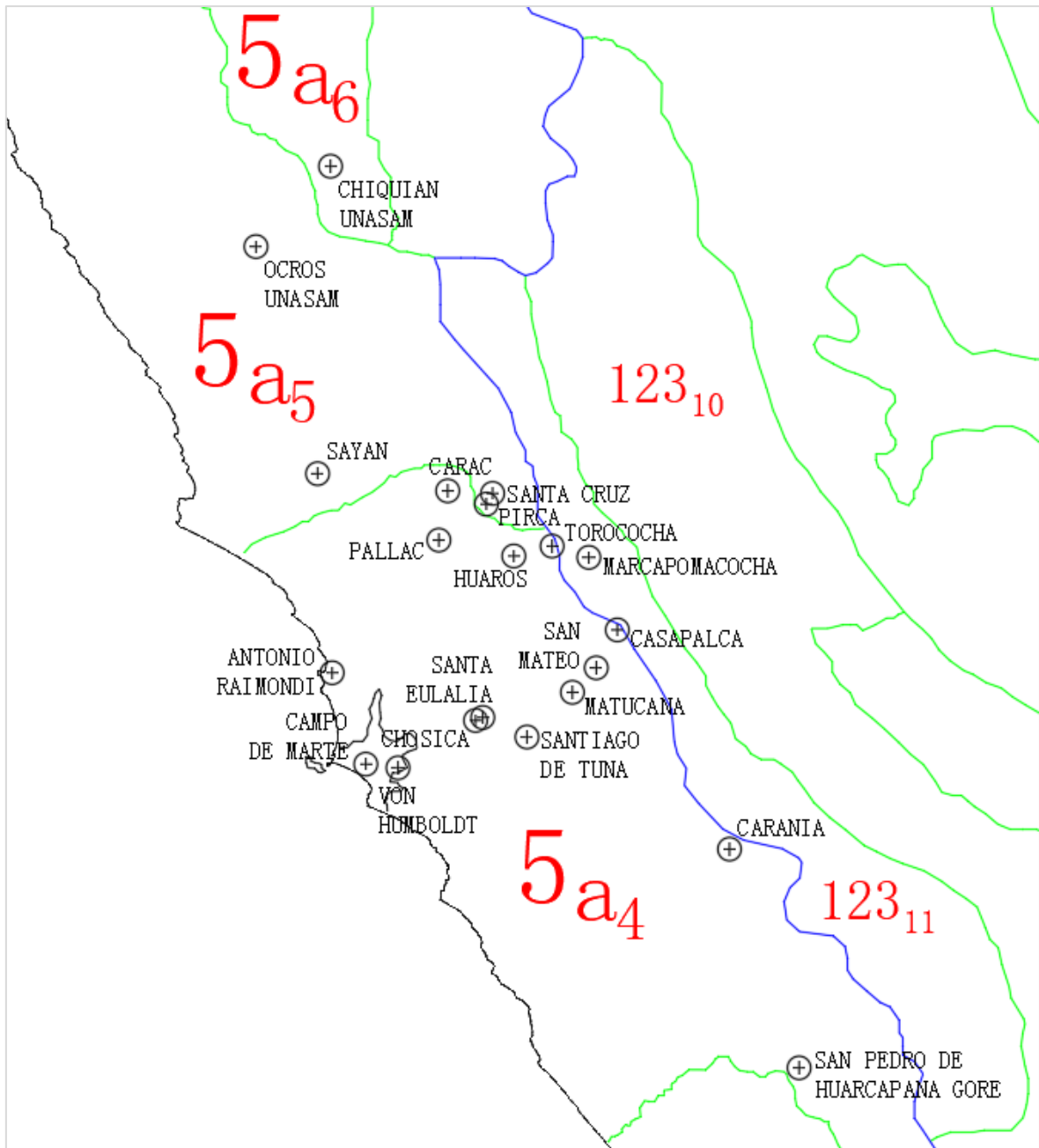


Figura 4: Ubicación de las 21 estaciones climáticas automáticas en las subzonas de pluviométricas

Fuente: Norma CE.040 Drenaje Pluvial (R.N.E.)

La Tabla 3b del Anexo I de la Norma OS.060 Drenaje Pluvial Urbano del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), tiene una limitación ya que solo presenta valores de “a” y “n” para la zona 5a₂, 5a₅ y 5a₁₀. Por lo que para cubrir la falta del valor adimensional “n” se realiza una interpolación lineal asumiéndose una clase de proporcionalidad espacial con respecto a la latitud. Se presenta en la Figura 5, el resultado de la interpolación lineal simple obteniéndose valores de “n” para las subzonas faltantes.

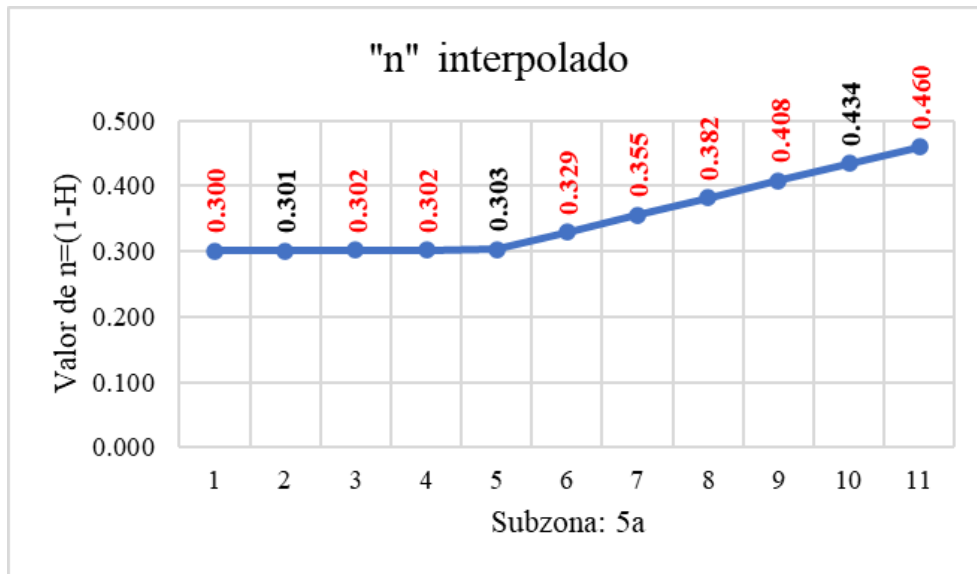


Figura 5: Interpolación lineal del valor de “n” en la subzona pluviométrica: 5a

Fuente: Basado en la Norma CE.040 Drenaje Pluvial (R.N.E.)

En la Tabla 1, se presenta los valores de los parámetros del método IILA-SENAMHI-UNI (1983) para la ubicación de las 21 estaciones meteorológicas automáticas, y aplicables para las Ecuaciones (01) y (02):

Tabla 1: Valores de los parámetros del método IILA-SENAMHI-UNI (1983) para las 21 estaciones climáticas automáticas

Subzona	Estación	Y(msnm)	ϵ_g	$K'_g=K$	$n=(1-H)$	a	b=0
5a ₆	CHIQUIAN UNASAM	3382	24.0594	0.7367	0.302	10.6195	0.4
5a ₅	OCROS UNASAM	2814	13.698	1.1891	0.303	11.3234	0.4
	SAYAN	647	NA	NA		4.6057	0.5
	SANTA CRUZ	3583	19.081	0.8972		13.7073	0.4
	PIRCA	3342	17.394	0.9706		12.9602	0.4
5a ₄	CARAC	2646	17.8238	0.9507	0.329	7.3125	0.4
	PALLAC	2367	16.3451	1.0233		6.7058	0.4
	TOROCOCHA	4410	27.1730	0.6643		11.1482	0.4
	HUARIOS	3585	22.8005	0.7712		9.3543	0.4
	CASAPALCA	4233	26.2349	0.6845		10.7633	0.4
	SAN MATEO OTAO	3156	20.5268	0.8432		8.4215	0.4
	ANTONIO RAIMONDI	47	NA	NA		NA	0.5
	CAMPO DE MARTE	124	NA	NA		NA	0.50
	MATUCANA	2417	16.6101	1.0094		6.8146	0.4
	SANTA EULALIA	970	NA	NA		NA	0.5
	CHOSICA	867	NA	NA		NA	0.5
	SANTIAGO DE TUNA	2924	19.2972	0.8886		7.9170	0.4
	CARANIA	3820	24.0460	0.7371		9.8653	0.4
	SAN PEDRO DE HUARCAPANA GORE	3630	23.0390	0.7644		9.4521	0.4
VON HUMBOLDT	247	NA	NA	NA	0.5		
123 ₁₁	MARCAPOMACOCCHA	4447	3.2350	0.5530	0.286	1.4881	0.4

Nota: NA (Significa: no aplicable). Los valores de color rojo son calculados indirectamente por interpolación lineal de la Figura 5 o de la Ecuación (03)

Fuente: Norma CE.040 Drenaje Pluvial (R.N.E.)

La subzona 5a₄ completa su ausencia de valores del parámetro “n” por el método indirecto de interpolación lineal asumido de la Figura 5. Una vez que se tiene el valor interpolado de “n” se procede a la completación de los datos faltantes del valor “a” con la aplicación de la Ecuación (03).

2.3 EL MÉTODO ESTADÍSTICO O FRECUENTISTA PARA CURVAS IDF

Un método para obtener la incertidumbre en el enfoque estadístico o frecuentista está basado en la técnica de remuestreo o más conocido como “resampling Bootstrap” (en inglés). Este método permite captar la influencia del muestreo sobre la estimación de curvas IDF. Consiste en remuestrear la data de tamaño “Ti” con remplazos de datos aleatorios, de similares propiedades estadísticas al original, para obtener nuevas muestras del mismo tamaño al original. Asumiendo que la máxima anual esta almacenada en una matriz con una

fila por cada por año y una columna por duración. Un solo “bootstrtap sample” se construye por diseño con reemplazo de la línea de la matriz. La función de estimación de parámetros se aplica por cada “bootstrtap sample”, obteniéndose un nuevo estimador Φ . Si “R” es el número de veces que se realiza el remuestreo, luego de aplicarse se obtienen “R” realizaciones como $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_R$. Cuando “R” es lo suficientemente largo (R=1000 en el presente estudio), estimadores de funciones de densidades usuales pueden ser aplicadas a $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_R$ para una aproximación a la función de densidad de Φ promedio. El método de estimación de los valores del vector de parámetros o estimador Φ aplicado en este estudio es de momentos lineales. Una función de densidad para el periodo de retorno (T_R) es también obtenida por la estimación de la función de densidad de $f(\Phi_1), f(\Phi_2), \dots, f(\Phi_R)$, donde “f(·)” denota a la función de densidad GEV. Aproximadamente intervalos de confianza $(1-\alpha)$ son obtenidas empíricamente como un rango continuo dentro de los cuantiles de orden $\alpha/2$ y $(1-\alpha/2)$.

2.4 EL ENFOQUE BAYESIANO

El enfoque bayesiano incorpora información muestral (observaciones) como información “a priori”, por ejemplo, juicio experto de especialistas o resultados de un estudio anterior, y combina estos dos tipos de información mediante la regla probabilística de Bayes. Lo anterior difiere con el enfoque clásico de la estadística, cuyos métodos solo incorporan de manera formal la información muestral y dependen fuertemente de un tamaño de muestra suficientemente grande. En cambio “*bajo el enfoque bayesiano no hay problema alguno al trabajar con muestras pequeñas*” (Gelman *et al.* 2014).

¿Porque entonces el enfoque bayesiano no es tan popular (aun) como el enfoque clásico? Implementar el enfoque bayesiano requiere de una buena herramienta computacional, y mientras no había uso masivo de los ordenadores aplicarlo resultaba complicado. En la actualidad ya se cuenta con procesadores adecuados y ya es toda una realidad realizar modelos más complejos. Por ejemplo, tenemos el lenguaje de programación “R” de distribución libre en <https://www.r-project.org/> que contiene herramientas y paquetes disponibles para implementarse.

2.5 MODELO BAYESIANO PARA GENERACIÓN DE CURVAS IDF

Teniendo en cuenta los parámetros de la Ecuación (01) transformados ($b=\theta$ y $n=1-H$) e incorporados a la formulación general de generación de curvas IDF propuesta por Lima *et al.* (2018) pero escrita por Koutsoyiannis *et al.* (1998), se tiene la expresión de curvas IDF de la siguiente forma:

$$y(d, T_R) = \frac{a(T_R)}{(d + \theta)^H} \quad (05)$$

Donde $a(T_R)$ es una función no conocida dependiente del periodo de retorno (T_R) en años que actuara como numerador de la Ecuación (05), “ d ” es la duración de la lluvia validada en un rango de 10 minutos y hasta 72 horas, θ (horas) y H (adimensional) son los parámetros escalares de la Ecuación (05) tal que $\theta > 0$ y $0 < H < 1$.

Asumiendo que la “*variable aleatoria de máxima intensidad de lluvia anual sigue la distribución generalizada de valores extremos (GEV) para cualquier duración subdiaria*” (Blanchet *et al.* 2016, Nguyen *et al.* 1998), se tiene que:

$$y_d \sim \text{GEV}(\mu_d, \sigma_d, \varepsilon) \quad (06)$$

Donde se pueden obtener los respectivos parámetros de localización (location= μ_d), escala (scale= σ_d) y forma (shape= ε).

En dicho contexto la función de distribución acumulada “ $F(y)$ ” y la función de densidad “ $f(y)$ ” de probabilidades para la variable de máxima intensidad de lluvia anual (y) estaría definida a modo general como:

$$F(y) = \exp\left(-\left(1 + \varepsilon \cdot \frac{y - \mu}{\sigma}\right)^{-\frac{1}{\varepsilon}}\right) \quad (07)$$

$$f(y) = \frac{1}{\sigma} \cdot \left(1 + \varepsilon \cdot \frac{y - \mu}{\sigma}\right)^{-(1+\frac{1}{\varepsilon})} \exp\left(-\left(1 + \varepsilon \cdot \frac{y - \mu}{\sigma}\right)^{-\frac{1}{\varepsilon}}\right) \quad (08)$$

Donde ε es el parámetro de forma de la función de distribución GEV tal que $\varepsilon > 0$ para $y > \mu + \sigma/\varepsilon$, $\varepsilon < 0$ para $y < \mu + \sigma/\varepsilon$.

Lima *et al.* (2018) indica que aplicando la teoría de “escalamiento simple”, para cualquier duración subdiaria “ d ”, es posible demostrar que la intensidad de lluvia “ y_d ” sigue una distribución de probabilidad GEV con parámetros de localización (μ), escala (σ) y forma (ε).

Para el diseño de infraestructura de drenaje pluvial, control de avenidas y afines usualmente se requerirá intensidades de lluvia en duraciones subdiarias, donde observaciones de precipitación están disponibles en escala diaria. Es interesante apreciar que es posible encontrar que tantos valores de los parámetros μ_d y σ_d de la Ecuación (06) con cualquier duración subdiaria entre 1 a 24 horas puede estar relacionado escalarmente con los de duración de 24 horas, aunque se puede comparar con cualquier otra duración arbitrariamente (Nguyen *et al.* 1998; Blanchet *et al.* 2016) y así formar nuevas expresiones con referencia a los parámetros de duración de 24 horas:

$$\mu_d = \mu_{24} \cdot \left(\frac{d + \theta}{24 + \theta} \right)^{-H} \quad (09)$$

$$\sigma_d = \sigma_{24} \cdot \left(\frac{d + \theta}{24 + \theta} \right)^{-H} \quad (10)$$

Tal que $0 < H < 1$ y $\theta > 0$ h.

Con lo cual se propone solucionar las ausencias de observaciones subdiarias en sitios donde solo se cuentan solo con precipitaciones diarias y teniéndose que usar el factor de corrección de Hershfield (Hfc) para su conversión a precipitación máxima de 24 horas.

2.6 ESTIMACIÓN LOCAL DE PARÁMETROS DE ESCALA Y DE LA DISTRIBUCIÓN GEV

Dado el conjunto de “m” estaciones climáticas dadas en una región hidrológicamente homogénea, el vector completo de parámetros a obtenerse Φ será igual a $[\mu_d, \sigma_d, \varepsilon, \theta, H]$. Si se introducen los subíndices “i”, “j” y “d” para denotar a la estación, al año de observación y la duración subdiaria entre 1 a 24 horas respectivamente, posteriormente el teorema bayesiano permite combinar el modelo de distribución “a posteriori” de la matriz de completa de parámetros de la siguiente manera para cada estación climática automática (i):

$$P(\Phi | y_{d,j}) \propto \prod_{j=1}^{T_i} \prod_{d=1}^{N=24} \text{GEV}(y_{d,j} | \mu_d, \sigma_d, \varepsilon) \quad (11)$$

Bajo el enfoque bayesiano, se necesita configurar distribuciones “a priori” para los parámetros de la función GEV que puedan reflejar algún conocimiento previo que se tenga acerca de ellos, si existiesen. En este caso, la teoría de “escalamiento simple”, tal como se presenta en las Ecuaciones (09) y (10), provee el necesario entendimiento sobre la construcción de distribuciones “a priori” e “hiperpriori” que expresan nuestro conocimiento acerca de las relaciones existentes entre los parámetros de la distribución GEV a diferentes

duraciones. Es así, que se asumen distribuciones para μ_{24} , σ_{24} , ε , θ y H los cuales se basaron en las propuestas de los autores: Martins y Stedinger (2000), Coles (2001), Gelman (2016) y Van de Vyver (2015).

$$\mu_{24} \sim N(0, 10^{-1}) \quad (12)$$

$$\sigma_{24} \sim \ln N(0, 10^{-1}) \quad (13)$$

$$\varepsilon \sim B(6,9, -0.5,0.5) \quad (14)$$

$$H \sim \text{Unif}(0,1) \quad (15)$$

$$\theta \sim \text{Unif}(0,10) \quad (16)$$

Donde $N(\cdot, \cdot)$ denota la distribución normal, $\ln N(\cdot, \cdot)$ denota la distribución log-normal, $B(\cdot, \cdot, \mathbf{u}, \mathbf{v})$ denota la distribución beta asociado con los contornos superior e inferior \mathbf{u} y \mathbf{v} , respectivamente y $\text{Unif}(\mathbf{u}, \mathbf{v})$ denota la distribución uniforme con los contornos superior e inferior \mathbf{u} y \mathbf{v} .

Los valores iniciales y/o “a priori” de H y θ llegaron a ser asumidas como uniformes o planas con los valores que ya que se determinaron, aunque muy limitadamente, en el “Estudio de la Hidrología del Perú” (Instituto Italo-Latinoamericano "IILA" *et al.* 1983) y presentados en la Tabla 1 con su equivalente valor transformado ($b=\theta$ y $n=1-H$).

2.7 ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS DE LA DISTRIBUCIÓN GEV PARA INTENSIDAD DE LLUVIA MÁXIMA DE 24 HORAS

Para sitios donde solo se tiene disponible la máxima precipitación diaria, Lima *et al.* (2018) propone primero estimar la máxima precipitación equivalente de 24 horas de duración, multiplicándose por un factor de corrección (H_{cf}), por ejemplo el recomendado por Hershfield (1961), que en este caso pudo ser calculado empíricamente a partir de los registros horarios. Luego estimar μ_{24} , σ_{24} y ε con el enfoque bayesiano para cada una de las estaciones climáticas convencionales.

Para una estación climática convencional, la distribución conjunta “a posteriori” de $[\mu_{24}$, σ_{24} y $\varepsilon]$ esta dado por la formulación planteada en la publicación “Bayesian Inference for Probabilistic Risk Assessment: A Practitioner’s Guidebook” de los autores: Danna Kelly y Curtis Smith (2011):

$$P(\mu_{24}, \sigma_{24}, \varepsilon | y) \propto \prod_{j=1}^{T_i} \text{GEV}(y_j | \mu_{24}, \sigma_{24}, \varepsilon) \quad (17)$$

$$\sigma_{24} \sim \text{Gamma}(10^{-4}, 10^{-4}) \quad (18)$$

Donde T_i es el número de años para la estación o región seleccionada, y_j es la máxima precipitación de 24 horas para el año “j”.

2.8 GENERACIÓN DE CURVAS IDF PROYECTADAS

Se derivan curvas IDF basados en la estimación puntual de la media en la distribución “a posteriori” del vector de parámetros $[\mu_{24}, \sigma_{24}, \varepsilon_{24}, \theta, H]$.

Mélèse *et al.* (2018) aplicó a la intensidad de lluvia la teoría de “escalamiento simple” en sentido estricto elaborada por los autores Gupta y Waymire (1990) para llegar a la siguiente distribución “a posteriori”, tomando en cuenta los parámetros de las Ecuaciones (09) y (10) y con respecto a los valores de los parámetros para una duración de referencia de 24 horas:

$$y(d, T_R) \sim \left(\frac{d + \theta}{24 + \theta} \right)^{-H} \left[\mu_{24} - \frac{\sigma_{24}}{\varepsilon} \left(1 - \left[-\text{Ln} \left(1 - \frac{1}{T_R} \right) \right]^{-\varepsilon} \right) \right] \quad (19)$$

Tal que $0 < H < 1$ y $\theta > 0h$ y valido para $1h \leq d \leq 24h$.

Siguiendo la distribución de la intensidad de lluvia (y) de la Ecuación (19) se realizaría la estimación puntual de la media y la estimación por intervalo de confianza del 95 por ciento.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN

Se planteó el área de estudio a la jurisdicción de la Autoridad Administrativa del Agua (AAA) Cañete-Fortaleza.



Figura 6: Unidades hidrográficas pertenecientes a la jurisdicción de la Autoridad Administrativa del Agua (AAA) Cañete-Fortaleza

Fuente: <http://www.ana.gob.pe/>

3.2 MATERIALES UTILIZADOS

Los softwares instalados para la elaboración de la tesis fueron:

- Microsoft Office Profesional Plus 2019
- R for Windows 4.0.1
- R Studio (versión 1.3.959) for Windows
- OpenBUGS 3.2.3
- Notepad++ (versión 6.5.4)

Precipitación histórica a escala horaria fueron obtenidos desde el Sistema de visualización de la data vía WEB (WebView - Siap+Micros) operados por el SENAMHI/ANA. Disponible en el portal web:

<http://meteonet.ana.gob.pe/webview/login.asp>.

- Número de estaciones climáticas automáticas: 21
- Periodo de registro histórico: 2008-2022 (hasta 14 años hidrológicos)
- Resolución temporal: Escala horaria
- Resolución espacial: Datos puntuales

Precipitación máxima diaria histórica fueron obtenidas a partir del producto grillado PISCO v2.0, publicado por el SENAMHI. Disponible en el portal web:

<https://piscoprec.github.io/webPISCO/spa/>.

3.3 ANÁLISIS DE CALIDAD DE LOS DATOS

Conformada las series de precipitaciones máximas observadas para siete (7) diferentes duraciones (1h, 2h, 3h, 6h, 12h, 18h y 24h), se detectaron los datos atípicos mediante el análisis de los gráficos “box plots”. Estos posibles datos atípicos detectados fueron contrastados con el comportamiento climático de estaciones vecinas o su correlación con la ocurrencia del Fenómeno El Niño para ser excluidos o incluidos en la siguiente etapa de análisis. Los datos faltantes o excluidos no serán completados, puesto que la variable de máximas precipitaciones es sumamente aleatoria en comparación con las series acumuladas mensuales o anuales, donde si existen técnicas coherentes para la completación.

Los únicos datos atípicos o “outliers” detectados que han sido retirados por razones de inconsistencia fueron:

- Estación CARAC: 02/12/2016 20:00

- Estación SAYAN: del 01/12/2012 00:00 al 18/12/2012 06:00, 18/03/2013 07:00 a 08:00, 20/01/2017 10:00, 17/12/2015 21:00 a 22:00 (outliers=5049.7mm) y 18/01/2015 06:00 a 07:00.
- Estación TOROCOCHA: 21/01/2017 10:00

Tabla 2: Años hidrológicos con las que se cuenta con datos diarios de precipitación observada en las 21 estaciones climáticas automáticas

i	Estación/ Año hidrológico	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020	2020-2021	2021-2022
1	ANTONIO RAIMONDI				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2	CAMPO DE MARTE							x	x	x	x	x			
3	CARAC							x	x	x	x	x			
4	CARANIA	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
5	CASAPALCA						x	x	x	x	x	x	x	x	x
6	OCROS UNASAM					x	x	x	x	x	x	x			
7	CHOSICA		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
8	HUAROS		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
9	MARCAPOMACOCHA								x	x	x	x	x	x	x
10	MATUCANA						x	x	x	x	x	x	x	x	x
11	CHIQUIAN UNASAM					x	x	x	x	x	x	x			
12	PALLAC							x	x	x	x	x	x	x	x
13	PIRCA							x	x	x	x	x	x	x	x
14	SAN PEDRO DE HUARCAPANA GORE			x	x	x	x	x	x	x	x	x			
15	SAN MATEO OTAO						x	x	x		x	x	x	x	x
16	SANTA CRUZ							x	x	x	x	x			
17	SANTA EULALIA								x	x	x	x	x	x	x
18	SANTIAGO DE TUNA						x	x	x	x	x	x	x	x	x
19	SAYAN		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
20	TOROCOCHA							x	x	x	x	x			
21	VON HUMBOLDT				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Fuente: En base a la información del SENAMHI (WebView Siap+Micros)

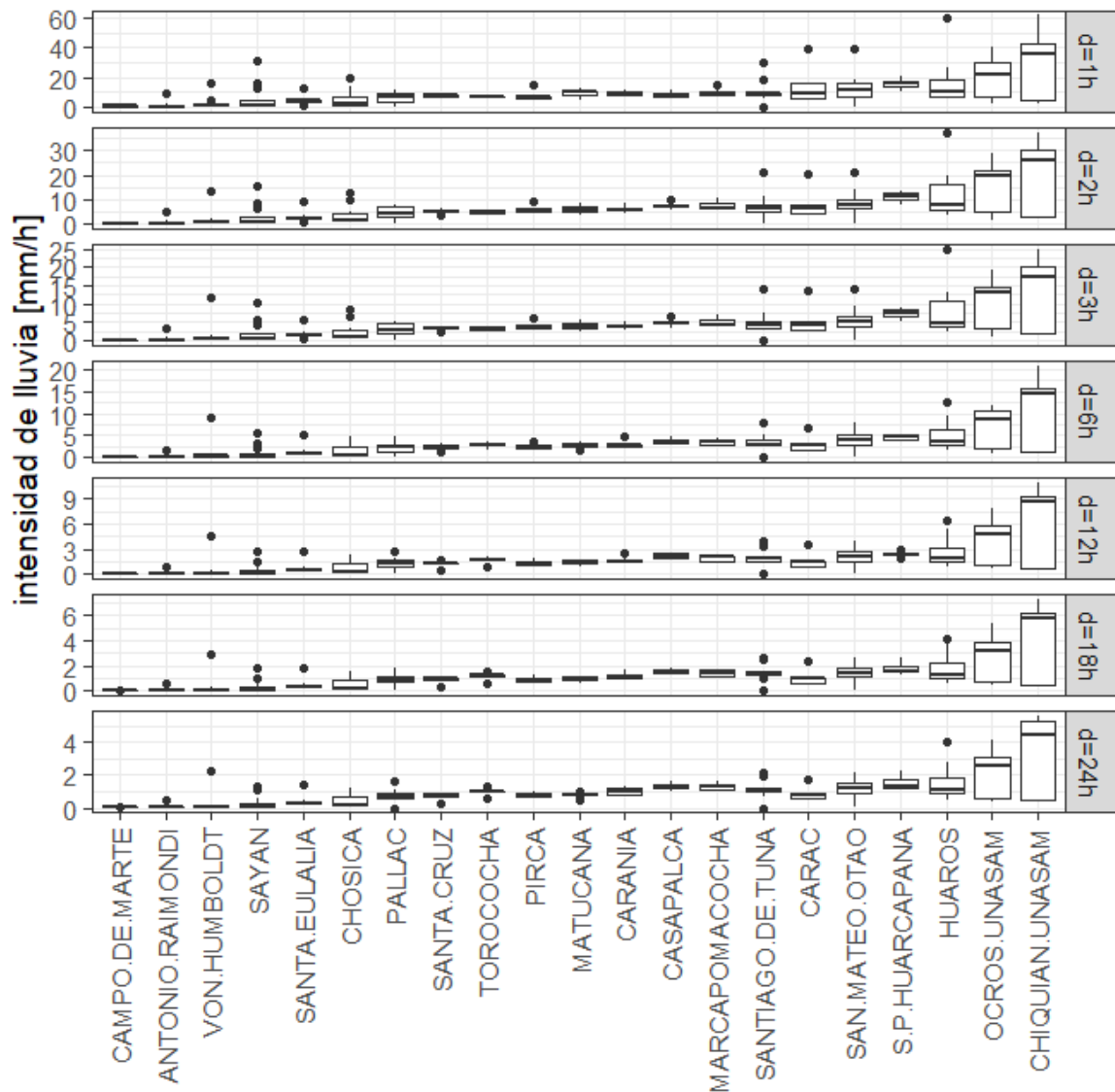


Figura 7: Gráficos “box plot” de las intensidades de lluvia para diferentes duraciones de las 21 estaciones climáticas automáticas

Fuente: Elaboración propia en base a la información del SENAMHI (WebView Siap+Micros)

Las publicaciones de Fernández y Lavado (2014) y Tupac Yupanqui Vélez *et al.* (2017) ya brindan las series de lluvias máximas diarias analizadas de las estaciones climáticas convencionales, por lo que su análisis de calidad de datos en este caso ya no son necesarios. En las Figuras 8 y 9 se presentan los gráficos boxplot de las precipitaciones máximas diarias (pmd) distribuidas según cada estación convencional y según cada subzona pluviométrica del modelo IILA-SENAMHI-UNI (1983).

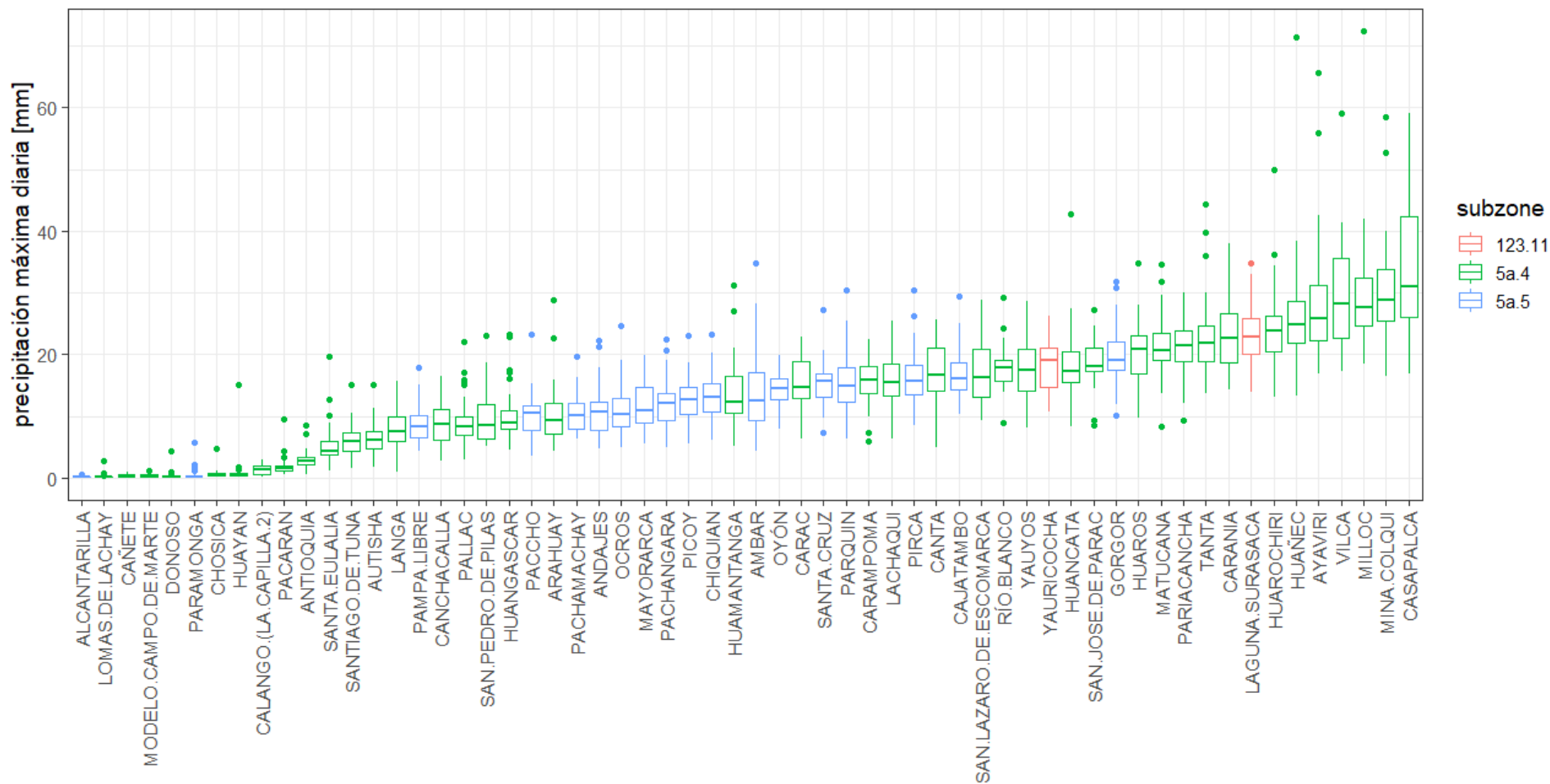


Figura 8: Gráficos “box plot” de las series de precipitaciones máximas diarias (pmd) de las 60 estaciones climáticas convencionales

Fuente: Elaboración propia en base a los datos del producto PISCO v2.0 (diario)

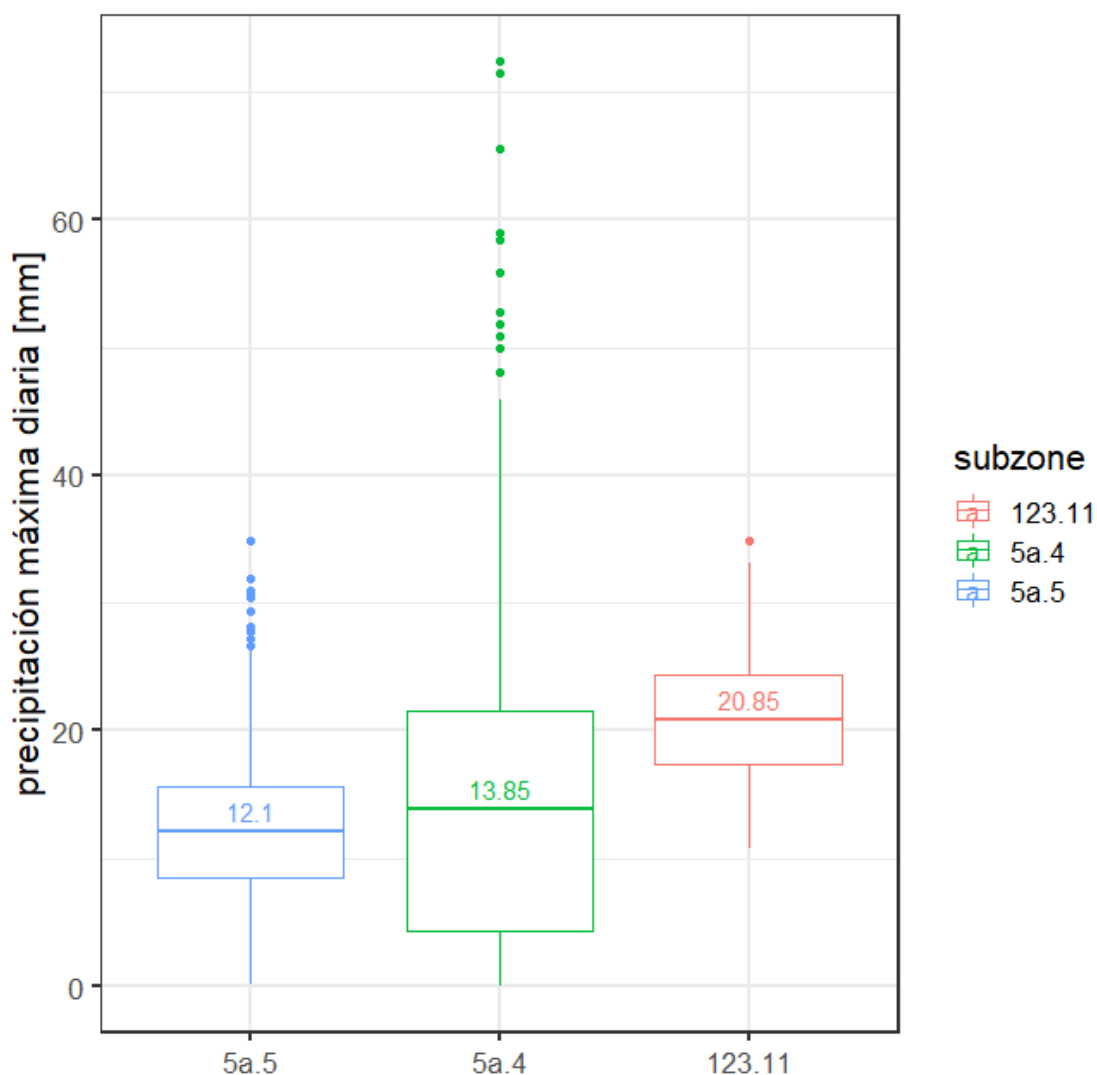


Figura 9: Gráficos “box plot” de precipitaciones máximas diarias (pmd) de las 60 estaciones climáticas convencionales agrupados en subzonas pluviométricas

Fuente: Elaboración propia en base a los datos del producto PISCO v2.0 (diario)

Los datos del producto PISCO v2.0 (diario) ya pasaron por un control de calidad, “*que consistió en la evaluación general de los datos de precipitación para cada estación (fechas duplicadas, comas decimales, valores -999 y/o -888), rangos fijos, coherencia temporal y espacial. Los valores que superaron los límites establecidos fueron eliminados*” (Aybar et al. 2017). La Nota Técnica 001 SENAMHI-DHI-2017 indica que “*fue necesario realizar a través de la visualización de datos una inspección de rupturas y/o quiebres evidentes en las series de tiempo y eliminación de segmentos que no eran homogéneos. Además, la completación de datos de las series mensuales y diarias fue llevado a cabo basado en una modificación del algoritmo CUTOFF (Feng et al. 2014) y mapeos de cuantiles (“quantile mapping”) respectivamente*”.

3.4 DISTRIBUCIÓN “A POSTERIORI” DE PARÁMETROS DE LA FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN GEV EN ESTACIONES CLIMÁTICAS AUTOMÁTICAS

No es posible la solución analítica de la Ecuación (11) con respecto a la matriz de parámetros, por ello se optó por el método de Monte Carlo basado en Cadenas de Markov (MCMC, por sus siglas en inglés) para tomar muestras de la distribución “a posteriori”. Se empleó el paquete de comandos “R2OpenBUGS”, asociado al método MCMC dentro del lenguaje de programación “R” con el soporte de los softwares libres: RStudio y OpenBUGS. La convergencia de la distribución “a posteriori” se evalúa computacionalmente en el entorno del software OpenBUGS basándose suficientemente con la elaboración de una (01) sola cadena y asumiendo un coeficiente $\check{R} \leq 1.1$, tal como lo sigue Gelman *et al.* (2014). La simulación consideró 20000 iteraciones para la cadena. Las primeras 10000 iteraciones serían descartadas y un “thinning rate” de 50 fue empleado con el fin de evitar dependencia en la serie, y así la distribución “a posteriori” de cada parámetro tendría una muestra de tamaño final de 10000.

<https://cran.r-project.org/web/packages/R2OpenBUGS/index.html>

Para validar el modelo, en las 21 estaciones climáticas automáticas se estimaron empíricamente los parámetros de la función de distribución GEV [μ_d , σ_d y ϵ_d] de forma independiente para cada duración d , partiendo de sus respectivas series observadas bajo el método estadístico clásico con el método de estimación de parámetros de momentos lineales, para luego compararlos con las estimaciones puntuales de la distribución “a posteriori” del modelo bayesiano local propuesto.

Luego se calcularon los grados de incertidumbre obtenidos en las distribuciones “a posteriori” del vector de parámetros [μ_d , σ_d , ϵ]. Esto se obtiene de la diferencia de los valores de los cuantiles 97.5 por ciento y 2.5 por ciento de cada parámetro (intervalo de confianza $\alpha=95$ por ciento). Para compararlos con la incertidumbre del método clásico de la estadística ajustada a una distribución GEV, se empleó el método de “bootstrap resampling” ya explicado en el ítem 2.3, con lo cual también se extrae la diferencia de los cuantiles 97.5 y 2.5 por ciento en cada parámetro.

Para salir de cualquier otra duda se comparan las curvas IDF resultantes de la intensidad de lluvia para periodos de retorno de 2 a 100 años tanto del modelo bayesiano como del método “bootstrap resampling”, junto a sus incertidumbres, para visualmente mostrar las diferencias de predicción de ambas metodologías.

Para la validación de la teoría de escalamiento simple, se comparan las estimaciones puntuales de la media de las distribuciones “a posteriori” de μ_d y σ_d obtenidas en el paso 1, versus las que se obtienen a través de las Ecuaciones (09) y (10) empleando las estimaciones de la media de las distribuciones “a posteriori” de H y θ .

La función de distribución “a posteriori” de los parámetros de escala θ y H son estimados solamente por el grupo de estaciones climáticas automáticas haciendo uso de la Ecuación (13).

Los valores estimados de H y θ en cada estación climática automática son agrupados espacialmente para obtener una regionalización para dichos parámetros.

3.5 ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS DE LA FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN GEV EN EL PRODUCTO PISCO V2.0

La estimación de los parámetros μ_{24} , σ_{24} y ε en la Ecuación (17), se realizó para cada serie de datos de intensidades de lluvia máximas de 24 horas calculas a partir de los datos de lluvias diarias extraída del producto PISCO v2.0, y después de haber empleado el factor de corrección de Hershfield. Dentro del área de estudio se tienen 335 celdas con resolución espacial de $0.1^\circ \times 0.1^\circ$. Se empleó el paquete de comandos “extRemes” para estimar los parámetros de la distribución GEV de la Ecuación (17), a las series de máximas intensidades de lluvia, bajo un enfoque bayesiano, considerando 1000 iteraciones y eliminando las 1000 primeras, para tener una muestra de tamaño final de 1000.

<https://cran.r-project.org/web/packages/extRemes/index.html>

El modelo propuesto tiene la capacidad de estimar parámetros en las estaciones donde solo se cuenten con registros diarios de precipitación. Para ello se respetarán secuencialmente los pasos a continuación:

1. Para cada una de las grillas del producto PISCO v2.0, se extrajo la serie de precipitación máxima para ser usada en la obtención de la distribución “a posteriori” de los parámetros $[\mu_{24}, \sigma_{24}, \varepsilon]$ usando la Ecuación (17).
2. Dado que solo es posible obtener la serie de precipitación máxima diaria observada, se aplicará el factor de corrección (H_{cf}) obtenido empíricamente para la subzona pluviométrica y así generar las series de máxima intensidad de lluvia de 24 horas.

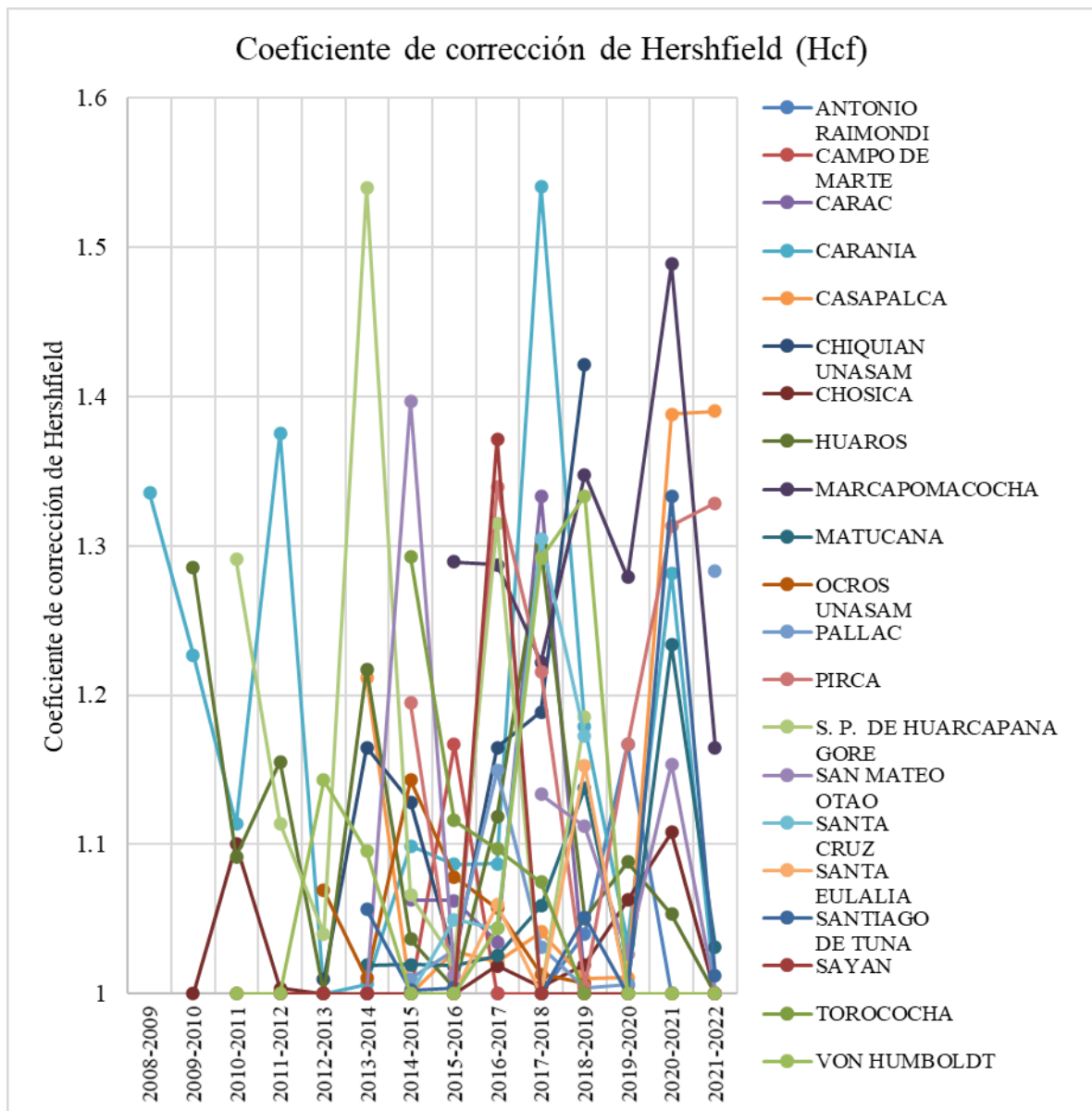


Figura 10: Series temporales de corrección de Hershfield calculados para las 21 estaciones climáticas automáticas

3. Para la validación, en cada estación climática automática y convencional, se evalúan y comparan las estimaciones puntuales de la media e intervalo de confianza de las distribuciones “a posteriori” de μ_d , σ_d y ε que se obtienen a través de las Ecuaciones (09), (10) y (11) versus las estimaciones obtenidas de la distribución “a posteriori” de los parámetros usando la Ecuación (17).

3.6 REGIONALIZACIÓN DE PARÁMETROS Y MAPAS TEMÁTICOS

El modelo de regionalización de los parámetros de la distribución “a posteriori” $[\mu_{24}, \sigma_{24}, \varepsilon_{24}, H, \theta]$, con comprobada independencia entre ellos, son interpolados espacialmente con la técnica geoestadística de kriging con una grilla de tamaño $0.10^\circ \times 0.10^\circ$ dentro del ámbito de estudio. Luego se procedería a identificar regiones hidrológicamente homogéneas que agrupen un número de grillas espaciales que satisfagan la condición de homogeneidad de los parámetros obtenidos.

$$Z(u) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(u_i) \quad (20)$$

Donde:

$Z(u_i)$: El valor medido en la localización i th

λ_i : Peso no conocido para el valor medido en la localización i th

u : La predicción en la localización nueva.

N : El número total de valores medidos.

Finalmente, se producen mapas de la precipitación e intensidad máxima (y) para cada periodo de retorno (10, 25, 50, y 100 años) dentro del ámbito de estudio en el rango entre 1 a 24 horas. Se aplicará el paquete Gstat en lenguaje de programación en “R”, para la aplicación de la Ecuación (20).

<http://cran.r-project.org/web/packages/gstat/index.html>

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 DISTRIBUCIÓN “A POSTERIORI” DE PARÁMETROS DE LA FUNCIÓN GEV EN ESTACIONES CLIMÁTICAS AUTOMÁTICAS

Los resultados del modelo son:

1. En las Tablas 3 y 4 se presentan los resultados de la estimación de la media de la distribución GEV “a posteriori” de la máxima intensidad de lluvia para duración de 24 horas, y sus intervalos de confianza al 95 por ciento. En la Tabla 5 se presentan los resultados de la estimación de la media e intervalo de confianza al 95 por ciento de la distribución GEV por método “bootstrap resampling” de la máxima intensidad de lluvia para duración de 24 horas.
2. En las Figuras 11 al 13 se comparan las funciones de densidad continua de cada uno de los parámetros μ_d , σ_d y ε contenidas tanto por el modelo bayesiano (“posterior distribution”) como por el método “bootstrap resampling” que representa al enfoque frecuentista de la estadística. En las figuras el área de la distribución de color verde representa la distribución “a posteriori” y su línea vertical color verde representa la estimación puntual de la media. El área de color rosado representa la distribución “bootstrap” con una línea vertical: de color rojo que representa su estimación puntual de la media por dicho método. De las 21 estaciones automáticas disponibles se toma los resultados de la estación CHIQUIAN UNASAM como muestra de ejemplo de las figuras de comparación. El criterio para la elección fue con elegir una de las que cuenta con mayor cantidad de años de registros. En el Anexo 3 se presentan las demás comparaciones que demuestran que esta propiedad también se replica en las estaciones restantes.

Tabla 3: Resultados de la estimación de la media de la distribución GEV “a posteriori” de la máxima intensidad de lluvia para duración de 24 horas [d=24h]

i	Estación climática automática	Modelo bayesiano de la distribución GEV “a posteriori” (estimación de la media)				
		μ_{24} [mm/h]	σ_{24} [mm/h]	ε	H	θ [h]
1	ANTONIO RAIMONDI	0.0419	0.0552	0.3198	0.8368	1.8263
2	CAMPO DE MARTE	0.0389	0.0165	-0.0477	0.8873	0.7046
3	CARAC	0.6994	0.3415	0.1778	0.8964	0.7419
4	CARANIA	0.8678	0.1467	0.0034	0.7806	0.4232
5	CASAPALCA	1.1959	0.1932	-0.1028	0.8339	1.6351
6	CHIQUIAN UNASAM	2.1817	2.4724	-0.1544	0.8392	1.4331
7	CHOSICA	0.2197	0.2047	0.2954	0.8698	1.0396
8	HUAROS	1.0545	0.5789	0.235	0.8715	1.1138
9	MARCAPOMACOCHA	1.0474	0.234	-0.0689	0.8174	0.8565
10	MATUCANA	0.7113	0.1803	-0.2947	0.9172	0.6856
11	OCROS UNASAM	1.5577	1.4659	-0.1501	0.8567	1.2115
12	PALLAC	0.5939	0.4444	-0.1987	0.8334	1.1336
13	PIRCA	0.6731	0.1442	0.0643	0.8971	0.9557
14	SAN PEDRO DE HUARCAPANA GORE	1.2894	0.247	-0.0968	0.8871	0.6116
15	SAN MATEO OTAO	0.8846	0.6653	-0.0874	0.8852	0.6751
16	SANTA CRUZ	0.6497	0.2016	-0.284	0.8644	0.8544
17	SANTA EULALIA	0.287	0.184	0.1758	0.876	0.7838
18	SANTIAGO DE TUNA	0.8585	0.6482	-0.066	0.8567	1.0379
19	SAYAN	0.1182	0.1492	0.3597	0.8645	1.0751
20	TOROCOCHA	0.8915	0.2367	-0.2664	0.8171	1.699
21	VON HUMBOLDT	0.0753	0.0517	0.3876	0.9177	0.505

Fuente: Basado en las 21 estaciones climáticas automáticas disponibles

Tabla 4: Resultados de la estimación del intervalo de confianza al 95 por ciento de la distribución GEV “a posteriori” de la máxima intensidad de lluvia para duración de 24 horas [d=24h]

i	Estación climática automática	Modelo bayesiano de la distribución GEV “a posteriori” (estimación del intervalo de confianza al 95 por ciento)				
		μ_{24} [mm/h]	σ_{24} [mm/h]	ϵ	H	θ [h]
1	ANTONIO RAIMONDI	[0.0261-0.0637]	[0.0363-0.0823]	[0.218-0.4056]	[0.5575-0.9942]	[0.0757-6.07]
2	CAMPO DE MARTE	[0.031-0.0483]	[0.0117-0.0233]	[-0.233-0.1508]	[0.7291-0.9948]	[0.0375-1.8521]
3	CARAC	[0.5428-0.8995]	[0.2204-0.5227]	[0.0064-0.3251]	[0.7299-0.9955]	[0.0349-2.129]
4	CARANIA	[0.8099-0.9285]	[0.1225-0.1769]	[-0.1147-0.1358]	[0.7047-0.8882]	[0.0364-1.086]
5	CASAPALCA	[1.102-1.293]	[0.1589-0.2377]	[-0.2558-0.0631]	[0.6895-0.9817]	[0.5522-2.9551]
6	CHIQUIAN UNASAM	[1.37-3.119]	[1.805-3.392]	[-0.3572-0.107]	[0.6057-0.9928]	[0.0696-4.174]
7	CHOSICA	[0.1596-0.3003]	[0.1433-0.2882]	[0.1708-0.3968]	[0.6604-0.9939]	[0.045-3.1392]
8	HUAROS	[0.8655-1.28]	[0.4409-0.7553]	[0.112-0.3492]	[0.6877-0.9943]	[0.0739-2.621]
9	MARCAPOMACOCHA	[0.9288-1.175]	[0.1805-0.3021]	[-0.2503-0.121]	[0.679-0.9766]	[0.0724-2.0361]
10	MATUCANA	[0.6434-0.7869]	[0.1498-0.22]	[-0.4111--0.1471]	[0.7991-0.9959]	[0.1075-1.252]
11	OCROS UNASAM	[1.044-2.154]	[1.079-2.016]	[-0.3472-0.1008]	[0.6392-0.994]	[0.0669-3.3161]
12	PALLAC	[0.4453-0.7625]	[0.3451-0.5829]	[-0.3428--0.0307]	[0.633-0.9905]	[0.0501-2.9]
13	PIRCA	[0.6092-0.7441]	[0.1118-0.1847]	[-0.0724-0.2122]	[0.7614-0.9942]	[0.1843-1.734]
14	SAN PEDRO DE HUARCAPANA GORE	[1.178-1.412]	[0.2-0.3085]	[-0.2318-0.0511]	[0.7776-0.9898]	[0.0684-1.244]
15	SAN MATEO OTAO	[0.6657-1.146]	[0.5114-0.8741]	[-0.2457-0.0771]	[0.7115-0.9945]	[0.0263-1.9701]
16	SANTA CRUZ	[0.5476-0.766]	[0.1562-0.2699]	[-0.4075--0.1168]	[0.7069-0.9919]	[0.0598-1.9261]
17	SANTA EULALIA	[0.2154-0.3775]	[0.1307-0.2649]	[0.0524-0.2986]	[0.6872-0.9944]	[0.0299-2.382]
18	SANTIAGO DE TUNA	[0.6478-1.108]	[0.5026-0.8459]	[-0.2002-0.0772]	[0.6594-0.9936]	[0.0499-2.799]
19	SAYAN	[0.0782-0.1743]	[0.1016-0.2188]	[0.2733-0.4305]	[0.6341-0.9942]	[0.0414-3.662]
20	TOROCOCHA	[0.7619-1.032]	[0.183-0.3138]	[-0.4009--0.085]	[0.6142-0.989]	[0.1741-3.5401]
21	VON HUMBOLDT	[0.0593-0.0967]	[0.0363-0.0733]	[0.3206-0.4442]	[0.7721-0.9965]	[0.0194-1.5041]

Fuente: Basado en las 21 estaciones climáticas automáticas disponibles

Tabla 5: Resultados de la estimación de la media e intervalo de confianza al 95 por ciento de la distribución GEV por método “bootstrap resampling” de la máxima intensidad de lluvia para duración de 24 horas [d=24h]

i	Estación climática convencional	Estimación de la media de la distribución GEV “a posteriori”			Intervalo de confianza al 95 por ciento de los parámetros de la distribución GEV “a posteriori”		
		μ_{24} [mm/h]	σ_{24} [mm/h]	ϵ	μ_{24} [mm/h]	σ_{24} [mm/h]	ϵ
1	ANTONIO RAIMONDI	0.0296	0.046	0.3581	[0.0029-0.0678]	[0.0185-0.0926]	[-0.2429-0.8545]
2	CAMPO DE MARTE	0.0328	0.0143	-0.1447	[0.0198-0.0536]	[0.0034-0.0356]	[-1.4088-0.7197]
3	CARAC	0.6235	0.1948	0.2208	[0.4699-0.9335]	[0.0375-0.5748]	[-0.913-0.9037]
4	CARANIA	0.9068	0.2183	-0.0254	[0.7877-1.0349]	[0.1289-0.3194]	[-0.5827-0.541]
5	CASAPALCA	1.2109	0.1618	-0.1754	[1.0929-1.3474]	[0.0728-0.2718]	[-0.932-0.436]
6	CHIQUIAN UNASAM	2.5587	2.5149	-0.3372	[0.1206-4.8391]	[0.9329-4.45]	[-1.2471-0.3658]
7	CHOSICA	0.2047	0.2186	0.2366	[0.0916-0.3621]	[0.1165-0.3568]	[-0.3092-0.7257]
8	HUAROS	0.9959	0.5768	0.2271	[0.6785-1.3881]	[0.2916-1.0134]	[-0.3152-0.7071]
9	MARCAPOMACOCHA	1.1709	0.247	-0.2028	[0.959-1.4064]	[0.0854-0.4434]	[-1.4134-0.7184]
10	MATUCANA	0.7823	0.1467	-0.6976	[0.647-0.8773]	[0.0583-0.2764]	[-1.8563-0.1965]
11	OCROS UNASAM	1.4682	1.5161	-0.3128	[0.11-2.9177]	[0.5755-2.6621]	[-1.2285-0.3717]
12	PALLAC	0.5613	0.3985	-0.3351	[0.2561-0.8995]	[0.1541-0.6658]	[-1.174-0.3241]
13	PIRCA	0.7513	0.1483	0.0246	[0.6207-0.8748]	[0.065-0.2495]	[-0.9025-0.7248]
14	SAN PEDRO DE HUARCAPANA GORE	1.2915	0.2764	-0.3221	[1.0985-1.5309]	[0.1176-0.5161]	[-1.2642-0.4745]
15	SAN MATEO OTAO	0.9788	0.7015	-0.1739	[0.4232-1.5198]	[0.2978-1.1796]	[-1.0509-0.543]
16	SANTA CRUZ	0.7666	0.1983	-1.0086	[0.4181-0.9006]	[0.0215-0.633]	[-2.7316-0.2822]
17	SANTA EULALIA	0.2424	0.0775	0.282	[0.1949-0.3363]	[0.019-0.2178]	[-0.5848-0.8923]
18	SANTIAGO DE TUNA	0.9151	0.5876	-0.07	[0.4677-1.3932]	[0.2567-0.9528]	[-0.8315-0.5831]
19	SAYAN	0.0967	0.1546	0.3649	[0.0212-0.2063]	[0.0705-0.2934]	[-0.1757-0.8392]
20	TOROCOCHA	0.9105	0.2754	-0.6299	[0.5555-1.1968]	[0.0671-0.5664]	[-2.2295-0.4619]
21	VON HUMBOLDT	0.0591	0.051	0.4918	[0.0355-0.1007]	[0.0163-0.1431]	[-0.0817-0.9262]

Fuente: Basado en producto PISCO v2.0 (diario)

Estación CHIQUIAN.UNASAM

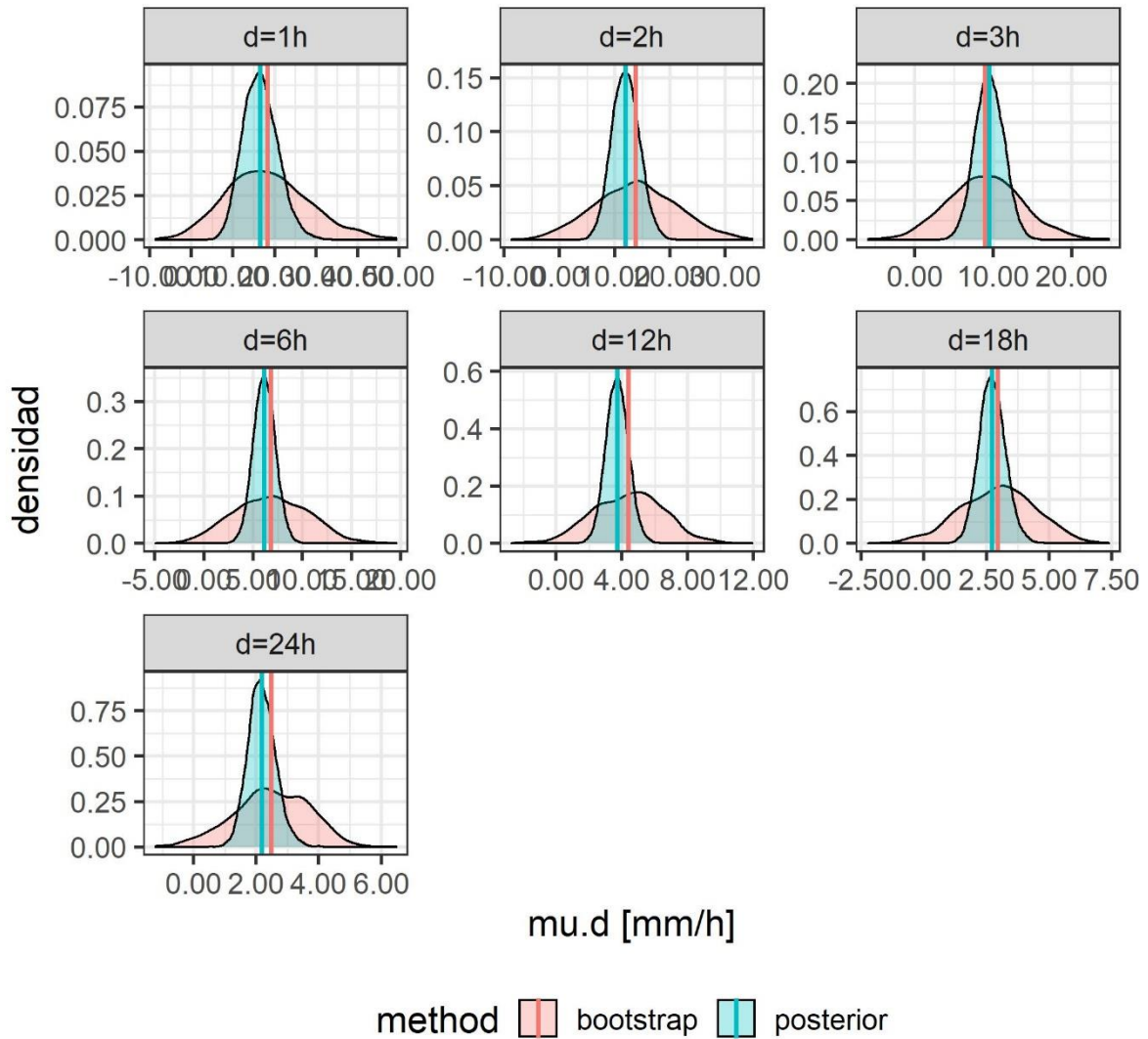


Figura 11: Comparación de las funciones de densidad para el parámetro μ_a obtenidos por modelo bayesiano (“posterior distribution”) y por el método “bootstrap resampling” para la estación CHIQUIAN UNASAM

Estación CHIQUIAN.UNASAM

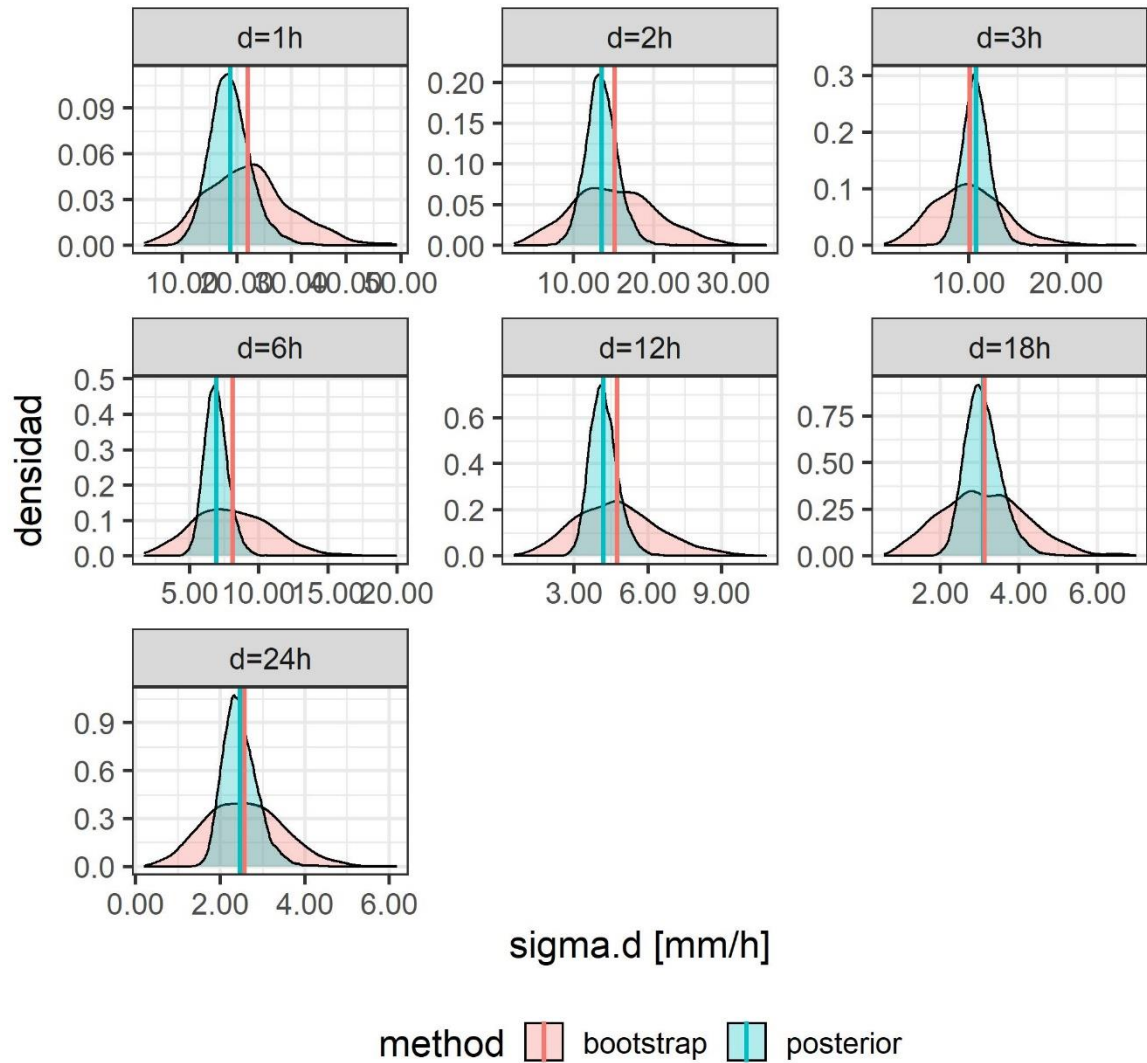


Figura 12: Comparación de las funciones de densidad para el parámetro σ_a obtenidos por modelo bayesiano (“posterior distribution”) y por el metodo “bootstrap resampling” para la estación CHIQUIAN UNASAM

Estación CHIQUIAN.UNASAM

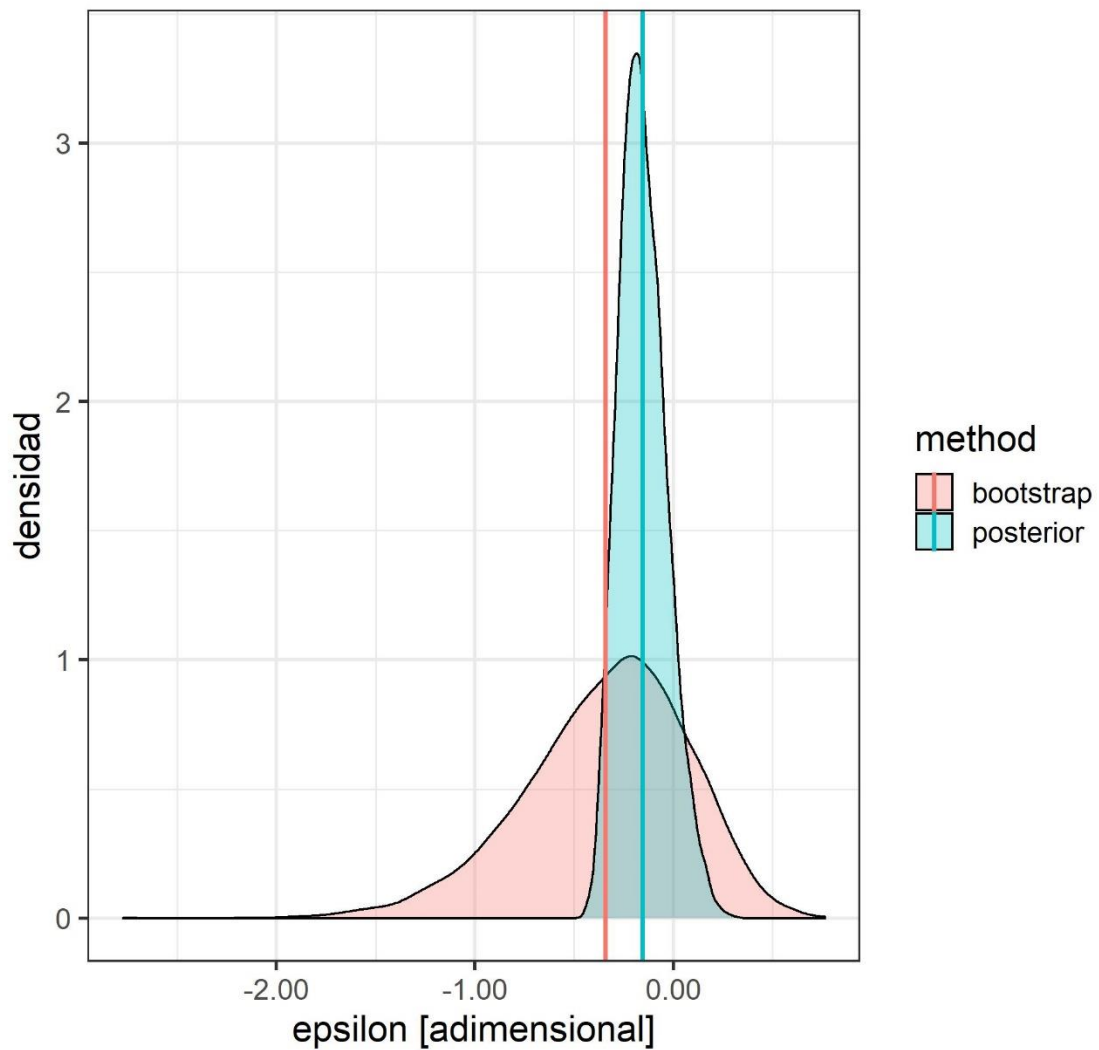
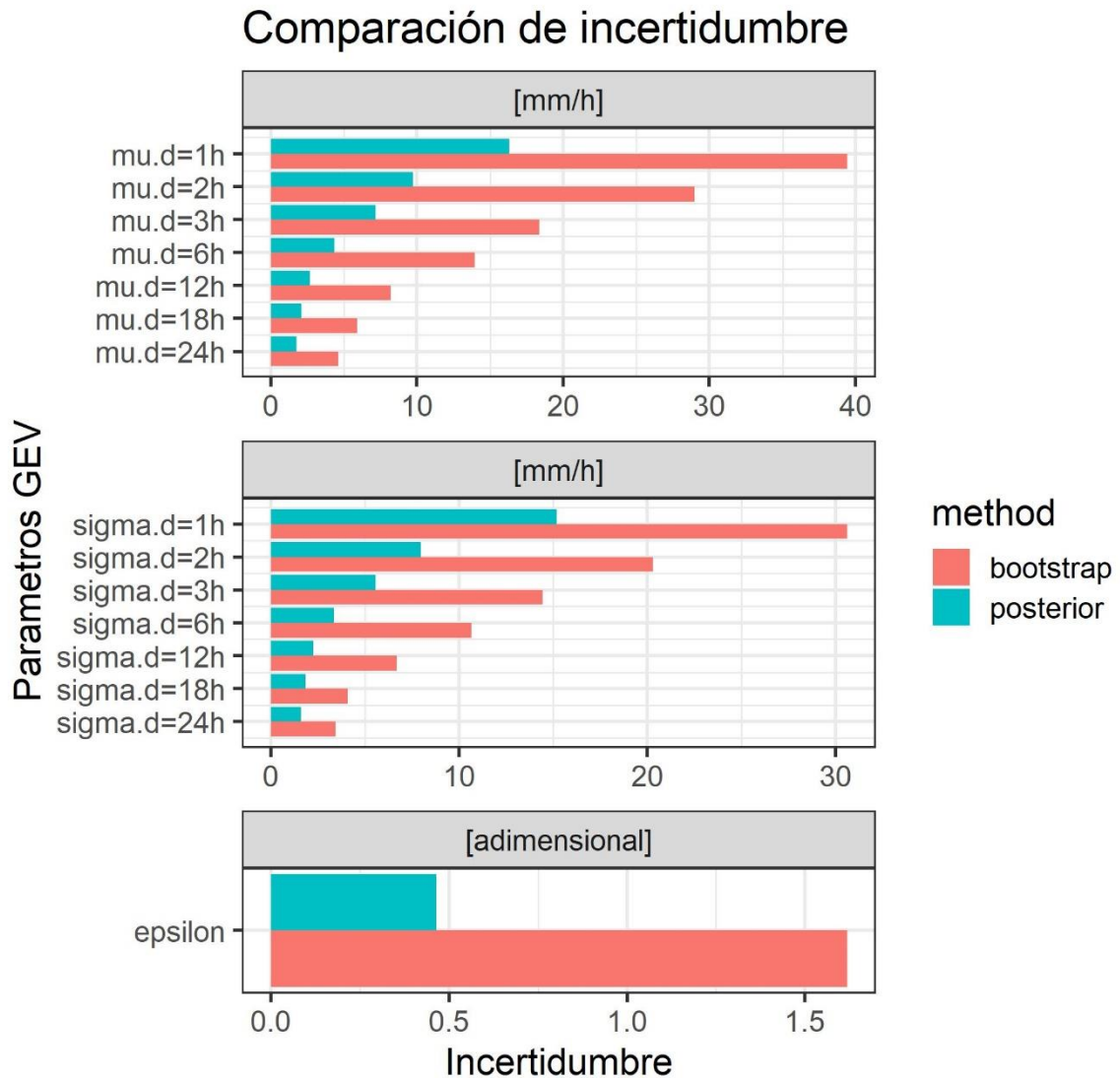


Figura 13: Comparación de las funciones de densidad para el parámetro “ ϵ ” obtenidos por modelo bayesiano (“posterior distribution”) y por el método “bootstrap resampling”

Fuente: Elaboración propia en base a una muestra de solo 6 estaciones climáticas automáticas de las 21 disponibles

3. Los grados de incertidumbre obtenidos en las distribuciones “a posteriori” (modelo bayesiano) del vector de parámetros $[\mu_d, \sigma_d, \epsilon]$ resultaron en la totalidad de los casos menores que los obtenidos del método de “bootstrap resampling”. Las incertidumbres se extrajeron de la diferencia de los cuantiles 97.5 y 2.5 por ciento en cada parámetro, es decir la longitud del intervalo de confianza del 95 por ciento. La siguiente Figura 14, se muestra en barras horizontales las longitudes de las

incertidumbres. Las barras de color verde representan al modelo bayesiano y las de color rosado representan al método de “bootstrap resampling”. De las 21 estaciones automáticas disponibles se toma los resultados de la estación CHIQUIAN UNASAM como muestra de ejemplo de las figuras de comparación. En el Anexo 4 se demuestra que esta propiedad también se replica en las estaciones restantes.



Fuente: Estación CHIQUIAN.UNASAM

Figura 14: Comparación de las longitudes del intervalo de confianza (incertidumbre) para los parámetros “ μ_d , σ_d y ϵ ” obtenidos por modelo bayesiano (“posterior distribution”) y por el método “bootstrap resampling” para la estación CHIQUIAN UNASAM

4. Al compararse las figuras de las curvas IDF (Figura 15) resultantes de la intensidad de lluvia para periodos de retorno de 2 a 100 años tanto del modelo bayesiano como del método “bootstrap resampling”, junto a sus incertidumbres, se visualiza una notable diferencia de predicción de ambas metodologías como resultado de la elección del vector de parámetros $[\mu_{24}, \sigma_{24}, \varepsilon_{24}, \theta, H]$ tanto para la estimación de la media (línea central) como para los valores superior e inferior del intervalo de confianza del 95 por ciento, es decir para los valores del cuantil de 2.5 y 97.5 por ciento. En todos los casos se muestra que el método bayesiano (color verde) arroja un rango mucho más ajustado del intervalo de confianza para la intensidad de lluvia (y) para todos los periodos de retorno hasta 100 años, con respecto al método “bootstrap resampling” (color rosado) arroja predicciones para extremo superior del intervalo de confianza de hasta 500 mm/h. Esto demuestra que ante la limitada cantidad de datos subdiarios observados, el modelo bayesiano propuesto brinda grados de incertidumbre aceptables y en un orden de magnitud manejable. En puntos negros se superponen los datos observados de cada estación. De las 21 estaciones automáticas disponibles se toma los resultados de la estación CHIQUIAN UNASAM como muestra de ejemplo de las figuras de comparación. En el Anexo 3 se presentan las demás comparaciones que demuestran que esta propiedad también se replica en las estaciones restantes.

Estación CHIQUIAN.UNASAM

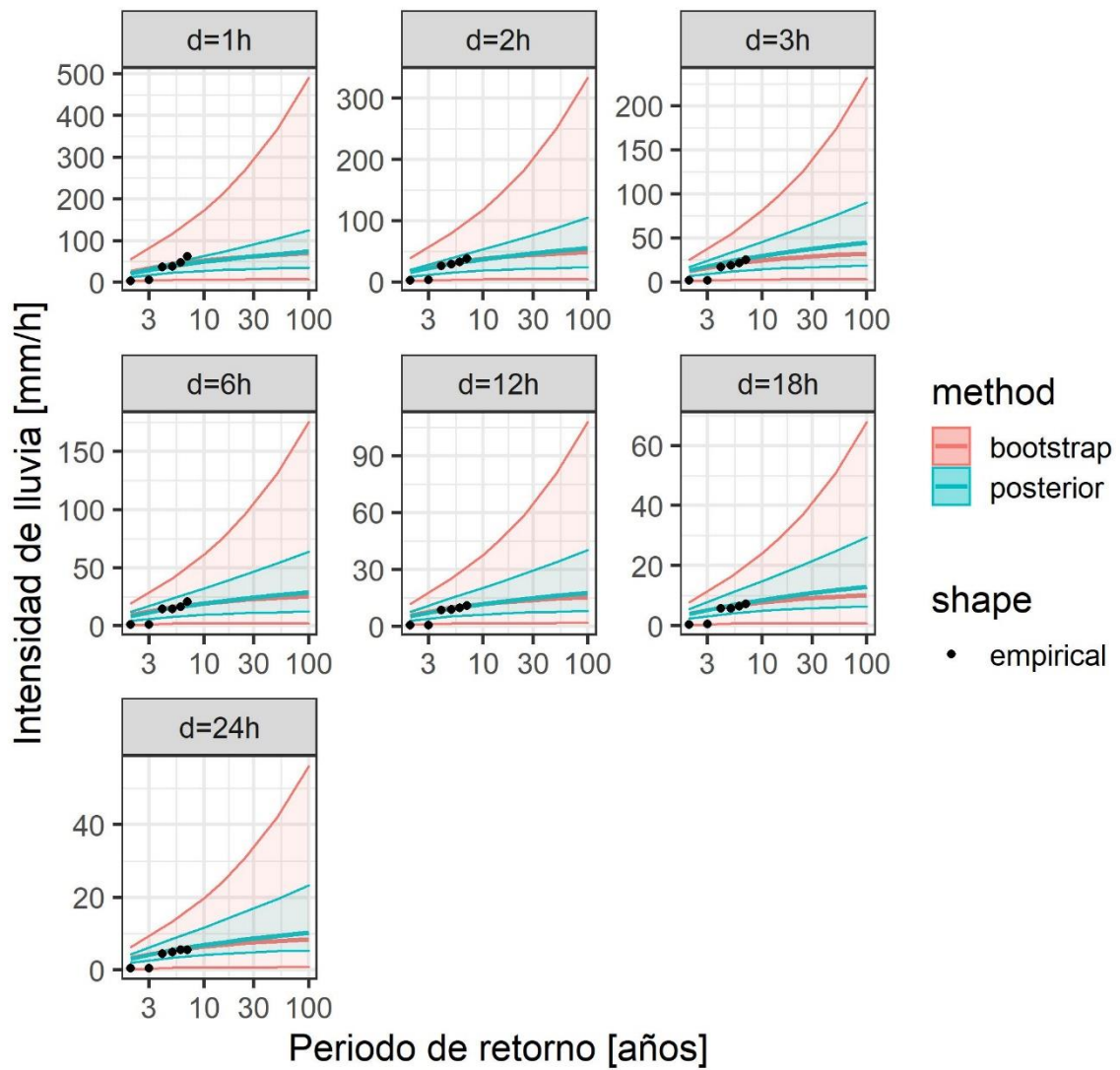


Figura 15: Comparación de las estimaciones de la media e intervalo de confianza al 95 por ciento de las proyecciones de la máxima intensidad de lluvia (y) para duraciones [d=1h a 24h] en la estación CHIQUIAN UNASAM

5. Para validar la función de distribución “a posteriori” del vector de parámetros $[\mu_{24}, \sigma_{24}, \varepsilon_{24}, \theta, H]$ y determinar la estimación puntual de la precipitación e intensidad subdiaria, se verificó con las Ecuaciones (09) y (10) el cálculo de los parámetros μ_d y σ_d obtenidos por la distribución “a posteriori” del modelo bayesiano. Las siguientes figuras muestran una buena correlación y coeficientes de correlación (R) también cercanos a 0.99, y por ello los factores θ y H , en adelante denominados factores de escala de la intensidad de lluvia son lo suficientemente aplicables para obtener los parámetros a escala subdiaria a partir de los parámetros de referencia de duración de 24 horas [$d=24h$].

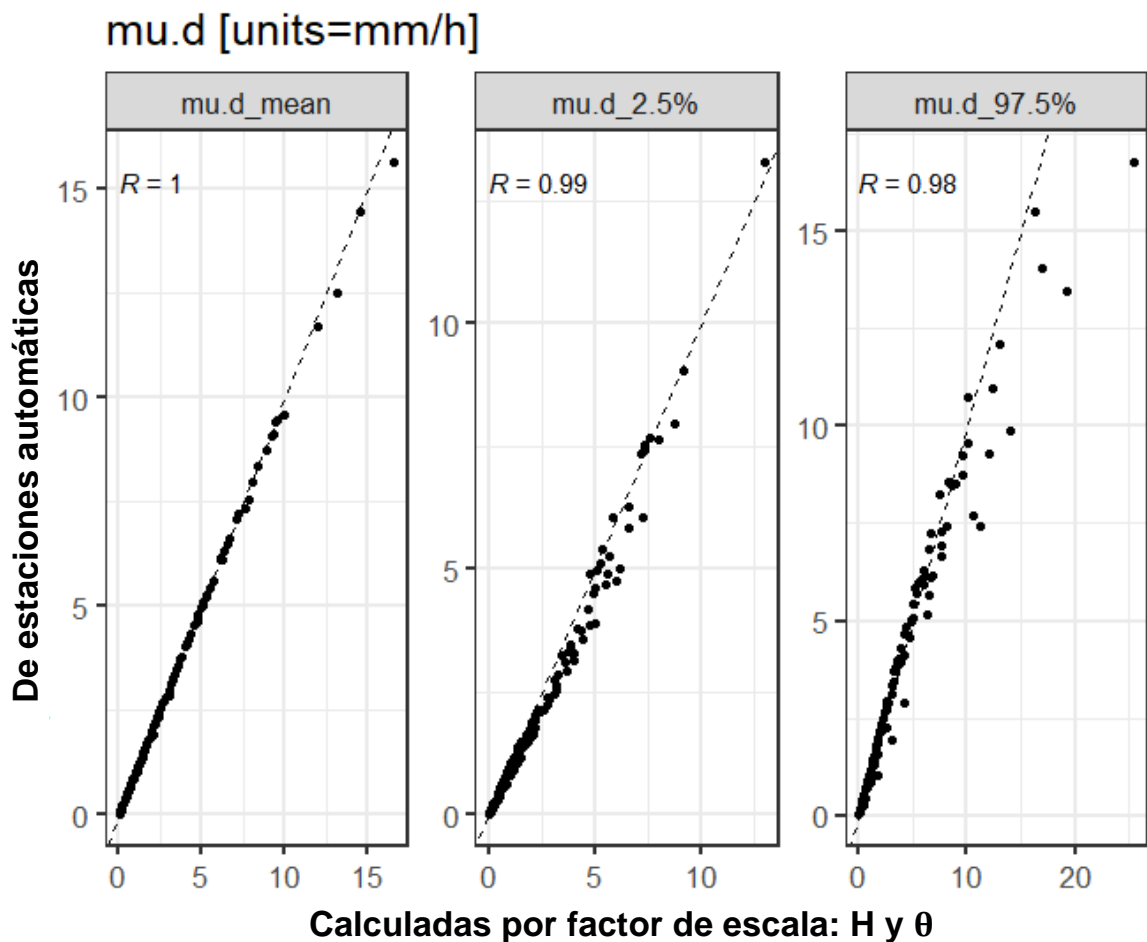


Figura 16: Correlación de obtención de los parámetros μ_d para las 21 estaciones climáticas automáticas

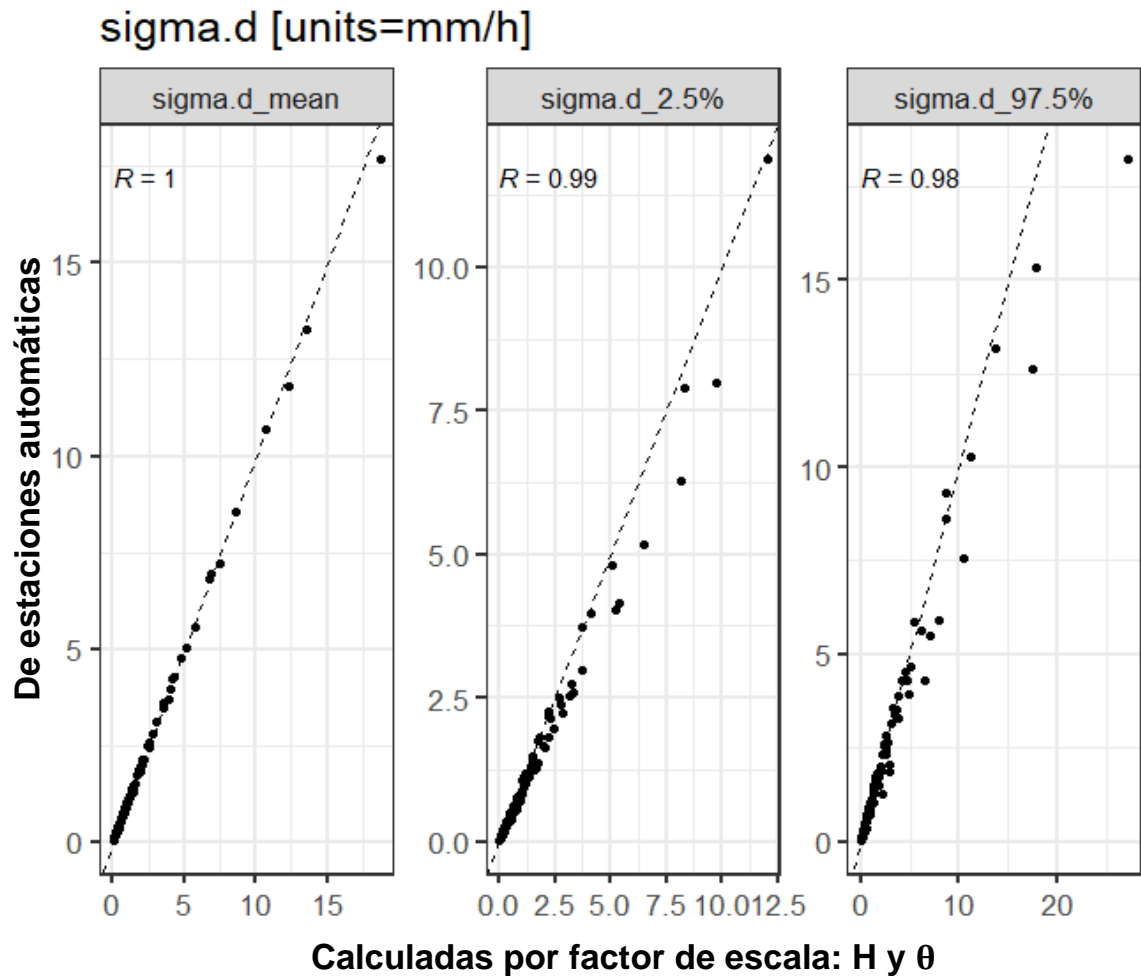


Figura 17: Correlación de obtención de los parámetros σ_d para las 21 estaciones climáticas automáticas

6. La regionalización de los parámetros [$H=1-n$, $\theta=b$] para la actualización de las Ecuaciones (03) y (04) derivados de la metodología IILA-SENAMHI-UNI (Instituto Italo-Latinoamericano "IILA" *et al.* 1983) se muestra en la Figura 18, las misma que serán interpolados para obtener un ráster de dichos factores de escala: H y θ .

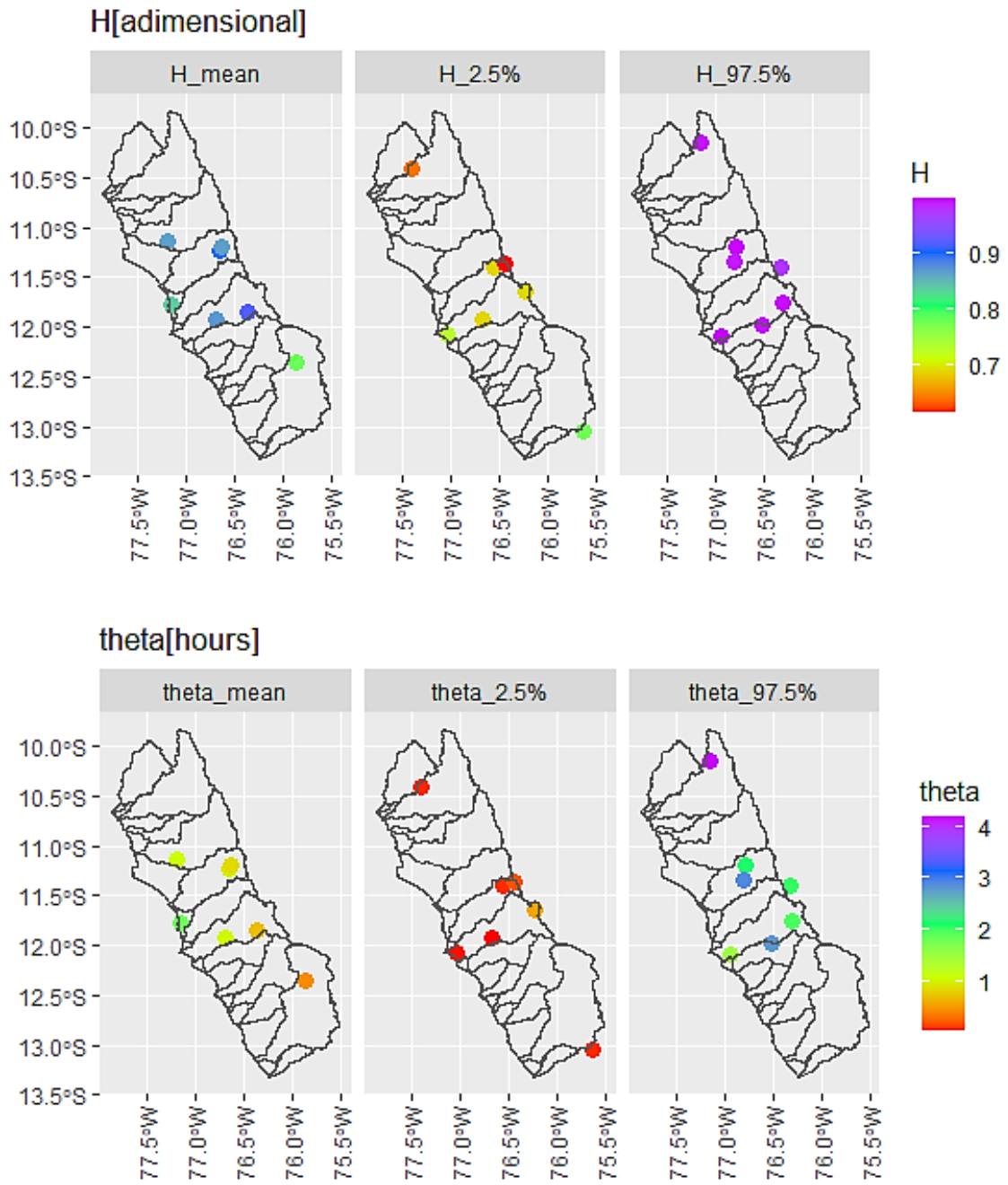


Figura 18: Mapa de la distribución espacial de los parámetros “H” y “ θ ” [horas] en el ámbito de estudio

4.2 FACTOR DE CORRECCIÓN DE HERSHFIELD

Tomando la serie continua de precipitación observada a escala horaria de las estaciones climáticas automáticas, se calculó el factor de corrección de Hershfield (Hcf), comúnmente considerado con un único valor adimensional de 1.13, el cual es la relación de corrección por las mediciones fijas de la precipitación acumulada diaria desde un horario de 07:00 a 19:00 horas (UTC+5:00). A continuación, se muestra el gráfico boxplot cuya media y varianza se pueden agrupar para las subzonas pluviométricas (5a.4, 5a.5, 5a.6 y 123.11) de la metodología del IILA-SENAMHI-UNI (1983). Los factores de corrección empíricos fueron calculados usando las observaciones horarias de precipitación en las estaciones automáticas del periodo 2008-2022.

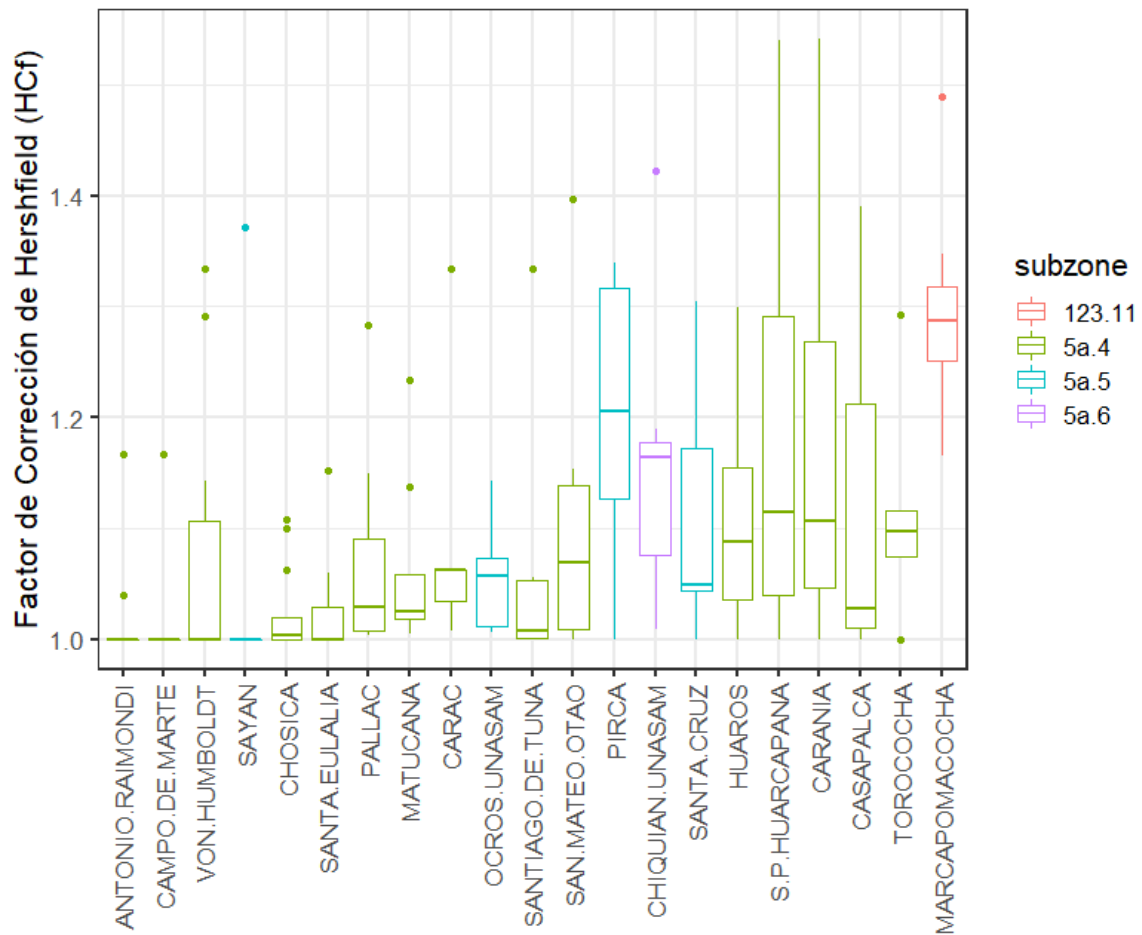


Figura 19: Gráfico boxplot del factor de corrección de Hershfield calculadas para las 21 estaciones climáticas automáticas

Las cuatro (4) subzonas pluviométricas del ámbito de estudio, en la Figura 20, muestra la variación de la media del coeficiente proporcional a la altitud. En la Tabla 6 se presenta los valores de la media y desviación estándar del factor de corrección de Hershfield (Hcf) para cada subzona pluviométrica propuesta.

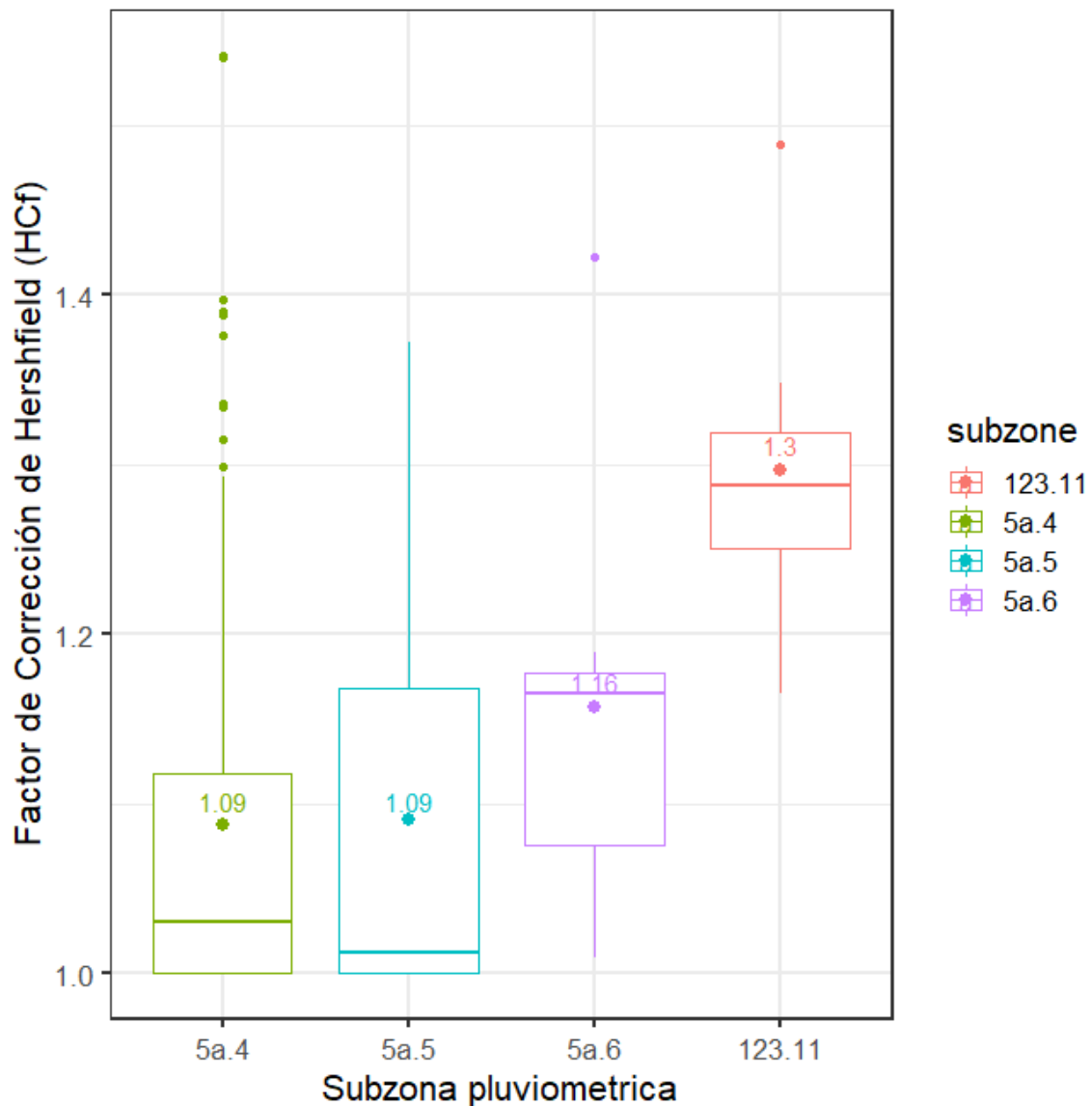


Figura 20: Grafico boxplot del factor de corrección de Hershfield calculadas para las 21 estaciones climáticas automáticas, según sus subzonas pluviométricas

Tabla 6: Estadísticas del factor de corrección de Hershfield observada en las 21 estaciones climáticas automáticas

Subzona propuesta	Estaciones climáticas automáticas	Rango de altitudes (msnm)	Media del coeficiente de Hershfield	Desviación estandar del coeficiente de Hershfield
5a.6	CHQUIAN UNASAM	3382	1.16	0.10
5a.5	OCROS UNASAM, SAYAN, SANTA CRUZ, PIRCA	647-3583	1.09	0.12
5a.4	CARAC, PALLAC, TOROCOCHA, HUAROS, CASAPALCA, SAN MATEO OTAO, ANTONIO RAIMONDI, CAMPO DE MARTE, MATUCANA, SANTA EULALIA, CHOSICA, SANTIAGO DE TUNA, CARANIA, SAN PEDRO DE HUARCAPANA GORE, VON HUMBOLDT	47-4410	1.09	0.12
123.11	MARCAPOMACOCHA	4447	1.30	0.10

4.3 DISTRIBUCIÓN “A POSTERIORI” DE PARÁMETROS DE LA FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN GEV DE LAS SERIES DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS

En la Figura 21 se muestran los resultados de las estimaciones de los parámetros $[\mu_{24}, \sigma_{24}, \epsilon]$ de distribución GEV en el producto grillado PISCO v2.0 (diario) dentro de un mapa que cubre el área de estudio y con resolución espacial $0.1^\circ \times 0.1^\circ$. En las Tablas 7 y 8 se presentan los valores de parámetros de la función de distribución GEV sobre la ubicación de las estaciones climáticas automáticas y convencionales.

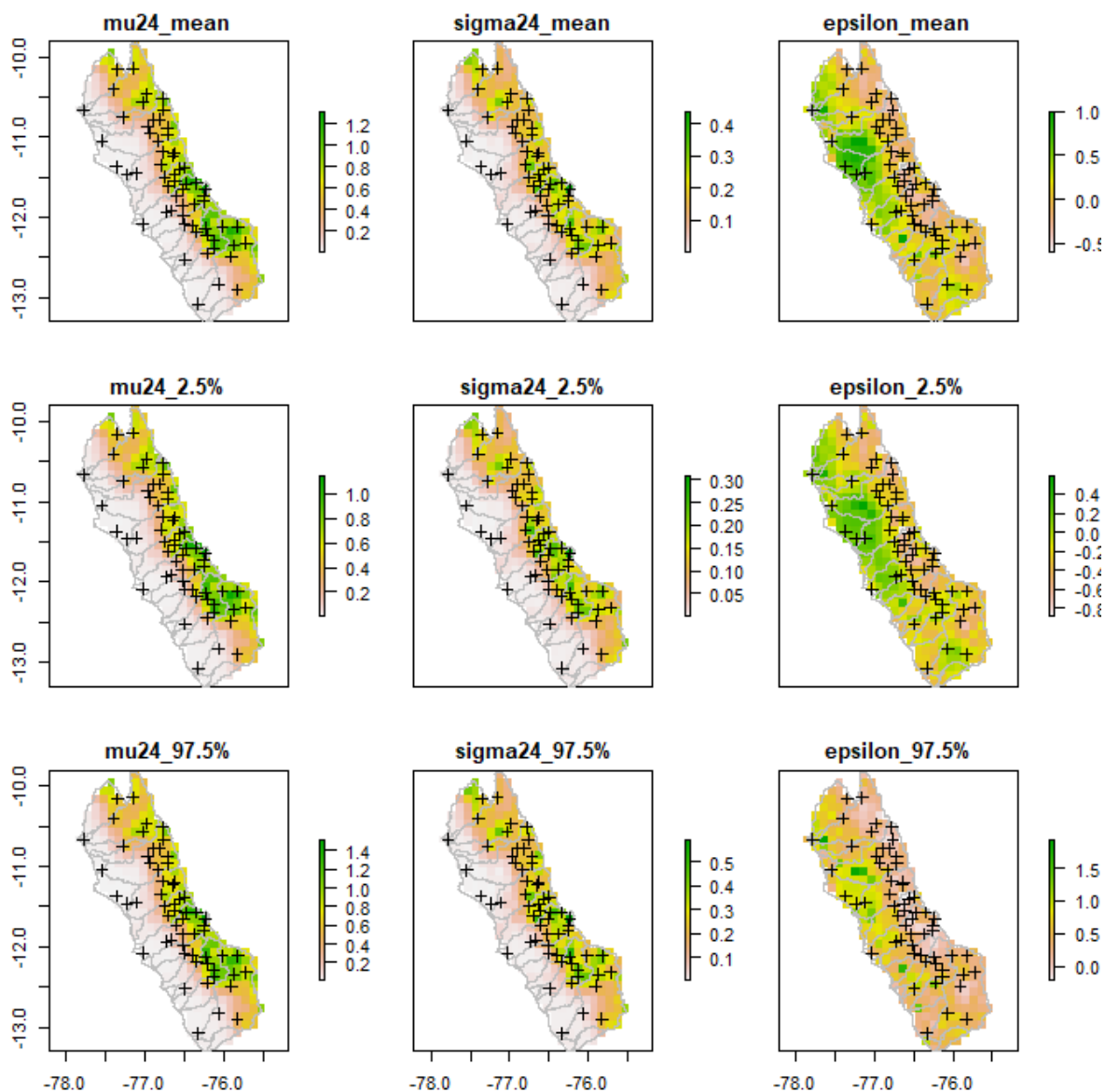


Figura 21: Mapa de la distribución espacial de los parámetros “ μ_{24} ,” “ σ_{24} ” [mm/h] y “ ϵ ” en grillas de resolución $0.1^\circ \times 0.1^\circ$

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados de las 90 estaciones convencionales y del producto PISCO v2.0 (diario).

Tabla 7: Resultados de la distribución GEV para la máxima intensidad de lluvia [d=24h] extraídas del producto PISCO v2.0 (diario) sobre la ubicación de las estaciones climáticas automáticas

i	Estación climática convencional	Estimación de la media de la distribución GEV “a posteriori”			Intervalo de confianza al 95 por ciento de los parámetros de la distribución GEV “a posteriori”		
		μ_{24} [mm/h]	σ_{24} [mm/h]	ϵ	μ_{24} [mm/h]	σ_{24} [mm/h]	ϵ
1	ANTONIO RAIMONDI	0.029	0.028	0.42	[0.016-0.038]	[0.019-0.04]	[0.088-0.777]
2	CAMPO DE MARTE	0.011	0.008	0.095	[0.009-0.015]	[0.006-0.012]	[-0.156-0.381]
3	CARAC	0.633	0.199	-0.309	[0.546-0.713]	[0.146-0.27]	[-0.577--0.04]
4	CARANIA	0.939	0.225	0.051	[0.852-1.056]	[0.165-0.341]	[-0.3-0.513]
5	CASAPALCA	1.321	0.44	-0.085	[1.15-1.512]	[0.308-0.589]	[-0.358-0.25]
6	CHIQUIAN UNASAM	0.643	0.17	-0.086	[0.569-0.707]	[0.123-0.235]	[-0.271-0.169]
7	CHOSICA	0.18	0.104	0.206	[0.142-0.227]	[0.066-0.143]	[-0.064-0.525]
8	HUAROS	0.82	0.237	-0.132	[0.733-0.923]	[0.184-0.306]	[-0.317-0.159]
9	MARCAPOMACOCHA	-	-	-	-	-	-
10	MATUCANA	0.867	0.22	-0.16	[0.782-0.961]	[0.172-0.279]	[-0.313-0.046]
11	OCROS UNASAM	0.476	0.17	0.039	[0.41-0.551]	[0.115-0.233]	[-0.25-0.482]
12	PALLAC	0.335	0.141	0.095	[0.284-0.394]	[0.106-0.181]	[-0.118-0.407]
13	PIRCA	0.655	0.172	0.056	[0.591-0.727]	[0.127-0.232]	[-0.184-0.401]
14	SAN PEDRO DE HUARCAPANA GORE	-	-	-	-	-	-
15	SAN MATEO OTAO	0.848	0.252	-0.271	[0.733-0.941]	[0.197-0.347]	[-0.457--0.055]
16	SANTA CRUZ	0.635	0.154	-0.114	[0.574-0.708]	[0.121-0.193]	[-0.257-0.088]
17	SANTA EULALIA	0.18	0.104	0.206	[0.142-0.227]	[0.066-0.143]	[-0.064-0.525]
18	SANTIAGO DE TUNA	0.223	0.116	0.027	[0.175-0.27]	[0.084-0.171]	[-0.222-0.403]
19	SAYAN	0.012	0.006	0.855	[0.01-0.016]	[0.004-0.015]	[0.263-0.926]
20	TOROCOCHA	0.82	0.162	0.217	[0.761-0.894]	[0.116-0.245]	[-0.069-0.748]
21	VON HUMBOLDT	0.007	0.005	0.284	[0.004-0.009]	[0.004-0.007]	[0.022-0.56]

Fuente: Basado en producto PISCO v2.0 (diario)

Tabla 8: Resultados de la distribución GEV para la máxima intensidad de lluvia [d=24h] extraídas del producto PISCO v2.0 (diario) sobre la ubicación de las estaciones climáticas convencionales

i	Estación climática convencional	Estimación de la media de la distribución GEV “a posteriori”			Intervalo de confianza al 95 por ciento de los parámetros de la distribución GEV “a posteriori”		
		μ_{24} [mm/h]	σ_{24} [mm/h]	ϵ	μ_{24} [mm/h]	σ_{24} [mm/h]	ϵ
1	ALCANTARILLA	0.006	0.003	0.316	[0.005-0.008]	[0.002-0.004]	[-0.06-0.59]
2	PARAMONGA	0.007	0.006	0.697	[0.006-0.011]	[0.004-0.01]	[0.206-0.869]
3	LOMAS DE LACHAY	0.004	0.002	0.704	[0.003-0.005]	[0.002-0.004]	[0.22-0.912]
4	HUAYAN	0.019	0.0084	0.745	[0.016-0.023]	[0.006-0.0174]	[0.237-0.895]
5	CAJATAMBO	0.682	0.142	0.057	[0.623-0.746]	[0.107-0.19]	[-0.175-0.412]
6	OYÓN	0.604	0.155	-0.299	[0.55-0.662]	[0.121-0.199]	[-0.567-0]
7	PICOY	0.511	0.157	-0.133	[0.45-0.576]	[0.122-0.217]	[-0.33-0.129]
8	DONOSO	0.007	0.004	0.652	[0.006-0.01]	[0.003-0.007]	[0.159-0.856]
9	CANTA	0.689	0.237	-0.37	[0.584-0.786]	[0.177-0.314]	[-0.646--0.097]
10	CHIQUIAN	0.643	0.17	-0.086	[0.569-0.707]	[0.123-0.235]	[-0.271-0.169]
11	MATUCANA	0.867	0.22	-0.16	[0.782-0.961]	[0.172-0.279]	[-0.313-0.046]
12	CAÑETE	0.012	0.009	0.065	[0.009-0.015]	[0.007-0.012]	[-0.218-0.37]
13	MODELO CAMPO DE MARTE	0.011	0.008	0.095	[0.009-0.015]	[0.006-0.012]	[-0.156-0.381]
14	CALANGO (LA CAPILLA 2)	0.042	0.037	0.091	[0.028-0.056]	[0.028-0.049]	[-0.283-0.581]
15	HUAROCHIRI	0.983	0.252	0.048	[0.887-1.086]	[0.177-0.339]	[-0.159-0.277]
16	YAUYOS	0.729	0.207	-0.153	[0.637-0.812]	[0.157-0.299]	[-0.412-0.105]
17	PACARAN	0.06	0.03	0.373	[0.047-0.07]	[0.02-0.046]	[0.106-0.763]
18	ARAHUAY	0.364	0.167	0.216	[0.29-0.437]	[0.115-0.264]	[-0.08-0.643]
19	CANCHACALLA	0.326	0.152	-0.062	[0.263-0.38]	[0.107-0.2]	[-0.344-0.39]
20	HUANCATA	0.727	0.211	0.048	[0.648-0.806]	[0.163-0.283]	[-0.128-0.291]
21	GORGOR	0.801	0.221	-0.101	[0.711-0.888]	[0.161-0.325]	[-0.422-0.249]
22	CHOSICA	0.016	0.01	0.372	[0.011-0.02]	[0.008-0.014]	[0.145-0.689]

i	Estación climática convencional	Estimación de la media de la distribución GEV “a posteriori”			Intervalo de confianza al 95 por ciento de los parámetros de la distribución GEV “a posteriori”		
		μ_{24} [mm/h]	σ_{24} [mm/h]	ε	μ_{24} [mm/h]	σ_{24} [mm/h]	ε
23	RÍO BLANCO	0.74	0.178	-0.174	[0.679-0.814]	[0.135-0.232]	[-0.31-0.01]
24	AMBAR	0.502	0.22	0.097	[0.415-0.597]	[0.16-0.303]	[-0.124-0.403]
25	SAN PEDRO DE PILAS	0.339	0.124	0.542	[0.297-0.402]	[0.073-0.251]	[0.037-1.272]
26	LANGA	0.303	0.131	-0.041	[0.253-0.356]	[0.09-0.193]	[-0.38-0.313]
27	OCROS	0.413	0.153	0.09	[0.351-0.477]	[0.11-0.21]	[-0.143-0.441]
28	PAMPA LIBRE	0.33	0.119	0.052	[0.287-0.378]	[0.087-0.175]	[-0.22-0.389]
29	PARIACANCHA	0.908	0.228	-0.394	[0.827-0.988]	[0.172-0.363]	[-0.667--0.204]
30	MINA COLQUI	1.214	0.337	-0.006	[1.091-1.345]	[0.244-0.497]	[-0.219-0.236]
31	AUTISHA	0.234	0.114	-0.039	[0.193-0.272]	[0.083-0.153]	[-0.213-0.216]
32	PACCHO	0.395	0.137	-0.014	[0.339-0.446]	[0.106-0.184]	[-0.172-0.19]
33	ANDAJES	0.408	0.15	0.038	[0.345-0.471]	[0.104-0.214]	[-0.227-0.406]
34	SANTA CRUZ	0.655	0.172	0.056	[0.591-0.727]	[0.127-0.232]	[-0.184-0.401]
35	CARAC	0.633	0.199	-0.309	[0.546-0.713]	[0.146-0.27]	[-0.577--0.04]
36	PACHANGARA	0.476	0.152	-0.055	[0.413-0.539]	[0.115-0.206]	[-0.281-0.172]
37	PALLAC	0.335	0.141	0.095	[0.284-0.394]	[0.106-0.181]	[-0.118-0.407]
38	LAGUNA SURASACA	0.965	0.241	-0.19	[0.868-1.064]	[0.179-0.326]	[-0.472-0.098]
39	PACHAMACHAY	0.403	0.106	0.204	[0.362-0.449]	[0.078-0.144]	[-0.168-0.72]
40	HUAMANTANGA	0.574	0.185	0.267	[0.505-0.658]	[0.126-0.305]	[-0.08-0.762]
41	PARQUIN	0.605	0.196	-0.016	[0.522-0.695]	[0.142-0.261]	[-0.261-0.27]
42	SANTA EULALIA	0.18	0.104	0.206	[0.142-0.227]	[0.066-0.143]	[-0.064-0.525]
43	PIRCA	0.655	0.172	0.056	[0.591-0.727]	[0.127-0.232]	[-0.184-0.401]
44	LACHAQUI	0.647	0.213	-0.241	[0.564-0.746]	[0.165-0.296]	[-0.517-0.059]
45	HUAROS	0.82	0.237	-0.132	[0.733-0.923]	[0.184-0.306]	[-0.317-0.159]
46	CARAMPOMA	0.657	0.196	-0.408	[0.563-0.729]	[0.153-0.257]	[-0.633--0.123]

i	Estación climática convencional	Estimación de la media de la distribución GEV “a posteriori”			Intervalo de confianza al 95 por ciento de los parámetros de la distribución GEV “a posteriori”		
		μ_{24} [mm/h]	σ_{24} [mm/h]	ϵ	μ_{24} [mm/h]	σ_{24} [mm/h]	ϵ
47	SANTIAGO DE TUNA	0.223	0.116	0.027	[0.175-0.27]	[0.084-0.171]	[-0.222-0.403]
48	SAN JOSE DE PARAC	0.79	0.2	-0.337	[0.702-0.874]	[0.148-0.275]	[-0.628--0.104]
49	CASAPALCA	1.321	0.44	-0.085	[1.15-1.512]	[0.308-0.589]	[-0.358-0.25]
50	YAURICOCHA	0.759	0.212	-0.309	[0.653-0.848]	[0.156-0.293]	[-0.624-0.288]
51	MILLOC	1.174	0.28	0.174	[1.066-1.32]	[0.205-0.406]	[-0.041-0.605]
52	ANTIOQUIA	0.098	0.049	0.123	[0.073-0.122]	[0.036-0.068]	[-0.06-0.435]
53	SAN LAZARO DE ESCOMARCA	0.679	0.216	0.023	[0.584-0.787]	[0.144-0.306]	[-0.346-0.475]
54	HUAÑEC	1.06	0.287	0.122	[0.941-1.179]	[0.213-0.432]	[-0.042-0.411]
55	AYAVIRI	1.097	0.31	0.267	[0.989-1.257]	[0.222-0.432]	[-0.053-0.696]
56	TANTA	0.909	0.193	0.109	[0.828-0.991]	[0.141-0.263]	[-0.089-0.344]
57	CARANIA	0.939	0.225	0.051	[0.852-1.056]	[0.165-0.341]	[-0.3-0.513]
58	HUANGASCAR	0.373	0.133	0.179	[0.323-0.445]	[0.096-0.207]	[-0.095-0.473]
59	VILCA	1.166	0.304	0.095	[1.038-1.289]	[0.22-0.411]	[-0.137-0.391]
60	MAYORARCA	0.536	0.188	-0.074	[0.451-0.623]	[0.139-0.257]	[-0.38-0.384]

Fuente: Basado en producto PISCO v2.0 (diario)

Se valida el uso de los datos de lluvias diarias extraída del producto PISCO v2.0 (diario) para su aplicación en la extensión de generación de máximas intensidades de lluvia a escala subdiaria en los sitios donde no se cuentan con estaciones automáticas. En las Figuras 22 y 23, se presenta la no dependencia de los parámetros de la distribución GEV de las intensidades de lluvia de 24 horas extraídas del producto PISCO v2.0 (diario) con respecto los parámetros obtenidos de las estaciones climáticas automáticas.

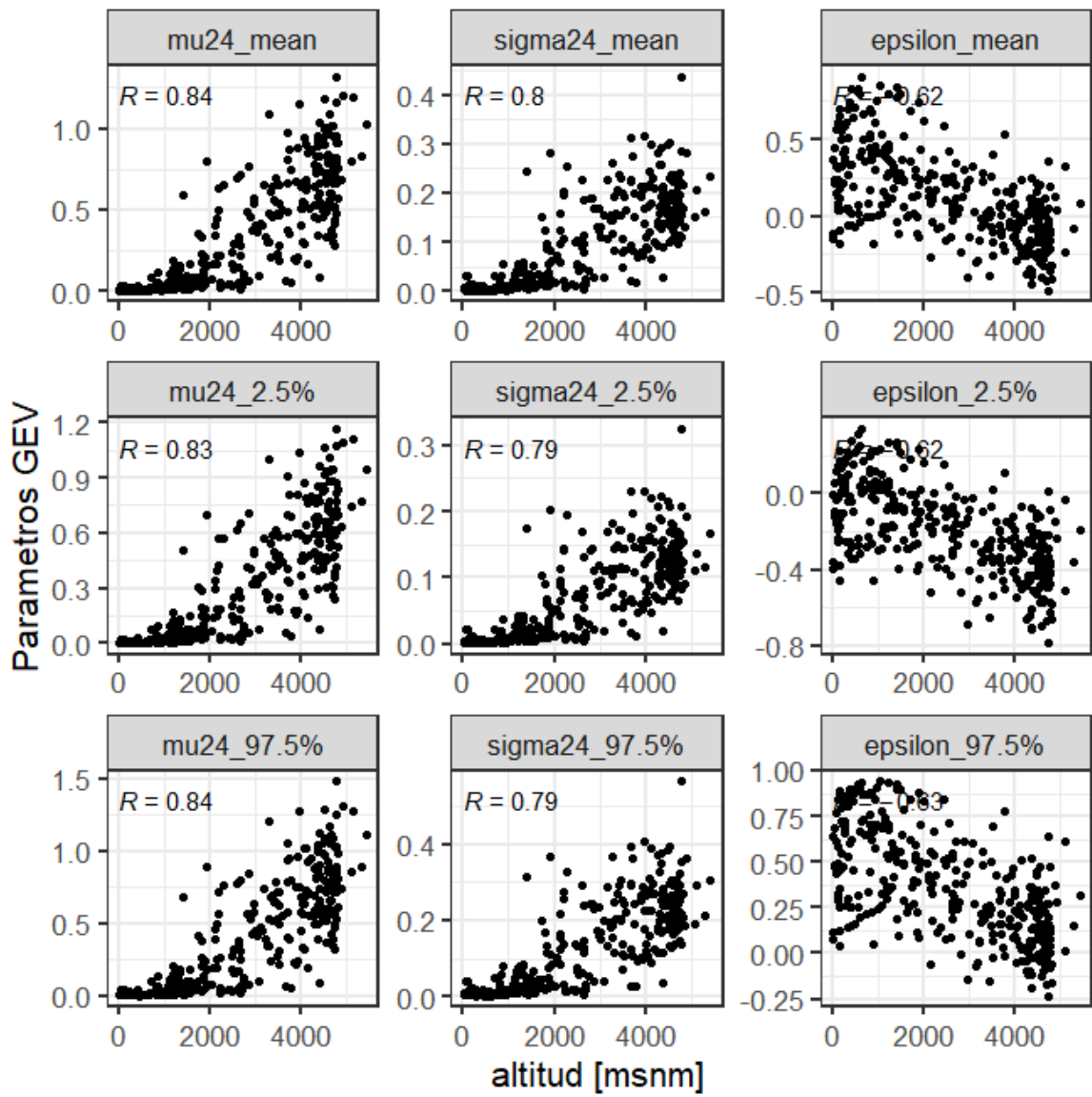


Figura 22: Correlación de la altitud y los parámetros de $\mu_{.24}$, $\sigma_{.24}$ [mm/h] y ϵ extraídos del producto PISCO v2.0 (diario)

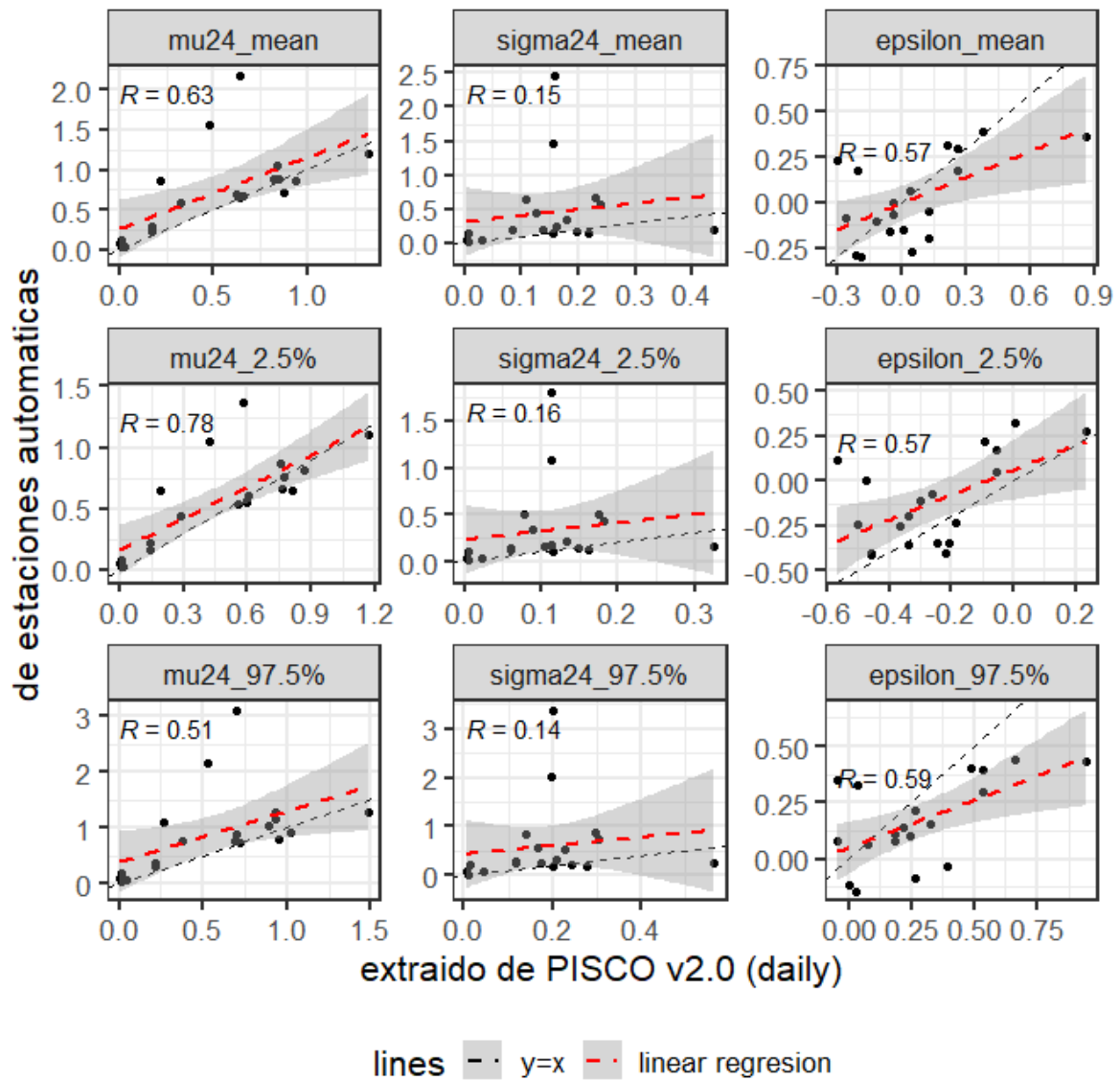


Figura 23: Correlación de las metodologías de obtención de los parámetros μ_{24} , σ_{24} y ϵ entre estaciones automáticas y estaciones convencionales extraídas del producto PISCO v2.0 (diario)

Se verifica que al usar registros mayores a 36 años, se presentan menores incertidumbres que las que se obtiene con las estaciones climaticas automaticas, que no superan los 14 años de longitud de registros. Por esta razón se propone más confiable a los parametros de las distribucion GEV de la maxima intensidad de lluvia de 24 horas obtenidas del producto grillado PISCO v2.0 (diario).

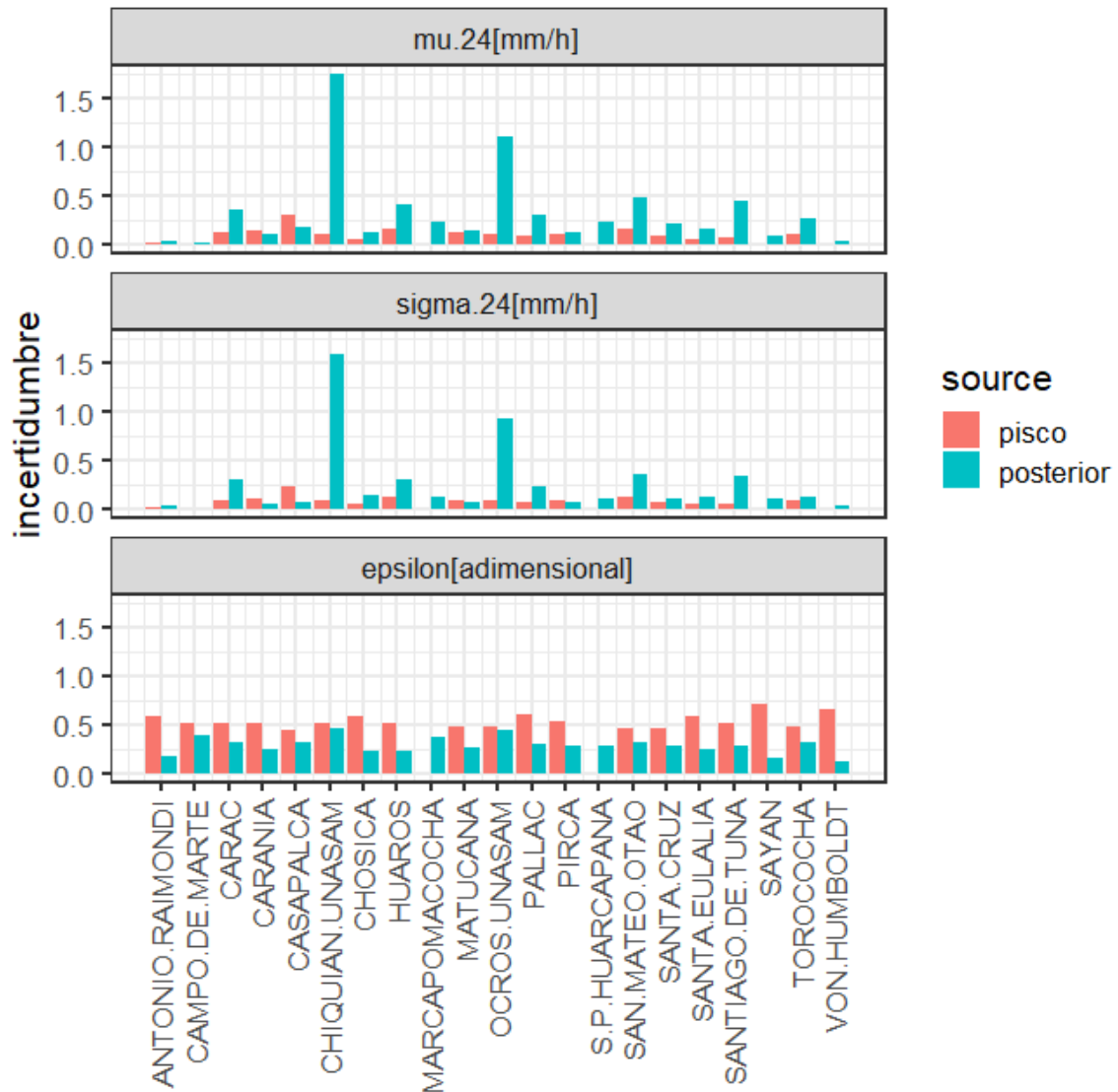


Figura 24: Comparación de las longitudes de incertidumbre de los parámetros de $\mu_{.24}$, $\sigma_{.24}$ y ϵ obtenidos por modelo bayesiano (“posterior distribution”) y del producto PISCO v2.0 (diario)

4.4 REGIONALIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE LA DISTRIBUCIÓN GEV PARA MÁXIMAS INTENSIDADES DE LLUVIA [D=24H]

En las Figuras 26 y 27 se presentan los mapas de regionalización de los parámetros de escala de intensidad de lluvia “H” y “ θ ” que complementados con los mapas de regionalización de los parámetros $[\mu_{24}, \sigma_{24}, \varepsilon]$ de distribución GEV (Figura 21) de la máxima intensidad de lluvia de 24 horas obtenidas en el paso anterior.

La interpolación se realizó con el método geoespacial de Krigging. La Figura 25 se aprecia la resolución del “raster” base generado con tamaño de grilla de $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ empleado para la interpolación. Los mapas de regionalización de los parámetros de escala (H y θ) se presentan en escala pictórica de blanco, amarillo a verde para denotar valores entre 0.562 a 0.996 para valores adimensionales de “H”; mientras que los valores de parámetro “ θ ” varia espacialmente entre 0.024 a 5.95 horas. Los valores obtenidos en cada una de las estaciones climáticas y automáticas, se presentan con escala de colores a los resultados de sus estimaciones de la media a la distribución “a posteriori”.

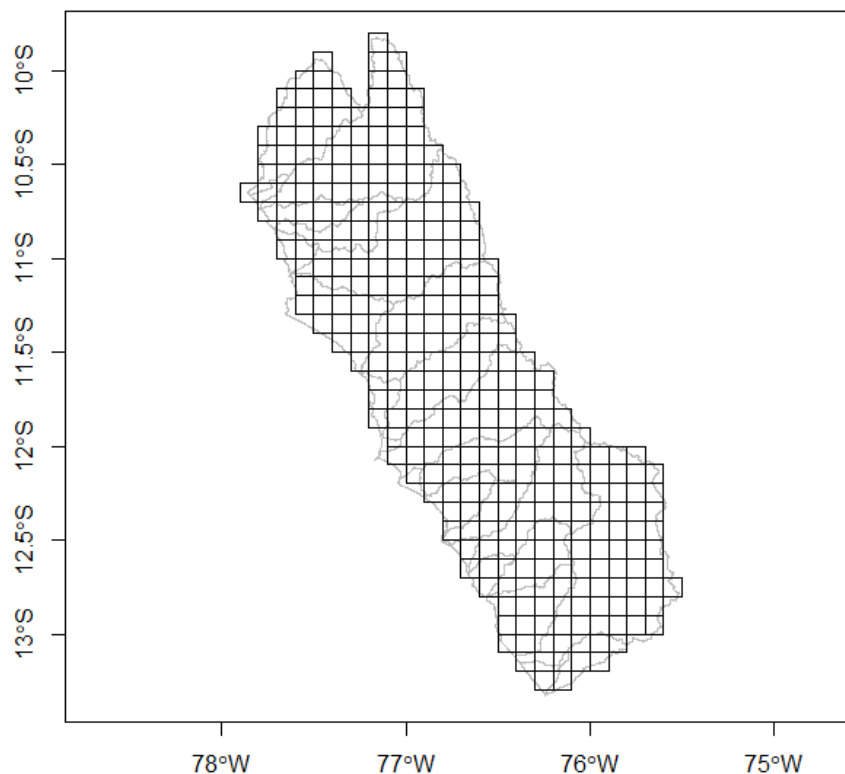


Figura 25: Mapa de la distribución espacial de las grillas de resolución $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ que cubren el ámbito de estudio (mm/h)

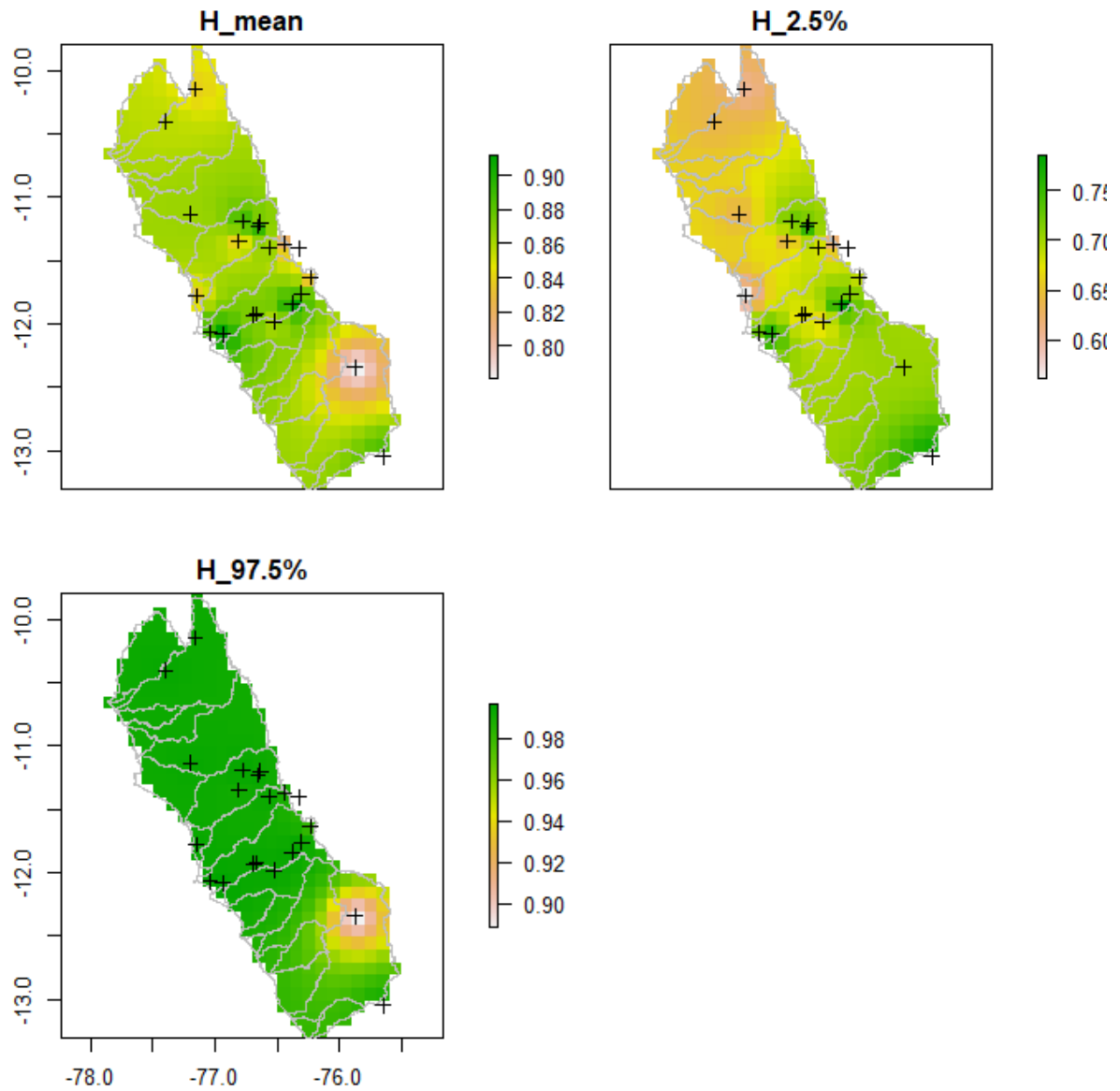


Figura 26: Mapa de la distribución espacial del parámetro “H” en grillas de resolución 0.1°x0.1° dentro del ámbito de estudio

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados de las 21 estaciones automáticas

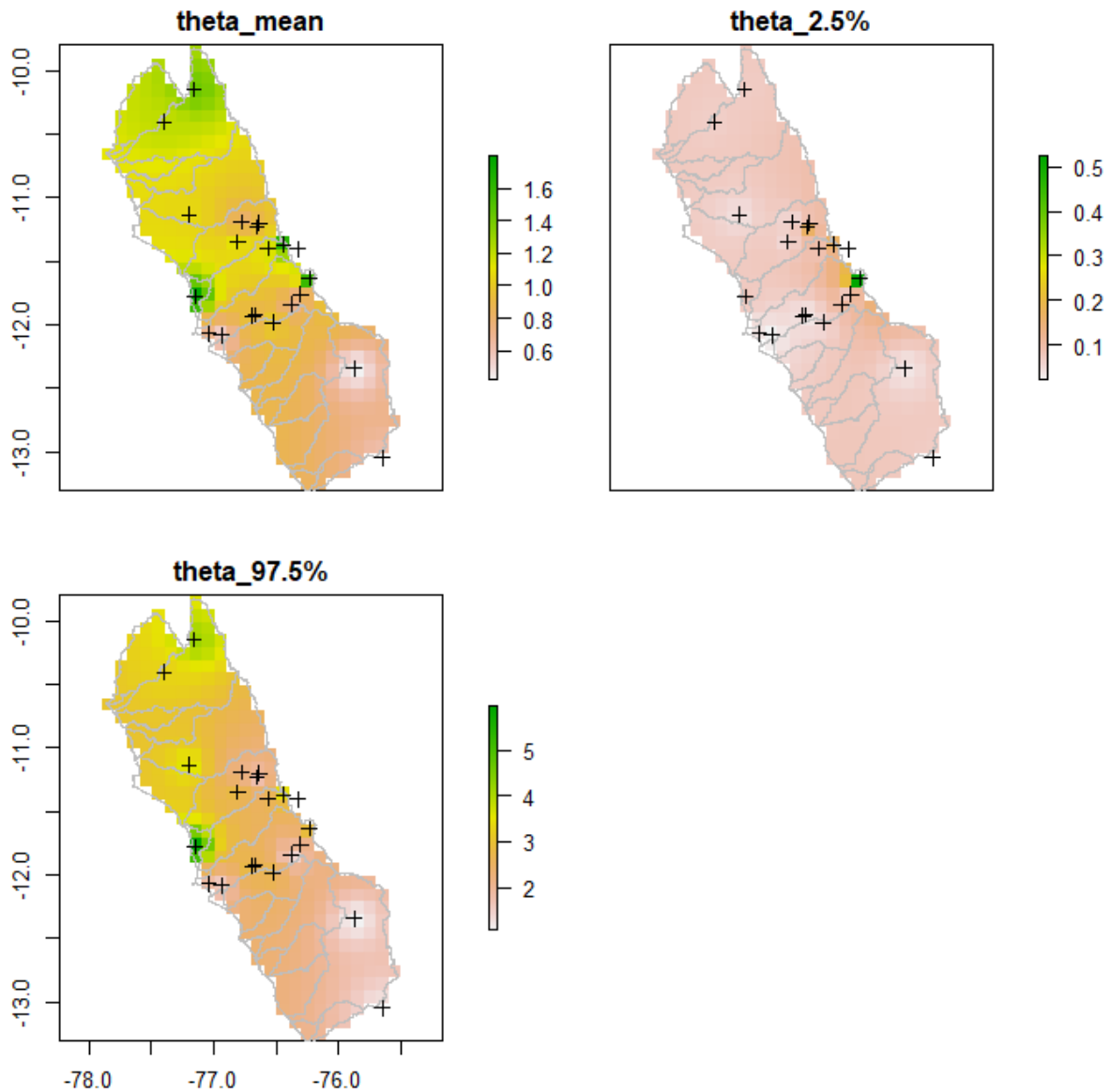


Figura 27: Mapa de la distribución espacial del parámetro “ θ ” [horas] en grillas de resolución $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ dentro del ámbito de estudio

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados de las 21 estaciones automáticas

Como se aprecia en los mapas de distribución espacial de los parámetros $[\mu_{24}, \sigma_{24}, \varepsilon]$ de la Figura 21, existe una significativa diferencia entre las regiones costa y sierra, se previsualizan hasta cuatro (04) regiones homogéneas (clústers) para agrupar estadísticamente los resultados de los parámetros de distribución GEV.

Se realizó la identificación de regiones homogéneas con el paquete de comando de “R”: spdep, el cual brinda el método SKATER (Spatial ‘K’luster Analysis by Tree Edge Removal, por sus siglas en ingles).

<https://cran.r-project.org/web/packages/spdep/index.html>

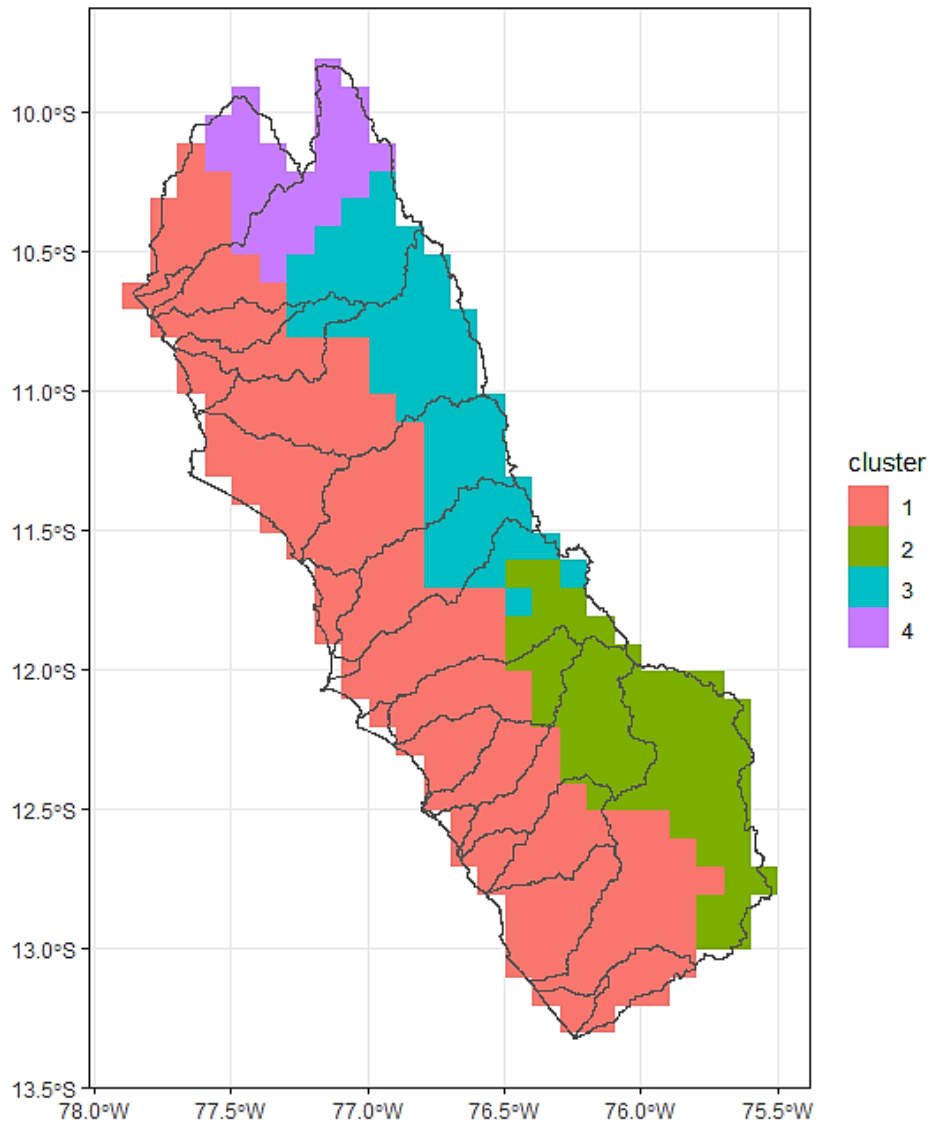


Figura 28: Mapa de regionalización según parámetros “ $\mu_{.24}$,” “ $\sigma_{.24}$ ” en grillas de resolución 0.1°x0.1°

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados de las 60 estaciones convencionales y del producto PISCO v2.0 (diario)

A continuación, se presenta de manera resumida los parámetros de la distribución GEV para la intensidad máxima de lluvia de duración de 24 h y los parámetros de escala de intensidad de lluvia, para cada uno de los clústers identificados.

Tabla 9: Resultados de la distribución GEV para la máxima intensidad de lluvia [d=24h] extraídas del producto PISCO v2.0 (diario) para cada región hidrológicamente homogénea (clúster)

clúster	Descripción	Estimación de la media de la distribución GEV “a posteriori”			Intervalo de confianza al 95 por ciento de los parámetros de la distribución GEV “a posteriori”		
		μ_{24} [mm/h]	σ_{24} [mm/h]	ϵ	μ_{24} [mm/h]	σ_{24} [mm/h]	ϵ
1	Costa	0.0785	0.0331	0.301	[0.0662-0.0924]	[0.0235-0.0472]	[-0.016-0.659]
2	Sierra de las Cuencas de Lurín, Mala y Cañete (aprox. sobre 2190 msnm)	0.781	0.215	-0.032	[0.694-0.872]	[0.157-0.297]	[-0.287-0.279]
3	Sierra de las Cuencas Huaura, Chancay, Chillón y Rímac (aprox. sobre 1400 msnm)	0.677	0.201	-0.0823	[0.598-0.761]	[0.148-0.28]	[-0.341-0.233]
4	Sierra de las Cuencas Fortaleza y Pativilca (aprox. sobre 2110 msnm)	0.537	0.168	-0.0521	[0.469-0.610]	[0.122-0.230]	[-0.329-0.297]

Fuente: Basado en producto PISCO v2.0 (diario)

Tabla 10: Resultados de la distribución GEV para la máxima intensidad de lluvia [d=24h] extraídas del producto PISCO v2.0 (diario) para cada región hidrológicamente homogénea (clúster)

clúster	Descripción	Estimación de la media de los factores de escala “a posteriori”		Intervalo de confianza al 95 por ciento de los factores de escala “a posteriori”	
		H	θ [h]	H	θ [h]
1	Costa	0.864	0.972	[0.684-0.987]	[0.0692-2.67]
2	Sierra de las Cuencas de Lurín, Mala y Cañete (aprox. sobre 2190 msnm)	0.846	0.748	[0.713-0.959]	[0.0833-1.82]
3	Sierra de las Cuencas Huaura, Chancay, Chillón y Rímac (aprox. sobre 1400 msnm)	0.862	1.08	[0.680-0.992]	[0.098-2.71]
4	Sierra de las Cuencas Fortaleza y Pativilca (aprox. sobre 2110 msnm)	0.850	1.28	[0.631-0.993]	[0.0715-3.60]

Fuente: Basado en producto PISCO v2.0 (diario)

4.5 GENERACIÓN DE CURVAS IDF

Se generan las curvas IDF aplicando la Ecuación (19) con los resultados de los parámetros $[\mu_{24}, \sigma_{24}, \varepsilon_{24}]$ de la distribución GEV “a posteriori” (Tabla 9), y los parámetros de escala de la intensidad de la lluvia $[\theta$ y $H]$ representativos para cada clúster (Tabla 10). Presentamos en las Figuras 29 al 31, las curvas IDF para las cuatro (04) regiones homogéneas establecidas (clúster). Las estimaciones de las intensidades máximas de duraciones subdiarias presentan una menor incertidumbre, cuyo intervalo de confianza del 95 por ciento cae entre el -20 al +30 por ciento del valor estimado para el periodo de retorno de 50 años, tal como sugieren Mèlèse *et al.* (2018).

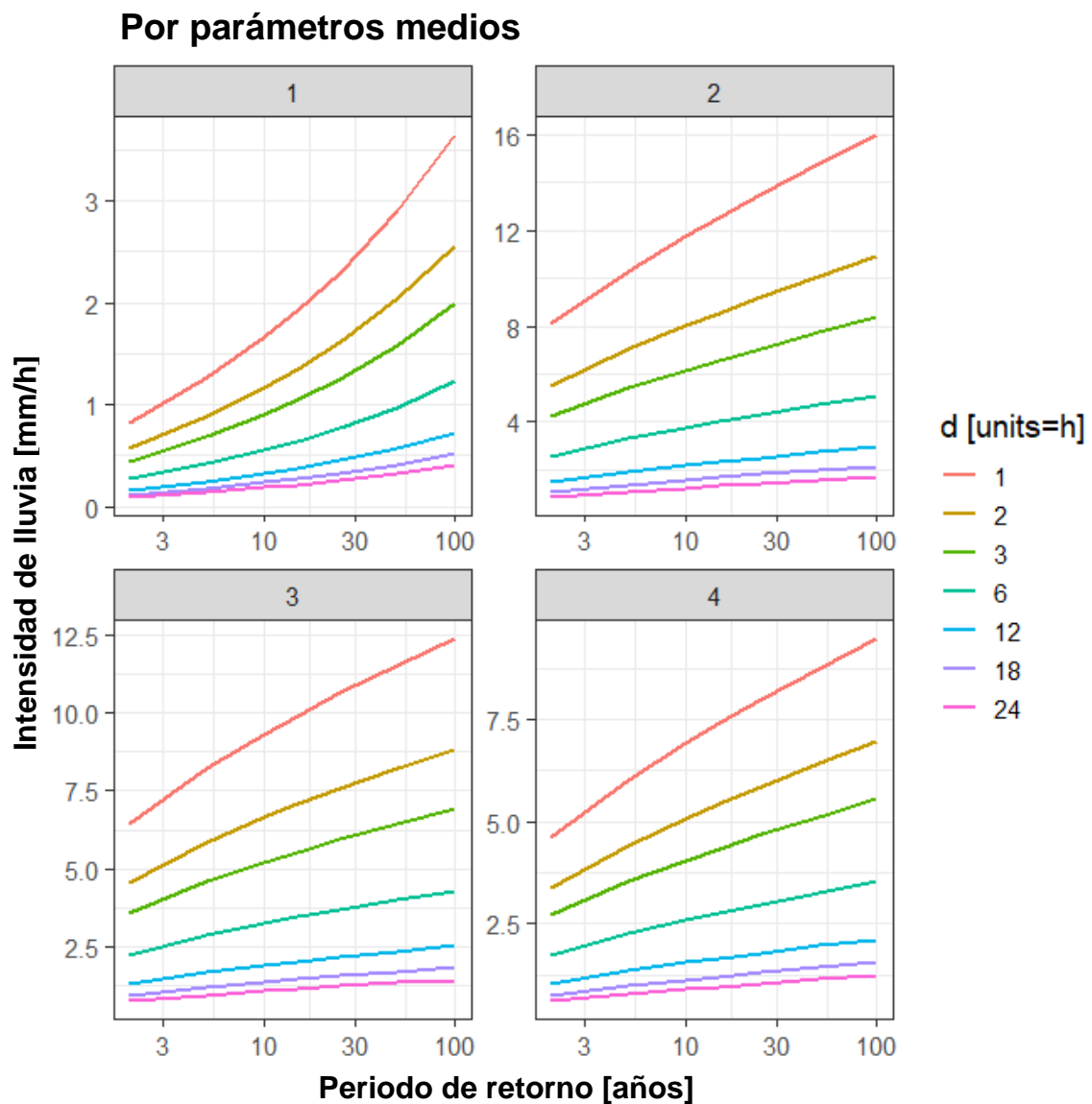


Figura 29: Curvas IDF generadas para las 4 regiones hidrológicamente homogéneas (clústeres) empleando las medias de los parámetros de distribución GEV

Por p:2.5 por ciento (límite inferior)

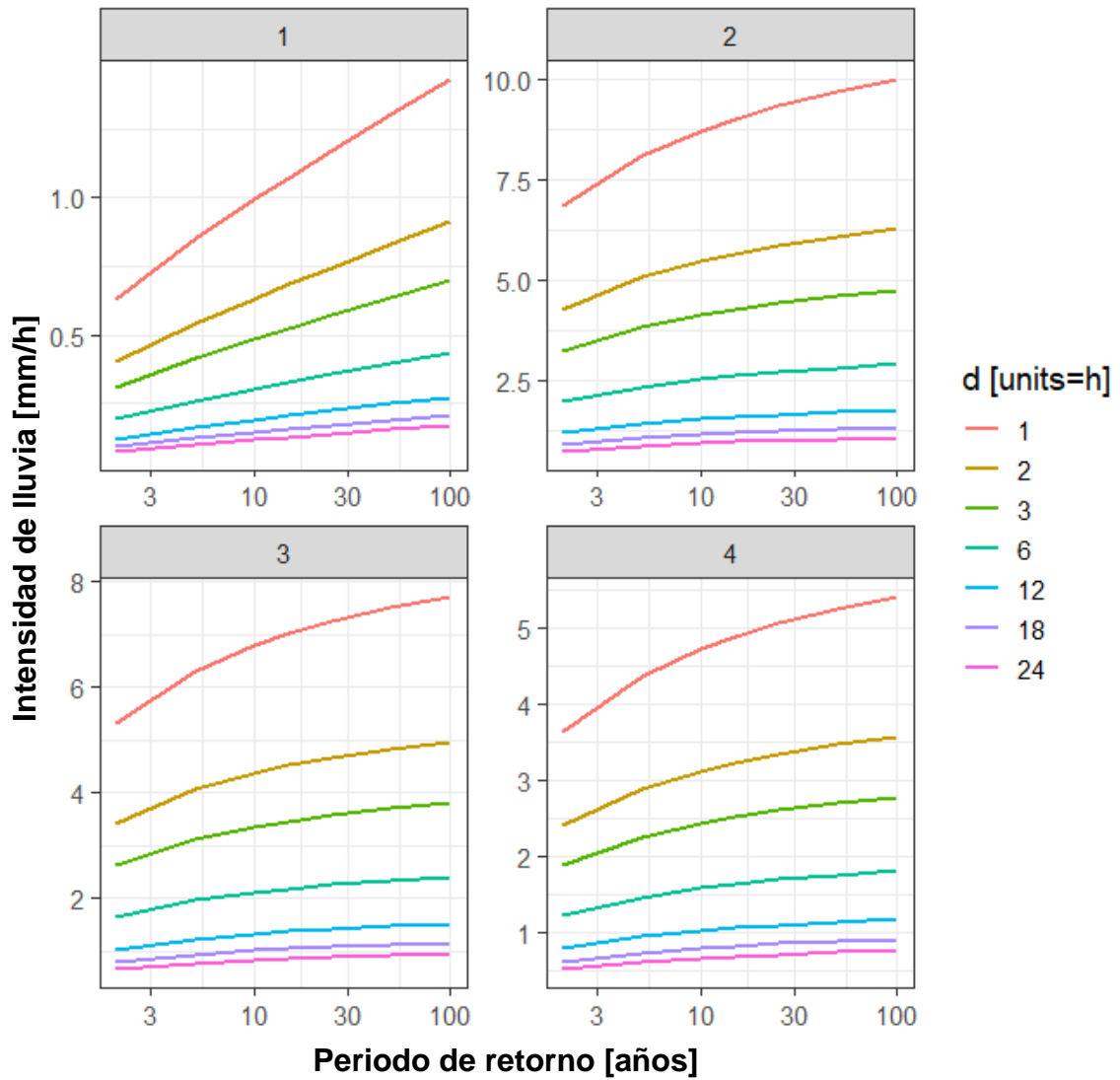


Figura 30: Curvas IDF generadas para las 4 regiones hidrológicamente homogéneas (clústeres) empleando el percentil 2.5 por ciento de los parámetros de distribución GEV

Por p:97.5 por ciento (límite superior)

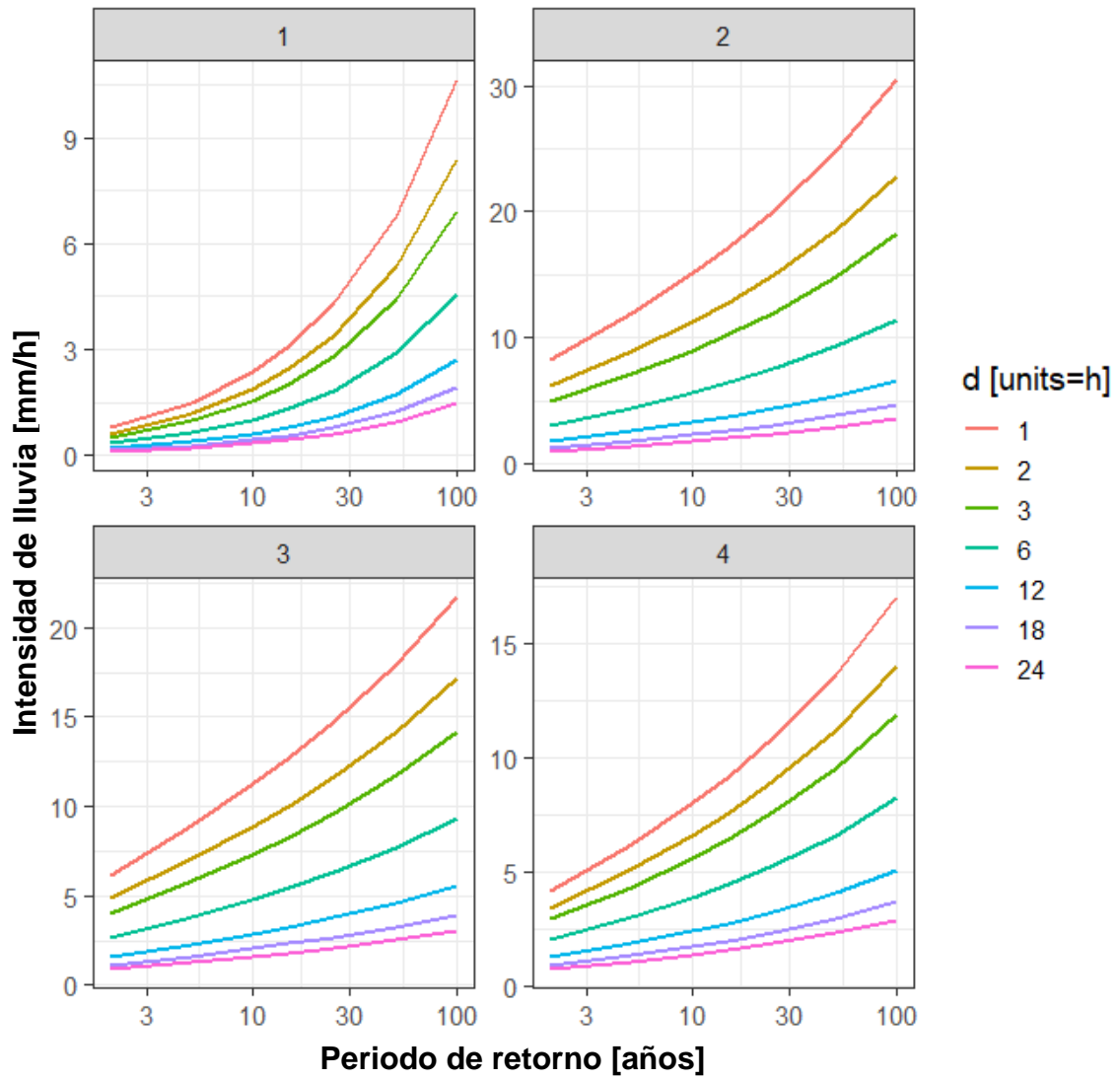


Figura 31: Curvas IDF generadas para las 4 regiones hidrológicamente homogéneas (clústeres) empleando el percentil 97.5 por ciento de los parámetros de distribución GEV

4.6 MAPAS DE MÁXIMA INTENSIDAD DE LLUVIA

Aplicando la Ecuación (19) con la distribución espacial de los parámetros de escala de la intensidad de la lluvia [θ y H] obtenidas de la distribución “a posteriori” del modelo bayesiano de las estaciones automáticas (Figuras 26 y 27) y los resultados de los parámetros de la distribución GEV “a posteriori” (Figura 21). Al unirse dos tipos de datos se cubre con mayor cantidad de puntos al área de la Autoridad Administrativa del Agua (AAA) Cañete-Fortaleza (39,320 km²). Así se consigue un potencial de predicción de intensidad de lluvia con una mayor resolución, con un total de 335 puntos validos de los parámetros de la distribución GEV: [μ_{24} , σ_{24} , ε_{24} , H , θ]. Esto se expresaría en una ratio de al menos un punto con datos cada 117 km². Si no incorporáramos el producto PISCO v2.0 (diario) la resolución sería muy baja con un punto cada 1,872 km².

A continuación, se presentan los mapas generados de máximas intensidades de lluvia para los periodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años, para las duraciones de 1 a 24 horas.

Las Figuras 32 al 35 presentan la distribución geoespacial de las intensidades de lluvia (mm/h) dentro del ámbito de estudio. Se aprecia la resolución del “raster” generado con tamaño de grilla de 0.1°x0.1° en escala pictórica de blanco, amarillo a verde para denotar valores entre 0.05 a 35 mm/h para los resultados de las intensidades de lluvia en las duraciones y periodos de retorno indicados.

Espacialmente se encuentra que los puntos de menor intensidad se encuentran cercanos a la costa y parte de las cuencas medias; y las intensidades más fuertes empiezan a aparecer en la parte alta de las cuencas (sierra).

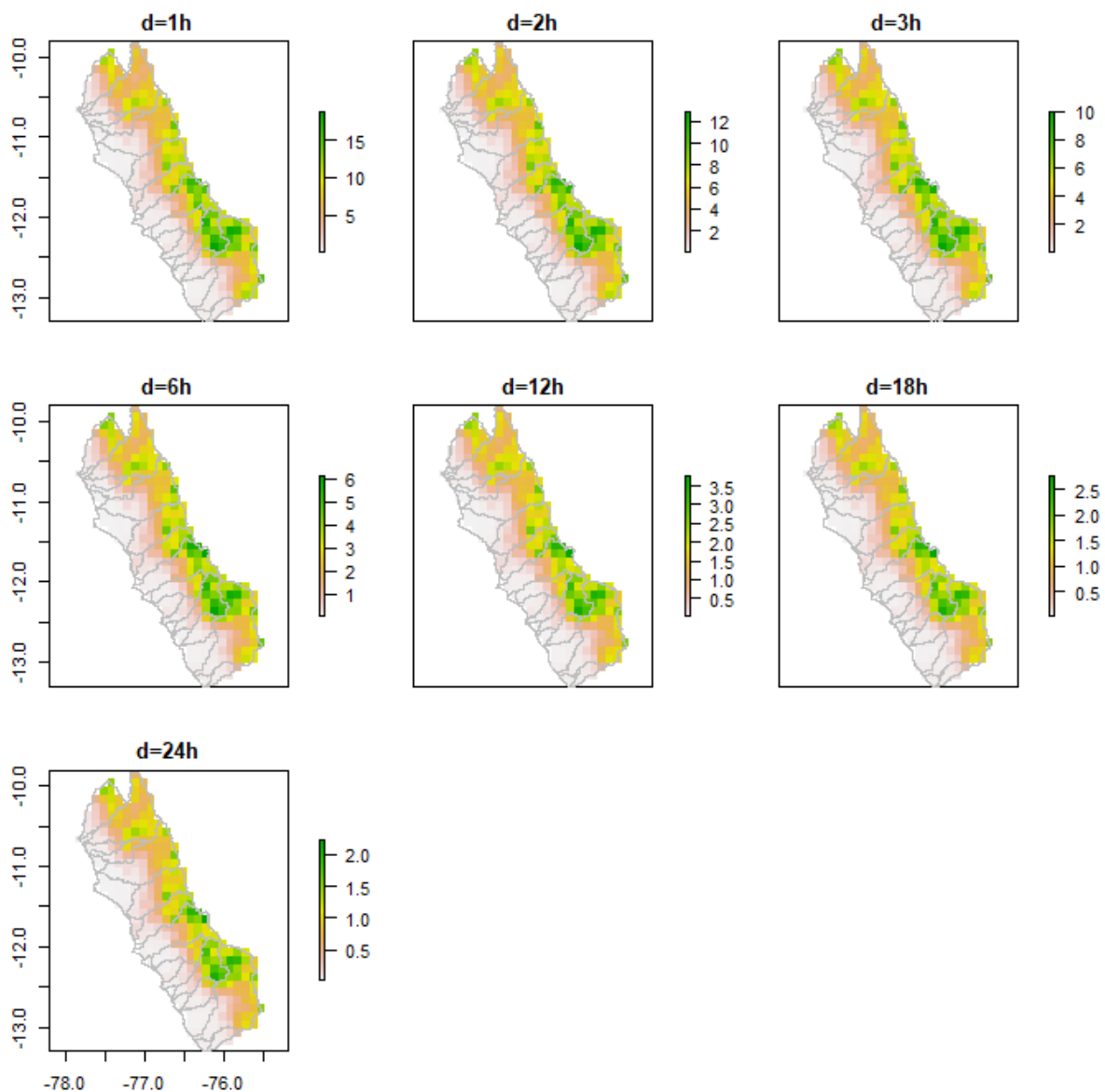


Figura 32: Mapa de la distribución espacial de la máxima intensidad de lluvia “y” [Tr=10 años] en grillas de resolución 0.1°x0.1° (mm/h)

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados de las 21 estaciones automáticas, las 60 estaciones convencionales y el producto PISCO v2.0 (diario)

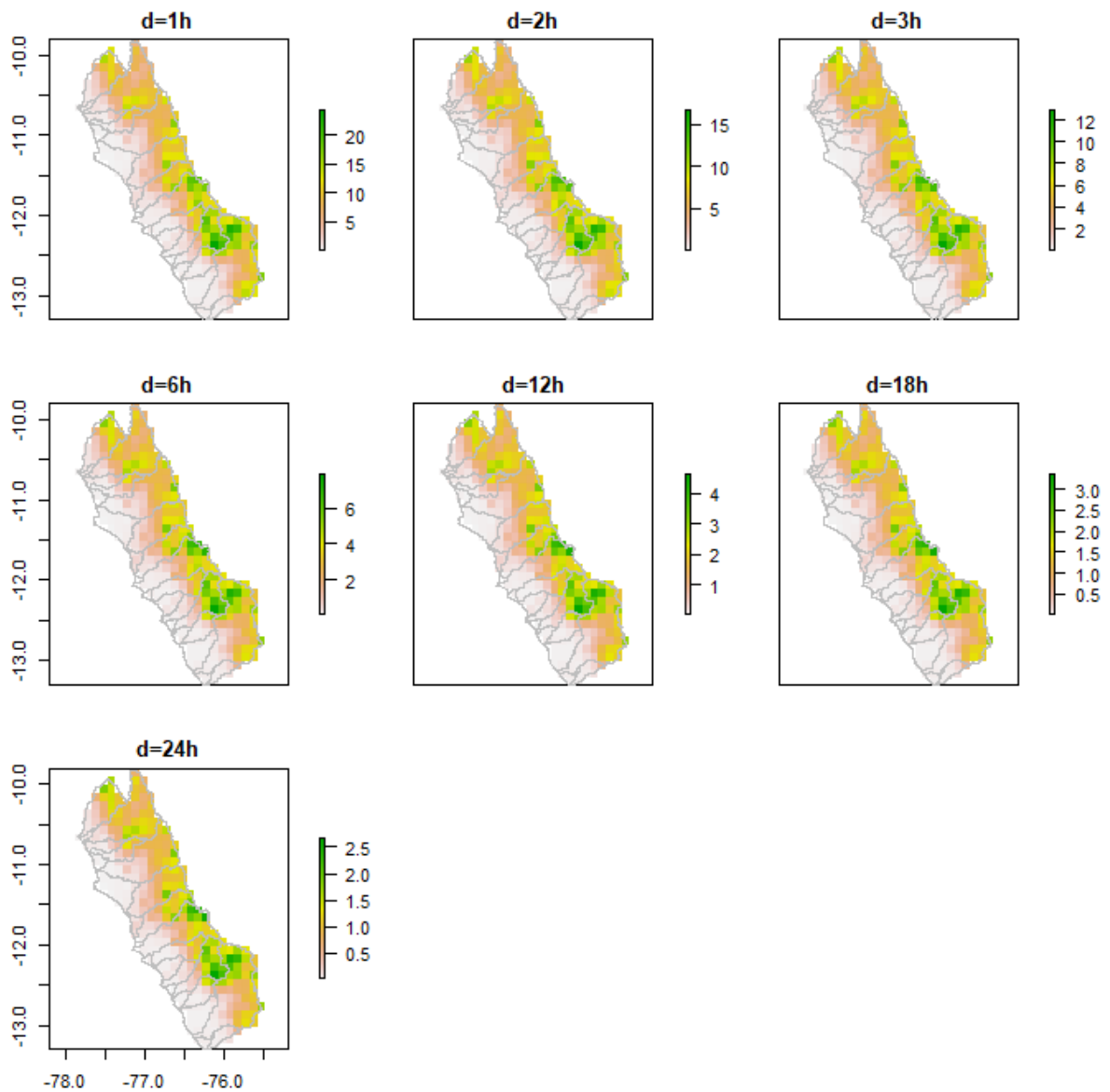


Figura 33: Mapa de la distribución espacial de la máxima intensidad de lluvia “y” [T_R=25 años] en grillas de resolución 0.1°x0.1° (mm/h)

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados de las 21 estaciones automáticas, las 60 estaciones convencionales y el producto PISCO v2.0 (diario)

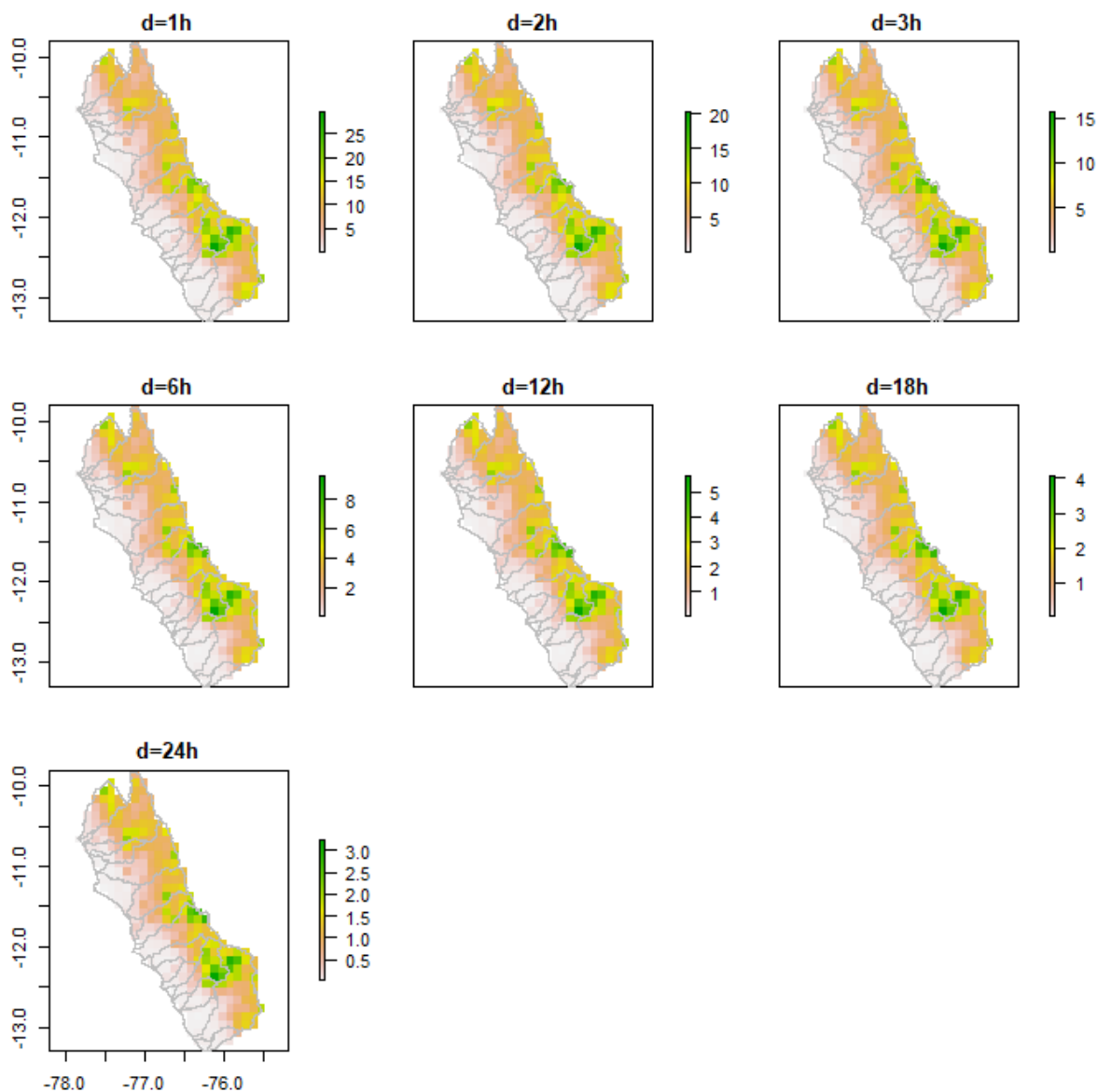


Figura 34: Mapa de la distribución espacial de la máxima intensidad de lluvia “y” [T_R=50 años] en grillas de resolución 0.1°x0.1° (mm/h)

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados de las 21 estaciones automáticas, las 60 estaciones convencionales y el producto PISCO v2.0 (diario)

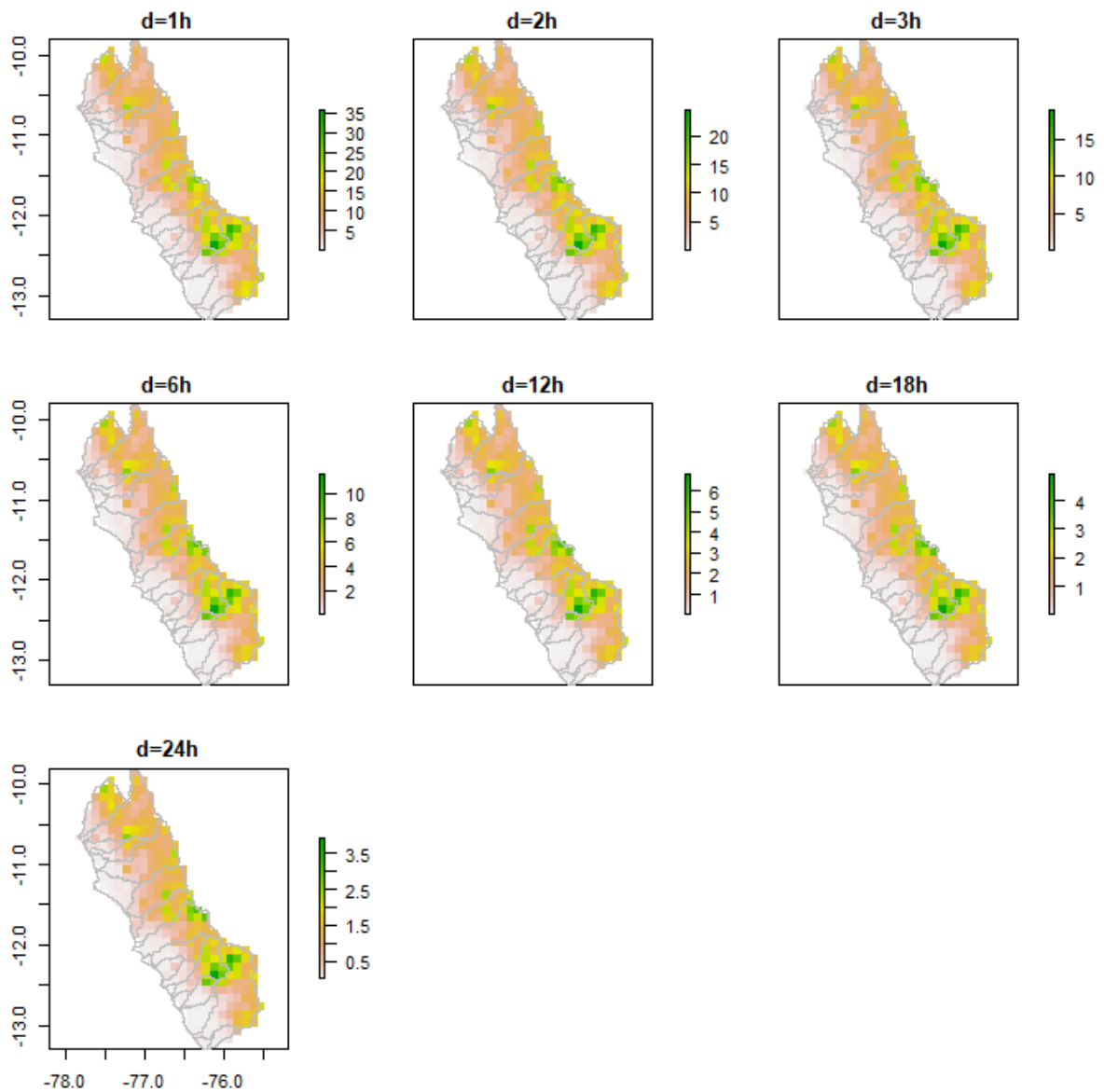


Figura 35: Mapa de la distribución espacial de la máxima intensidad de lluvia “y” [TR=100 años] en grillas de resolución 0.1°x0.1° (mm/h)

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados de las 21 estaciones automáticas, las 60 estaciones convencionales y el producto PISCO v2.0 (diario)

V. CONCLUSIONES

1. Se ha comparado dos metodologías para obtener parámetros de la distribución GEV que simulen la proyección de la variable aleatoria “máxima intensidad de lluvia” a escala subdiaria. Las dos metodologías que se afrontan son: primero, el enfoque estadístico o frecuentista por el método de máxima verosimilitud para estimación puntual de los parámetros y el método de remuestreo denominado “bootstrap resampling” para estimar sus intervalos de confianza. La segunda metodología es el enfoque bayesiano haciendo uso de propiedades ya demostradas por estudios previos como la invarianza en la escala y el escalamiento simple de la intensidad de lluvia a diferentes duraciones subdiarias. El método bayesiano proporciona una distribución “a posteriori” para cada parámetro junto a la posibilidad de estimar el intervalo de confianza. Se demuestra que la metodología bayesiana proporciona una menor incertumbre en la obtención de los parámetros de la distribución GEV, habiéndolo aplicado a las estaciones automáticas disponibles en el ámbito de estudio (región Lima).
2. Se consiguió un vector parámetros $[\mu_{24}, \sigma_{24}, \varepsilon_{24}, \theta, H]$ para cada estación las cuales cumplen la propiedad de escalamiento simple, es decir que es posible obtener parámetros para duraciones menores a 24 horas aplicando las Ecuaciones (09) y (10), al poner a prueba esta propiedad se consiguieron correlaciones perfectas cercanas a 1.0 al comparar la formulación presentada versus los parámetros resultantes de cada duración “d” obtenidos.
3. Se ha conseguido estimar empíricamente el factor de corrección de Hershfield, conocido por corregir el error por medición en intervalos constantes de la precipitación en estaciones convencionales. Esto es porque las estaciones miden el acumulado de lluvia en un horario fijo de 07:00 y 19:00 horas (UTC +05:00). Permitiendo convertir más acertadamente la precipitación máxima diaria a precipitación máxima de 24 horas (continua) y de ahí proceder a obtener la máxima intensidad de lluvia de 24 horas de duración. Los valores del factor de corrección de Hershfield resultan en cierta medida proporcionales a la altitud en su media. Se

propusieron a las (04) subzonas pluviométricas (5a.4, 5a.5, 5a.6 y 123.11) de la metodología del IILA-SENAMHI-UNI con resultados de medias de 1.09, 1.09, 1.16 y 1.30 respectivamente.

4. Es factible encontrar resultados de intensidades de lluvia subdiaria (entre 1 a 24 horas de duración) para pronosticar eventos máximos con diferentes periodos de retorno; con la Ecuación (19). Con ello, se logra generar curvas IDF proyectadas para zonas donde solo se cuentan con representación espacial de estaciones climáticas convencionales.
5. Con la regionalización propuesta de los resultados de los parámetros de la distribución GEV “a posteriori” y de los parámetros de escala: $[\mu_{24}, \sigma_{24}, \varepsilon_{24}, H, \theta]$, se logra extender geoespacialmente las curvas IDF a sitios y/o subcuencas donde no se cuentan con registros históricos.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se sugiere una metodología para estimar los parámetros regionales que actualicen las fórmulas del IILA-SENAMHI-UNI aplicable en sitios donde solamente se cuenta con registros de precipitación diaria, para el ámbito de estudio (jurisdicción de la AAA Cañete-Fortaleza). En el presente estudio se ha demostrado que en la región los modelos bayesianos generaran una estimación de los parámetros de la distribución GEV con menores grados de incertidumbre, en comparación de los métodos clásicos de la estadística.
2. Estas estimaciones propuestas para la generación de curvas IDF confiables son aplicables para otras regiones del país, donde aún se debe esperar una mayor implementación de estaciones automáticas. Por lo que se sugiere la realización de estudios similares al presente para otras regiones en el futuro.
3. El modelo presentado funciona como una alternativa de estimación de curvas IDF apropiadamente fundamentada en comparación a las metodologías indirectas establecidas en la normativa técnica vigente:
 - “Manual hidrología, hidráulica y drenaje” del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC), aprobada por Resolución Directoral N° 20-2011-MTC/14.
 - Norma Técnica CE.040: “Drenaje pluvial” aprobada por el Resolución Ministerial N° 126-2021-VIVIENDA.
4. Se propone la difusión y una constante investigación de actualización de los mapas de regionalización de los parámetros: $[\mu_{24}, \sigma_{24}, \varepsilon_{24}, H, \theta]$, en el futuro cuando se vaya teniendo más datos observados de las estaciones automáticas. Esto ira mejorando los pronósticos hidrológicos de las nuevas obras a construirse en la región.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aybar, C.; Lavado-Casimiro, W.; Huerta, A.; Fernández, C.; Vega, F.; Sabino, E. & Felipe-Obando, O. 2017. Uso del Producto Grillado “PISCO” de precipitación en Estudios, Investigaciones y Sistemas Operacionales de Monitoreo y Pronóstico Hidrometeorológico. Nota Técnica 001 SENAMHI-DHI-2017, Lima-Perú.
- Blanchet, J; Ceresetti, D; Molinié, G; Creutin, JD. 2016. A regional GEV scale-invariant framework for intensity–duration–frequency analysis. *Journal of Hydrology* 540:82-95. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.06.007>.
- Burlando, P; Rosso, R. 1996. Scaling and multiscaling models of depth-duration-frequency curves for storm precipitation. *Journal of Hydrology* 187:45-64. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(96\)03086-7](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(96)03086-7).
- Coles, S. 2001. An introduction to statistical modeling of extreme values. 1 ed. s.l., Springer-Verlag London. 209 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-3675-0>.
- Fernández Palomino, C; Lavado Casimiro, WS. 2014. Análisis regional de precipitaciones máximas en las cuencas Chillón, Rímac, Lurín y parte alta del Mantaro (en línea). Lima, s.e. Disponible en <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-62.pdf>.
- Gelman, A. 2006. Prior distributions for variance parameters in hierarchical models (en línea). s.l., s.e., vol.1. p. 515-533 DOI: <https://doi.org/10.1214/06-BA117A>.
- Gelman, A; Carlin, BJ; Stern, SH; Dunson, BD; Vehtari, A; Rubin, BD. 2014. Bayesian data analysis. Third Edit. New York, NY 10017, s.e. 639 p.
- Gupta, VK; Waymire, E. 1990. Multiscaling properties of spatial rainfall and river flow distributions. *Journal of Geophysical Research* 95:1999-2009. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1029/JD095iD03p01999>.
- Hershfield, DM. 1961. Rainfall frequency atlas of the United States, Technical paper N° 40. Washington, DC, s.e.
- Instituto Italo-Latinoamericano (IILA); (SENAMHI), SN de M e H; (UNI), UN de I. (1983). Estudio de la hidrología del Perú. Lima, s.e.

- Katz, D.; Parlange, M.; Naveau, P., 2002. Statistics of extremes in hydrology. *Advances in Water Resources* 25:1287-1304. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0309-1708\(02\)00056-8](https://doi.org/10.1016/S0309-1708(02)00056-8).
- Koutsoyiannis, D. 1994. A stochastic disaggregation method for design storm and flood synthesis. *Journal of Hydrology* 156(1-4):193-225. DOI: [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(94\)90078-7](https://doi.org/10.1016/0022-1694(94)90078-7).
- Koutsoyiannis, D; Kozonis, D; Manetas, A. 1998. A mathematical framework for studying rainfall intensity-duration-frequency relationships. *Journal of Hydrology* 206:118-135. DOI: [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(98\)00097-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0022-1694(98)00097-3).
- Lima, CHR; Kwon, HH; Kim, YT. 2018. A local-regional scaling-invariant bayesian GEV model for estimating rainfall IDF curves in a future climate. *Journal of Hydrology* 566(October):73-88. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.08.075>.
- Martins, S; Stedinger, J. 2000. Generalized maximum-likelihood generalized extreme-value quantile estimators for hydrologic data. *Water Resources Research* 36(3):737-744. DOI: <https://doi.org/10.1029/1999WR900330>.
- Mélèse, V; Blanchet, J; Molinié, G. 2018. Uncertainty estimation of intensity–duration–frequency relationships: A regional analysis (en línea). *Journal of Hydrology* 558:579-591. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.07.054>.
- Menabde, M; Seed, A; Pegram, G. 1999. A simple scaling model for extreme rainfall. *Water Resources Research* 35(1):335-339. DOI: <https://doi.org/10.1029/1998WR900012>.
- Muller, A; Bacro, JN; Lang, M. 2008. Bayesian comparison of different rainfall depth-duration-frequency relationships. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment* 22(1):33-46. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00477-006-0095-9>.
- Nguyen, VTV; Nguyen, TD; Wang, H. 1998. Regional estimation of short duration rainfall extremes. *Water Science and Technology* 37(11):15-19. DOI: <https://doi.org/10.2166/wst.1998.0425>.
- Papalexiou, SM; Koutsoyiannis, D. 2013. Battle of extreme value distributions : A global survey on extreme daily rainfall. *Water Resources Research* 49(1):187-201. DOI: <https://doi.org/10.1029/2012WR012557>.
- Segond, M; Onof, C; Wheater, HS. 2006. Spatial – temporal disaggregation of daily rainfall from a generalized linear model. *Journal of Hydrology* 331:674-689. DOI: <https://doi.org/10.1029/2001WR000906>.

- Singh, VP. 1992. Elementary Hydrology. Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice-Hall. 480 p.
- Sivakumar, B. 2001. A chaotic approach to rainfall disaggregation. *Water Resources Research* 37(1):61-72. DOI: <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1029/2000WR900196>; doi:10.102.
- Simonovic, S. P., Schardong, A., Sandink, D., & Srivastav, R. 2016. A web-based tool for the development of Intensity Duration Frequency curves under changing climate. *Environmental Modelling & Software*, 81, 136–153. doi:10.1016/j.envsoft.2016.03.016 .
- Tupac Yupanqui Vélez, RA; Lavado Casimiro, WS; Felipe Obando, OG. 2017. Regionalización de las precipitaciones máximas en el Perú (en línea). Lima, s.e. Disponible en <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01402SENA-76.pdf>.
- Van de Vyver, H. 2018. A multiscaling-based intensity–duration–frequency model for extreme precipitation. *Hydrological Processes* 32(11):1635-1647. DOI: <https://doi.org/10.1002/hyp.11516>.
- WMO. Manual for Estimation of Probable Maximum Precipitation, Operational Hydrology Reports No. 1, WMO – No. 332. Secretaria de la Organización Meteorológica Mundial (WMO), Geneva – Switzerland, 1973.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Fuente de información meteorológica a escala horaria

Sistema de visualización de la data vía WEB (WebView - Siap+Micros) del SENAMHI. Disponible en <http://red-goes.senamhi.gob.pe/webview/login.asp>.

Anexo 2: Fuente de información meteorológica a escala diaria

Colaboración del Ing. Carlos Fernández Palomino, autor de la publicación “Análisis Regional de Precipitaciones Máximas en las Cuencas Chillón, Rímac, Lurín y parte alta del Mantaro” (SENAMHI, 2014). Disponible en <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-62.pdf>.

Colaboración del Ing. Raúl Antonio Túpac Yupanqui Vélez, autor de la publicación “Regionalización de las precipitaciones máximas en el Perú” (SENAMHI, 2017). Disponible en <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01402SENA-76.pdf>.

Ubicación geográfica de las estaciones climáticas automáticas utilizadas en el ámbito de estudio.

Código	Estación	Región	Provincia	Distrito	Longitud (°)	Latitud (°)	Altitud (msnm)
4724966C	Sayan	Lima	Huaura	Sayan	-77.19833	-11.13472	647
47E330C4	Santa Cruz	Lima	Huaral	Santa Cruz de Andamarca	-76.63487	-11.19827	3583
47E323B2	Carac	Lima	Huaral	27 de Noviembre	-76.77937	-11.19005	2646
47E34654	Pirca	Lima	Huaral	Atavillos Alto	-76.65514	-11.23284	3342
47E31628	Pallac EMA	Lima	Huaral	Atavillos Alto	-76.80799	-11.34875	2367
4725F170	Huaros	Lima	Canta	Huaros	-76.56667	-11.4	3585
472C2144	Torococha	Lima	Canta	Huaros	-76.44328	-11.368	4410
472CE45A	Matucana	Lima	Huarochoiri	Matucana	-76.37792	-11.83913	2417
212605	San Mateo	Lima	Huarochoiri	San Mateo	-76.30111	-11.76012	3156
472D73C2	Casapalca	Lima	Huarochoiri	Chicla	-76.23333	-11.63806	4233
472D9030	Marcapomacocha	Junin	Yauli	Marcapomacocha	-76.32508	-11.40443	4447
472A218A	EMA Antonio Raimondi	Lima	Lima	Ancon	-77.15139	-11.77606	47
472CA750	Santiago de Tuna	Lima	Huarochoiri	Santiago de Tuna	-76.52415	-11.98311	2924
47278214	Chosica	Lima	Lima	Lurigancho	-76.68973	-11.92985	867
472E24B0	Santa Eulalia	Lima	Huarochoiri	Santa Eulalia	-76.66664	-11.92	970
112181	Campo de Marte	Lima	Lima	Jesus Maria	-77.0432	-12.07057	124
113249	Cañete	Lima	Cañete	Imperial	-76.33042	-13.07475	116
472364DC	Carania	Lima	Yauyos	Carania	-75.87215	-12.3444	3820
4728E160	San Pedro de Huarcapana GORE	Ica	Chincha	San Pedro de Huarcapana	-75.64806	-13.04889	3630
472AC278	Von Humboldt	Lima	Lima	La Molina	-76.93944	-12.08221	247

FUENTE: Sistema de visualización de la data vía WEB (WebView - Siap+Micros) del SENAMHI/ANA:

<https://www.senamhi.gob.pe/site/lvera/lluvia.php>

Ubicación geográfica de las estaciones climáticas convencionales utilizadas en el ámbito de estudio.

Código	Estación	Región	Provincia	Distrito	Longitud (°)	Latitud (°)	Altitud (msnm)
000501	Alcantarilla	Lima	Huaura	Huaura	-77.55	-11.05	120
000528	Paramonga	Lima	Barranca	Paramonga	-77.78333	-10.66667	60
000534	Lomas de Lachay	Lima	Huaura	Huacho	-77.36667	-11.36667	300
000539	Huayan	Lima	Huaral	Huaral	-77.11667	-11.45	350
000540	Cajatambo	Lima	Cajatambo	Cajatambo	-76.98333	-10.46667	3350
000541	Oyón	Lima	Oyón	Oyón	-76.76667	-10.66667	3641
000542	Picoy	Lima	Huaura	Santa Leonor	-76.71667	-10.88333	2900
000546	Donoso	Lima	Huaral	Huaral	-77.23333	-11.46667	180
000547	Canta	Lima	Canta	Canta	-76.62583	-11.47111	2832
000538	Chiquian	Ancash	Bolognesi	Chiquian	-77.15949	-10.14763	3386
000548	Matucana	Lima	Huarochoiri	Matucana	-76.37778	-11.83889	2479
000616	Cañete	Lima	Cañete	Imperial	-76.33028	-13.07472	158
000617	Modelo Campo de Marte	Lima	Lima	Jesus Maria	-77.03333	-12.08333	110
000631	Calango (La Capilla 2)	Lima	Cañete	Calango	-76.49306	-12.52167	442
000633	Huarochoiri	Lima	Huarochoiri	Huarochoiri	-76.23333	-12.13333	3154
000636	Yauyos	Lima	Cañete	Yauyos	-75.90833	-12.49167	2327
000638	Pacaran	Lima	Cañete	Pacaran	-76.06667	-12.83333	700
151204	Arahuay	Lima	Canta	Arahuay	-76.7	-11.61667	2800
151205	Canchacalla	Lima	Huarochoiri	San Mateo de Otao	-76.53111	-11.84472	2554
151207	Huancata	Lima	Huarochoiri	Sangallaya	-76.21667	-12.21667	2700
151208	Gorgor	Lima	Cajatambo	Gorgor	-77.03333	-10.56667	3070
151209	Chosica	Lima	Lima	Luriganchó	-76.73333	-11.93333	850
151210	Río Blanco	Lima	Huarochoiri	Chicla	-76.25889	-11.73444	3550

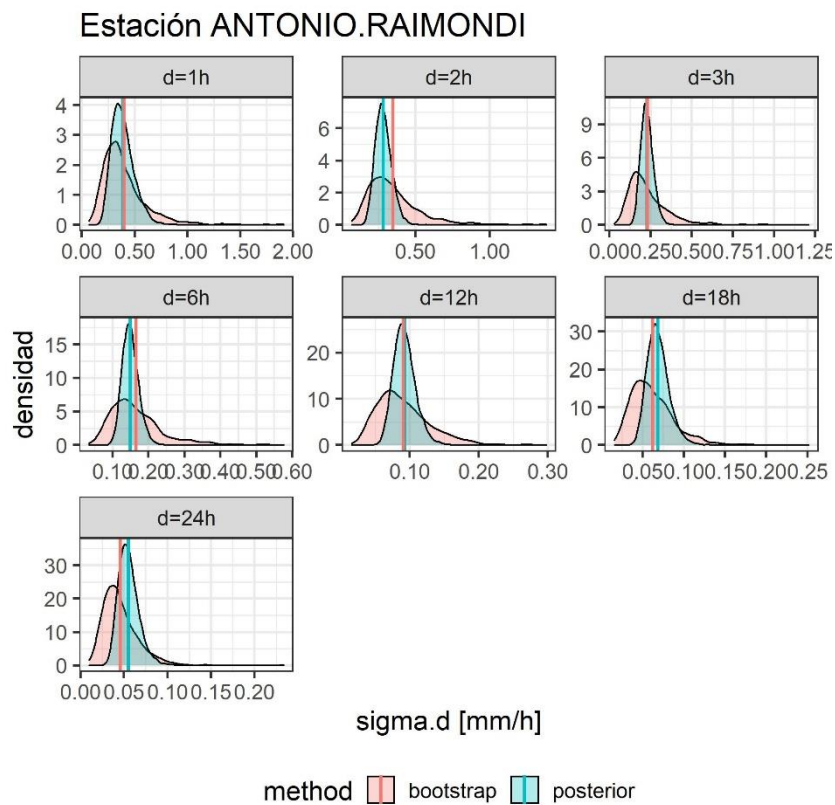
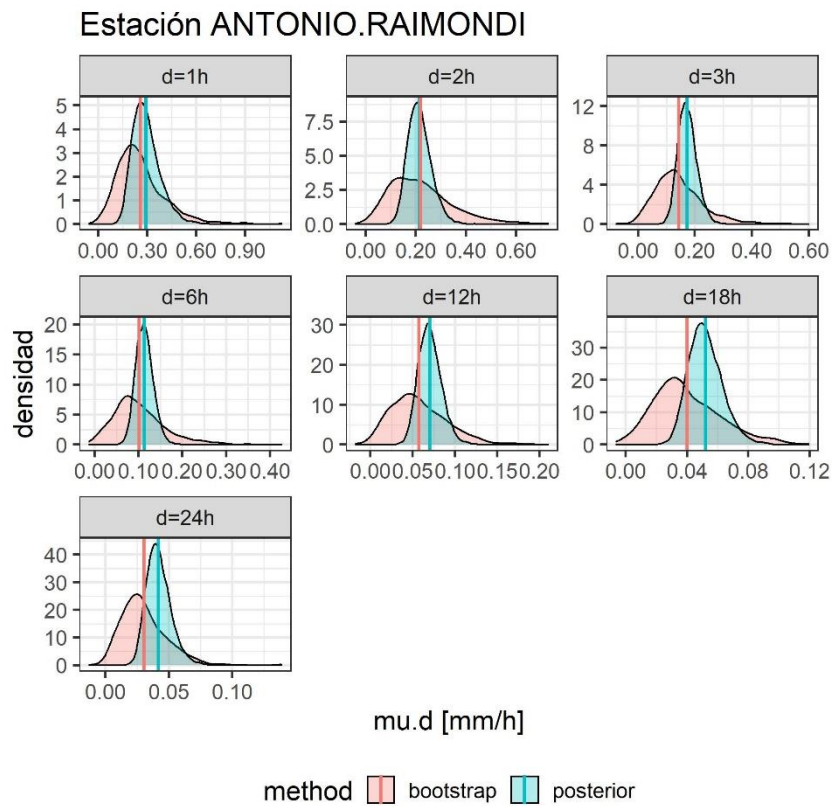
Código	Estación	Región	Provincia	Distrito	Longitud (°)	Latitud (°)	Altitud (msnm)
151211	Ambar	Lima	Huaura	Ambar	-77.28333	-10.75	2100
151212	San Pedro de Pilas	Lima	Yauyos	San Pedro de Pilas	-76.21667	-12.45	2600
151214	Langa	Lima	Huarochari	Langa	-76.4	-12.1	2860
155105	Ocros	Ancash	Ocros	Ocros	-77.40025	-10.40457	3249
155107	Pampa Libre	Lima	Huaura	Checras	-76.96667	-10.86667	1800
155112	Pariacancha	Lima	Canta	Huaros	-76.5	-11.38333	3800
155113	Mina Colqui	Lima	Huarochari	Huanza	-76.48333	-11.58333	4600
155122	Autisha	Lima	Huarochari	San Antonio	-76.60639	-11.735	2171
155200	Paccho	Lima	Huaura	Paccho	-76.93333	-10.95	3250
155201	Andajes	Lima	Oyon	Andajes	-76.9	-10.78333	3950
155202	Santa Cruz	Lima	Huaral	Santa Cruz de Andamarca	-76.63333	-11.2	3700
155203	Carac	Lima	Huaral	27 de Noviembre	-76.78333	-11.18333	2600
155204	Pachangara	Lima	Oyon	Pachangara	-76.81667	-10.78333	3600
155205	Pallac	Lima	Huaral	Atavillos Bajo	-76.8	-11.35	2333
155206	Laguna Surasaca	Lima	Oyon	Oyon	-76.78333	-10.51667	4400
155207	Pachamachay	Lima	Huaura	Leoncio Prado	-76.83333	-11.05	4200
155209	Huamantanga	Lima	Canta	Huamantanga	-76.75	-11.5	3392
155212	Parquin	Lima	Huaura	Santa Leonor	-76.71667	-10.96667	3590
155213	Santa Eulalia	Lima	Huarochari	Santa Eulalia	-76.66667	-11.91778	982
155214	Pirca	Lima	Huaral	Atavillos Alto	-76.65	-11.23333	3255
155217	Lachaqui	Lima	Canta	Lachaqui	-76.61667	-11.55	3668
155218	Huaros	Lima	Canta	Huaros	-76.56667	-11.4	3585
155223	Carampoma	Lima	Huarochari	Carampoma	-76.51528	-11.655	3489
155224	Santiago de Tuna	Lima	Huarochari	Santiago de Tuna	-76.51667	-11.98333	2921

Código	Estación	Región	Provincia	Distrito	Longitud (°)	Latitud (°)	Altitud (msnm)
155225	San Jose de Parac	Lima	Huarochiri	San Mateo	-76.25806	-11.80028	3866
155446	Casapalca	Lima	Huarochiri	Chicla	-76.23333	-11.64778	4214
155450	Yauricocha	Lima	Yauyos	Alis	-75.7225	-12.31639	4675
155514	Milloc	Lima	Huarochiri	Carampoma	-76.35	-11.57111	4398
156100	Antioquia	Lima	Huarochiri	Antioquia	-76.5	-12.08333	1839
156102	San Lazaro de Escomarca	Lima	Huarochiri	Langa	-76.35	-12.18333	3600
156103	Huañec	Lima	Yauyos	Huañec	-76.13333	-12.28333	3205
156104	Ayaviri	Lima	Yauyos	Ayaviri	-76.13333	-12.38333	3228
156106	Tanta	Lima	Yauyos	Tanta	-76.01667	-12.11667	4323
156109	Carania	Lima	Yauyos	Carania	-75.87194	-12.34417	3875
156110	Huangascar	Lima	Yauyos	Huangascar	-75.83361	-12.89833	2533
156111	Vilca	Lima	Yauyos	Huancaya	-75.82611	-12.11444	3864
110040	Mayorarca	Ancash	Bolognesi	Cajacay	-77.34889	-10.15775	3335

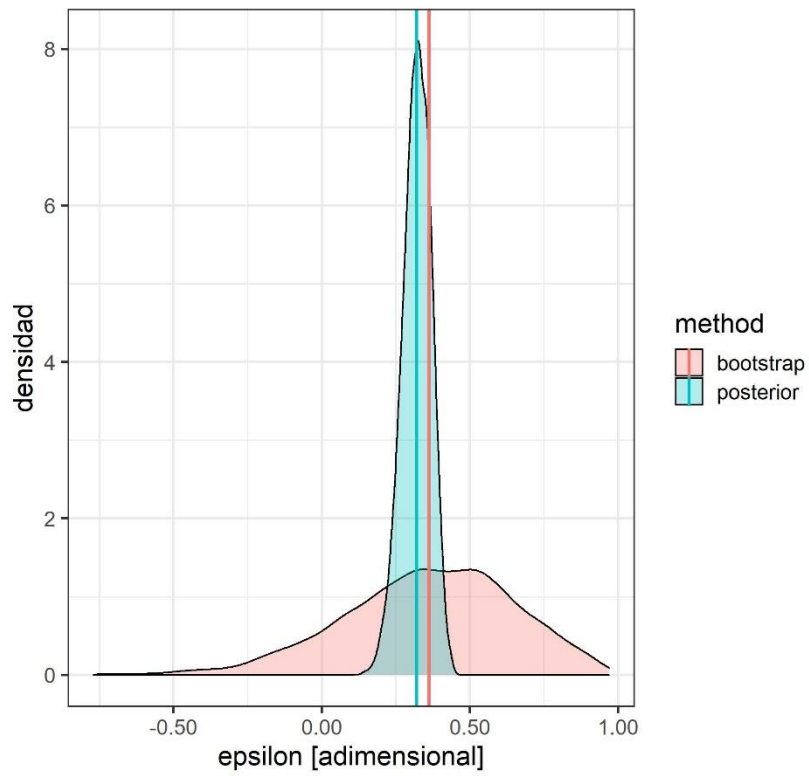
Fuente: Datos hidrometeorológicos a nivel nacional del SENAMHI

Anexo 3 Resultados del script de RStudio para las 15 estaciones automáticas restantes:

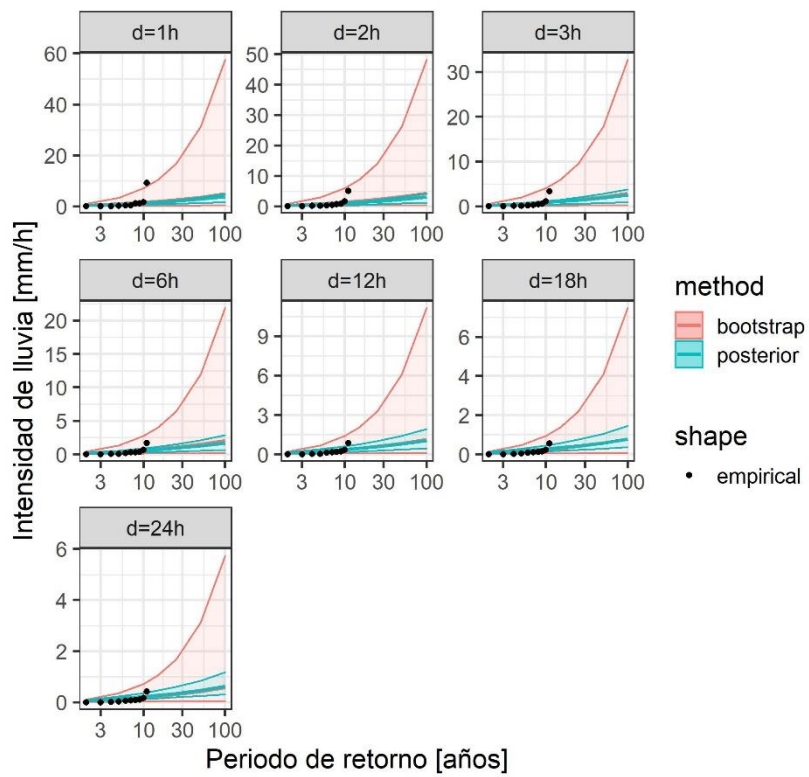
1 ANTONIO RAIMONDI (nchain=1):



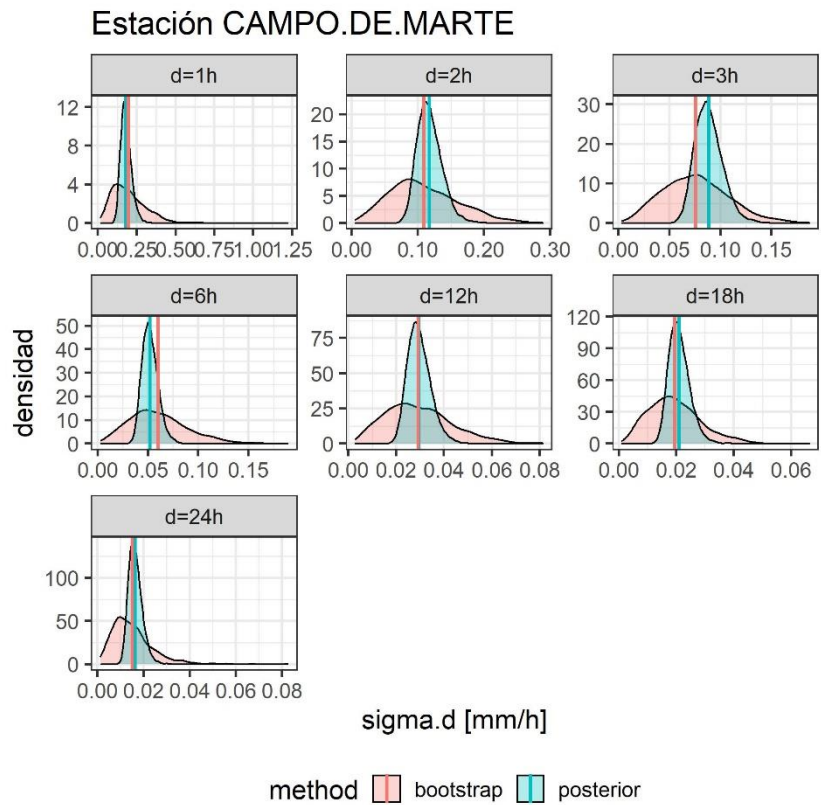
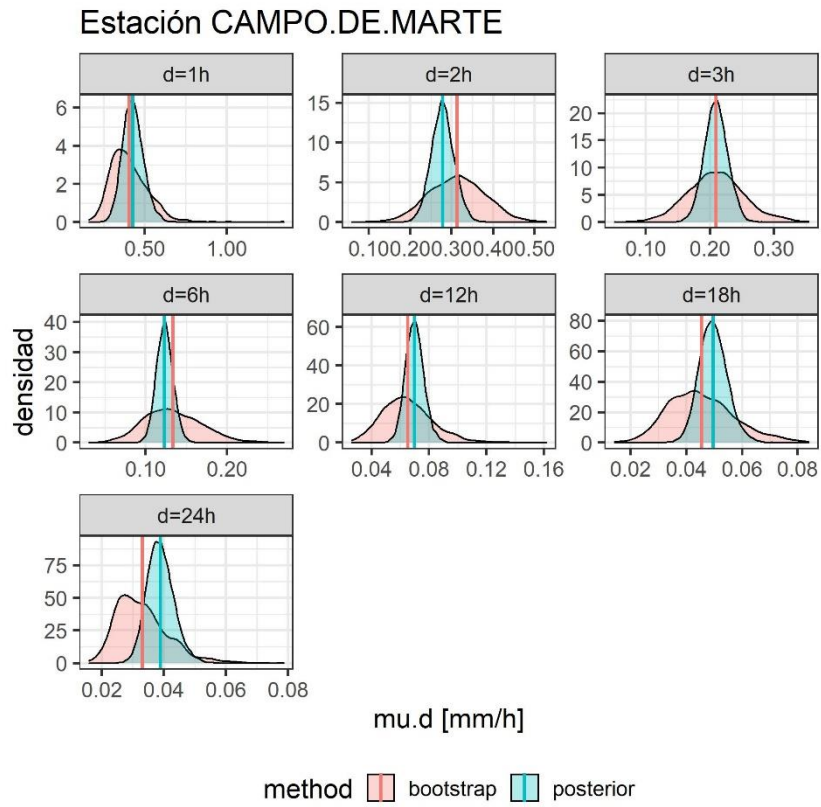
Estación ANTONIO.RAIMONDI



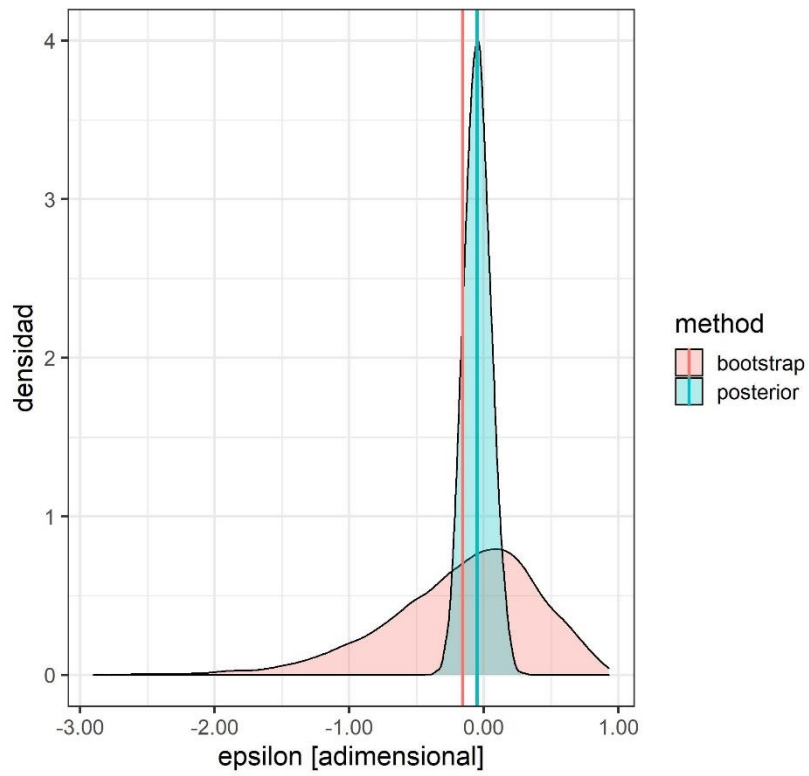
Estación ANTONIO.RAIMONDI



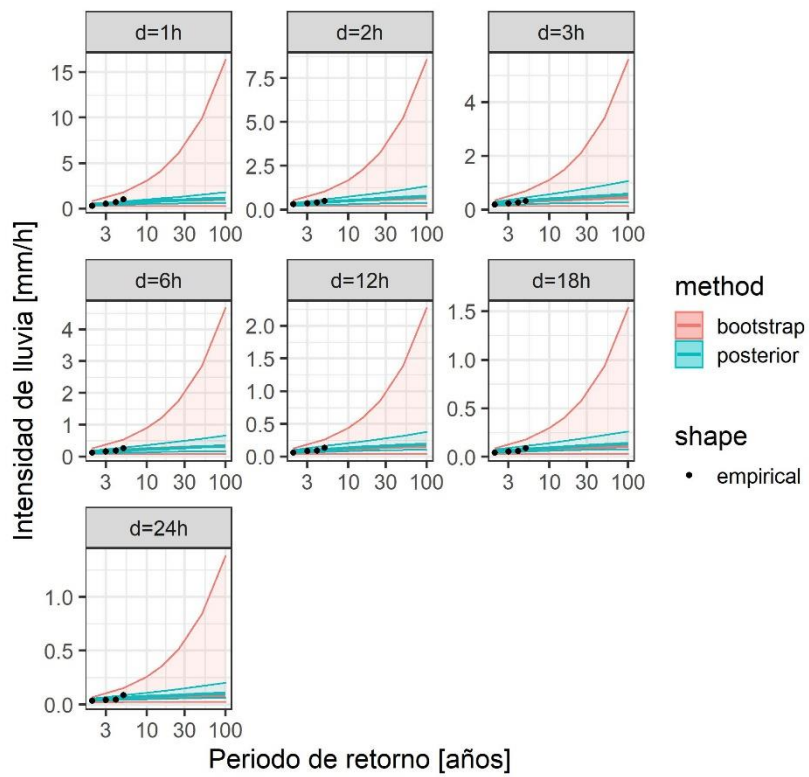
2 CAMPO DE MARTE (nchain=1):



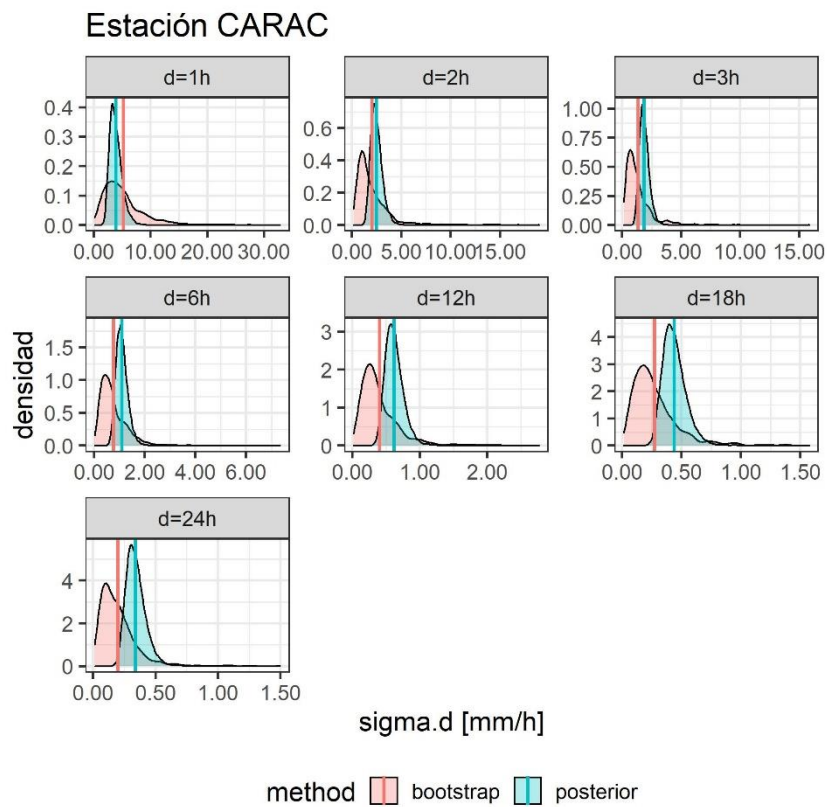
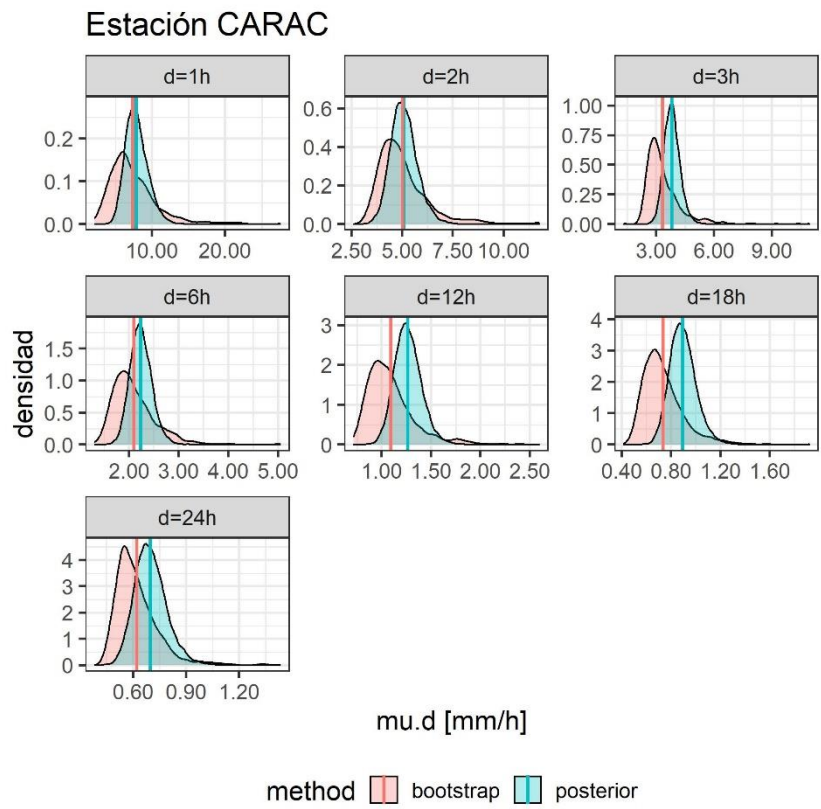
Estación CAMPO.DE.MARTE



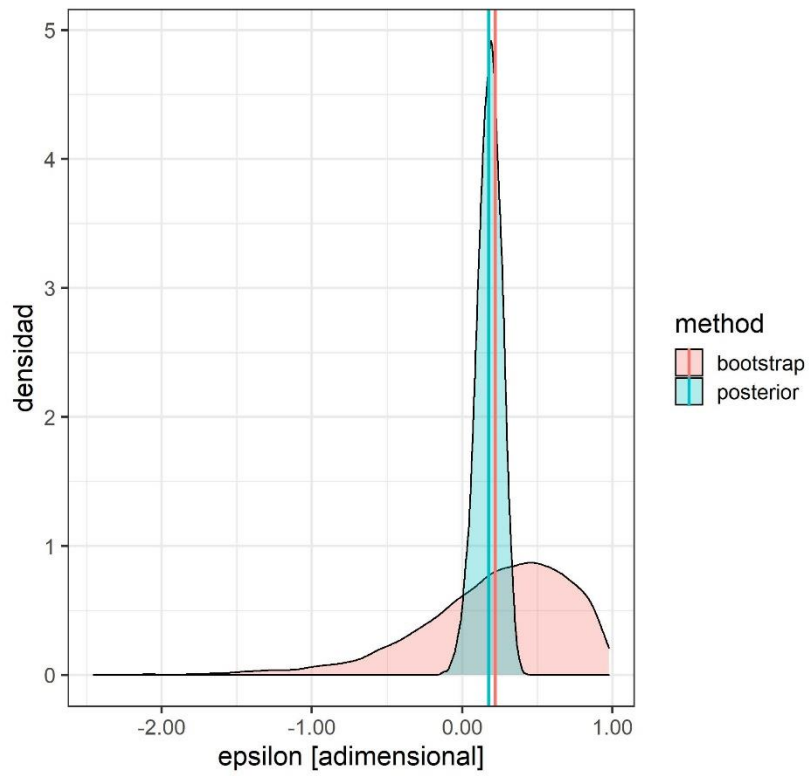
Estación CAMPO.DE.MARTE



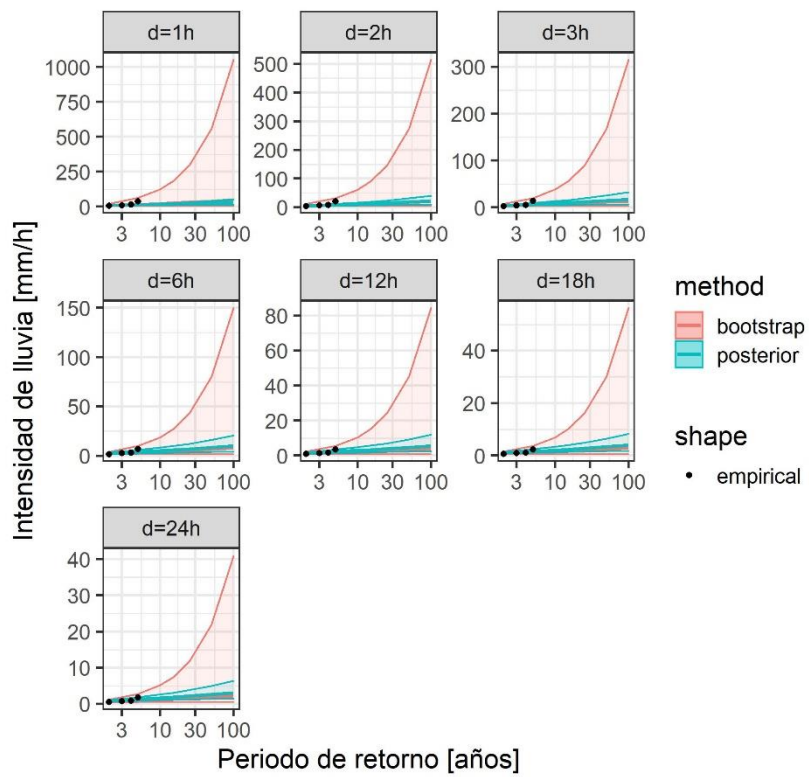
3 CARAC (nchain=1):



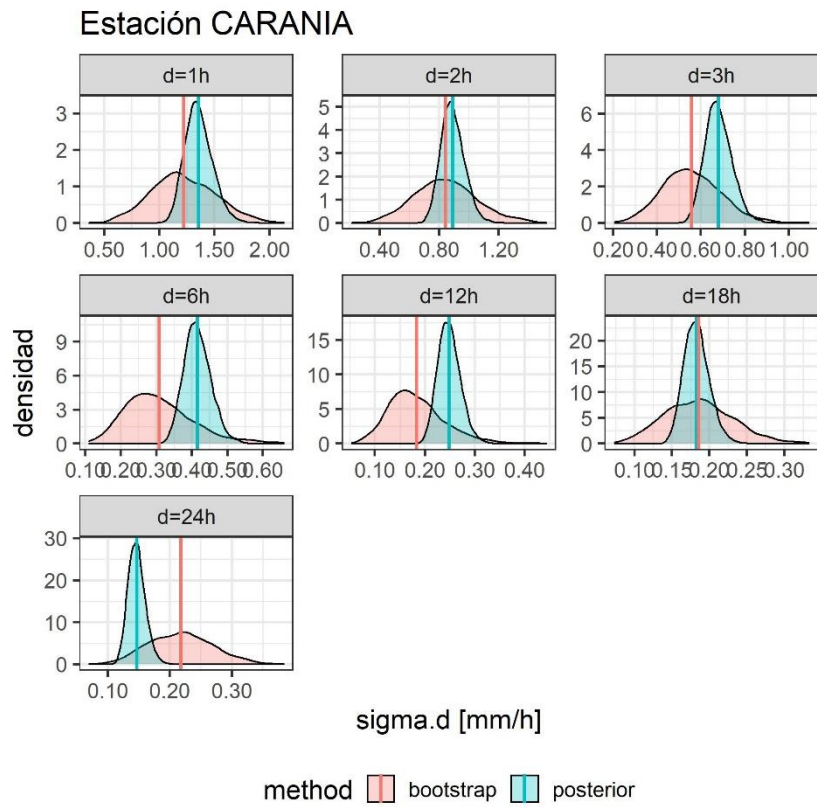
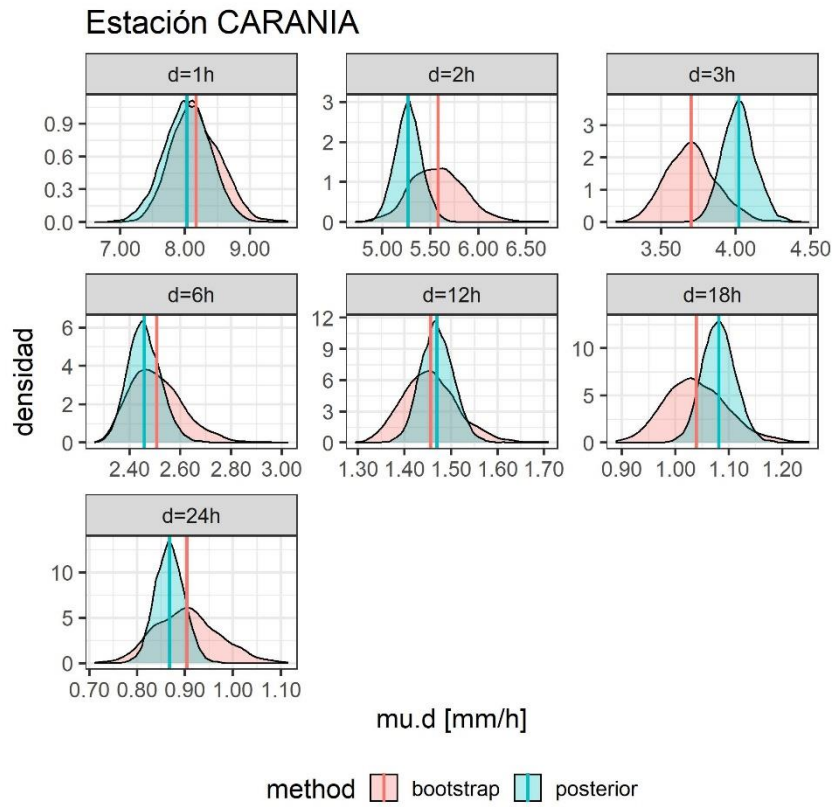
Estación CARAC



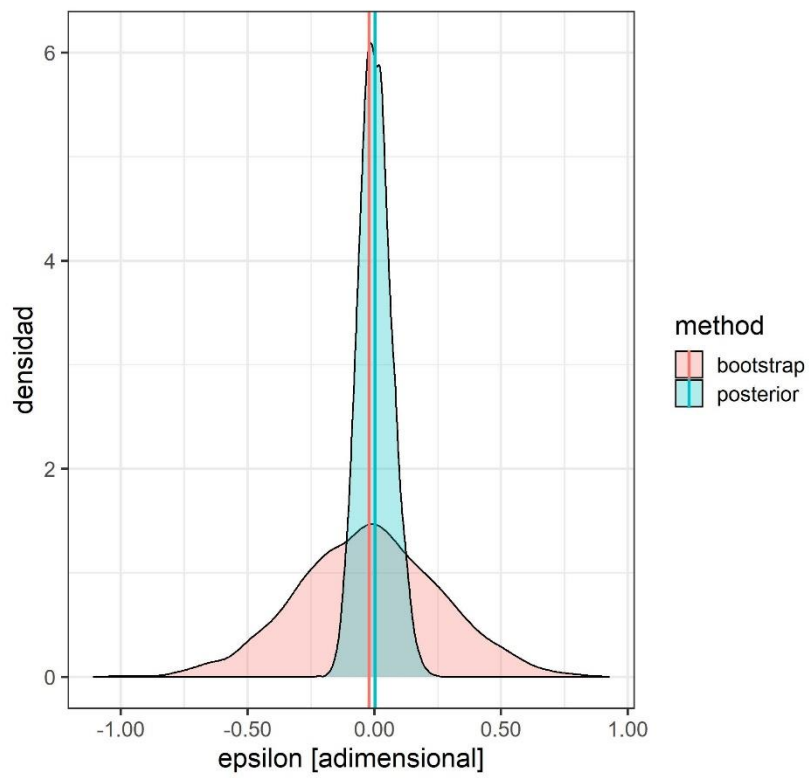
Estación CARAC



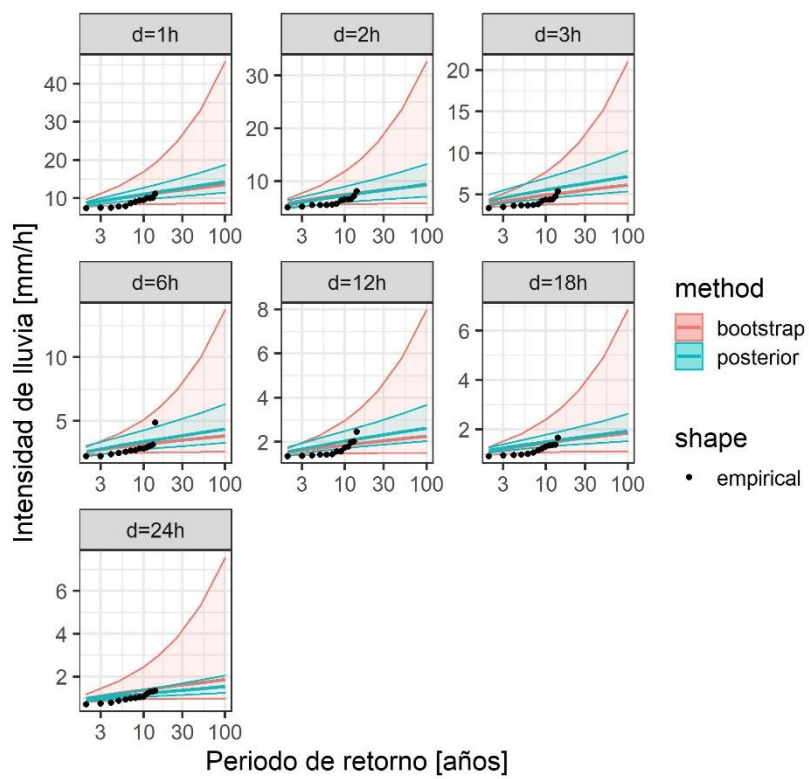
4 CARANIA (nchain=1):



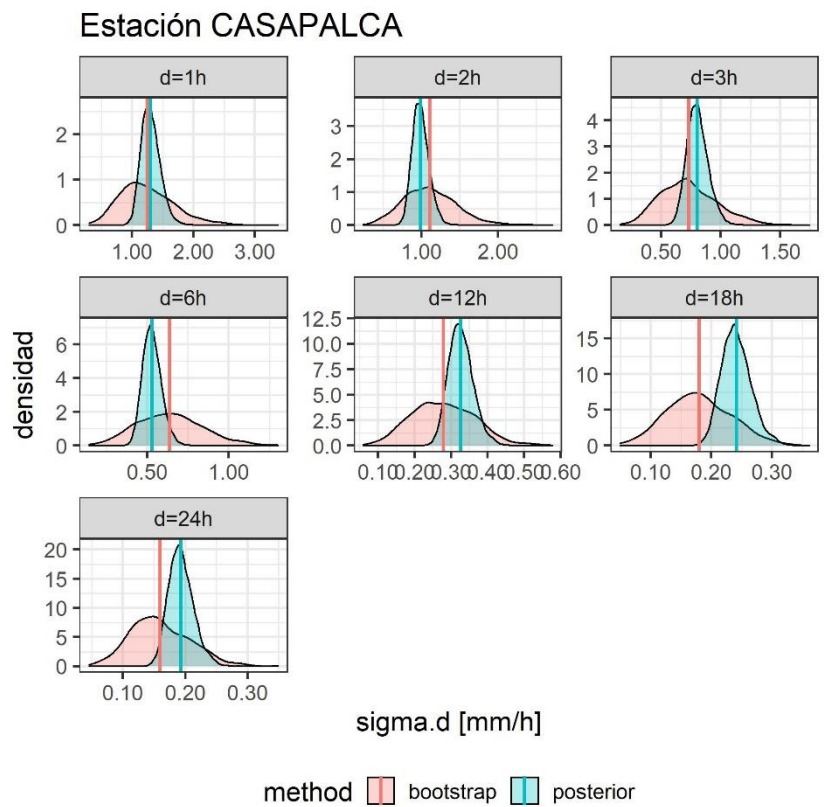
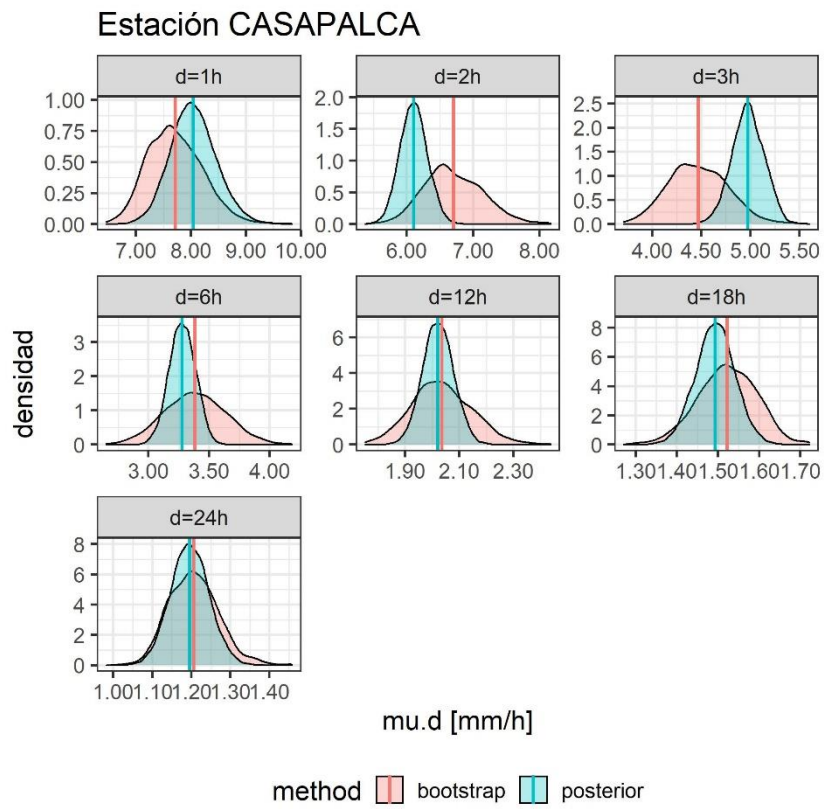
Estación CARANIA



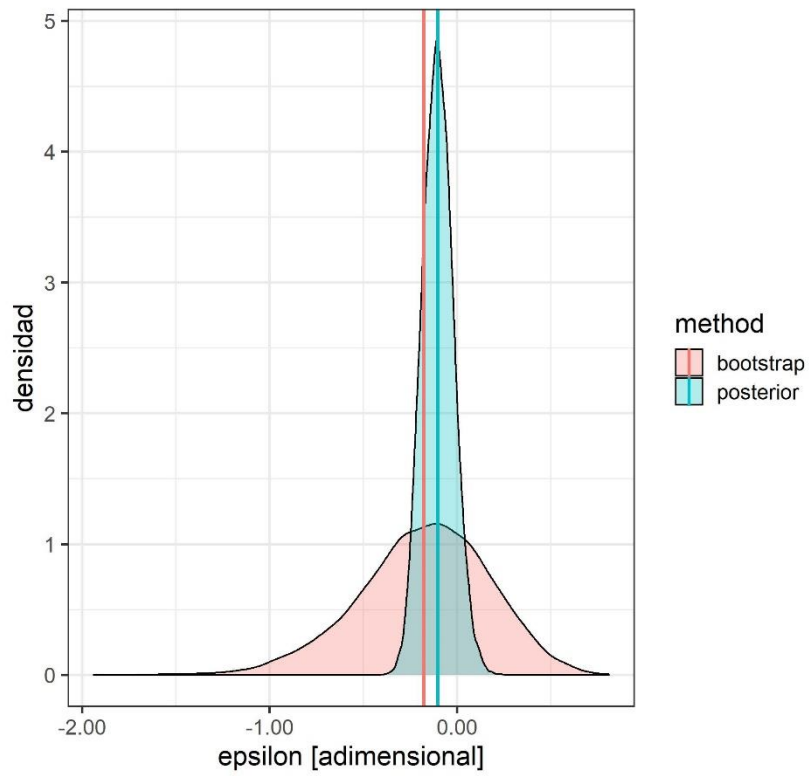
Estación CARANIA



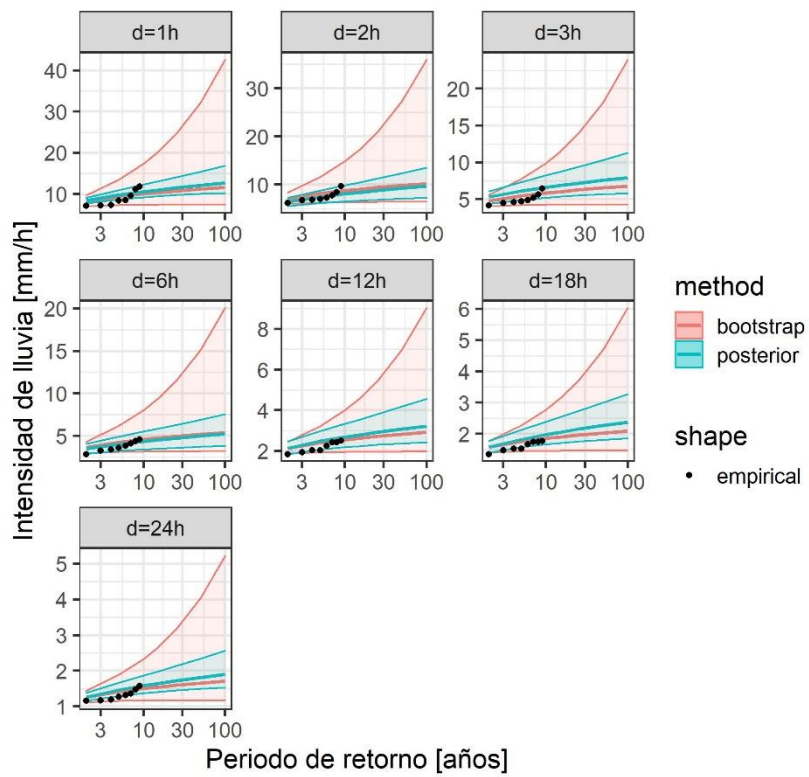
5 CASAPALCA (nchain=1):



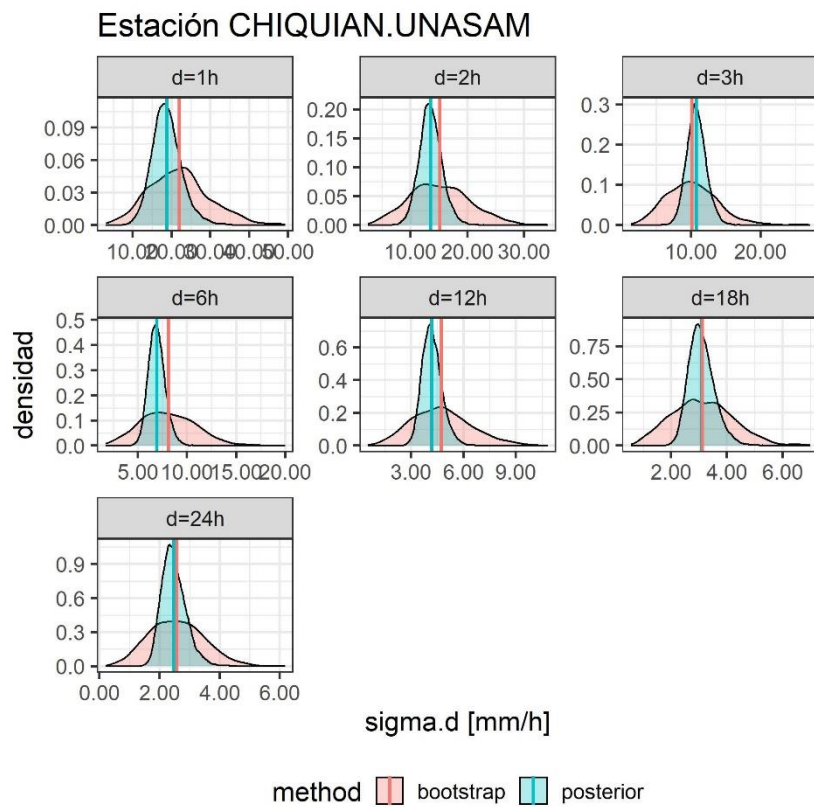
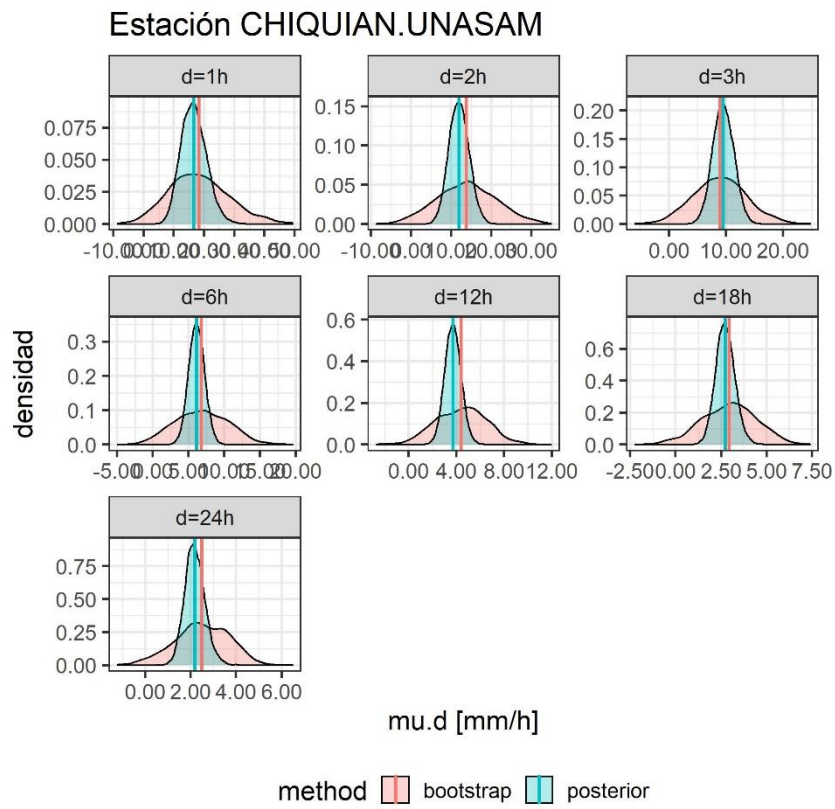
Estación CASAPALCA



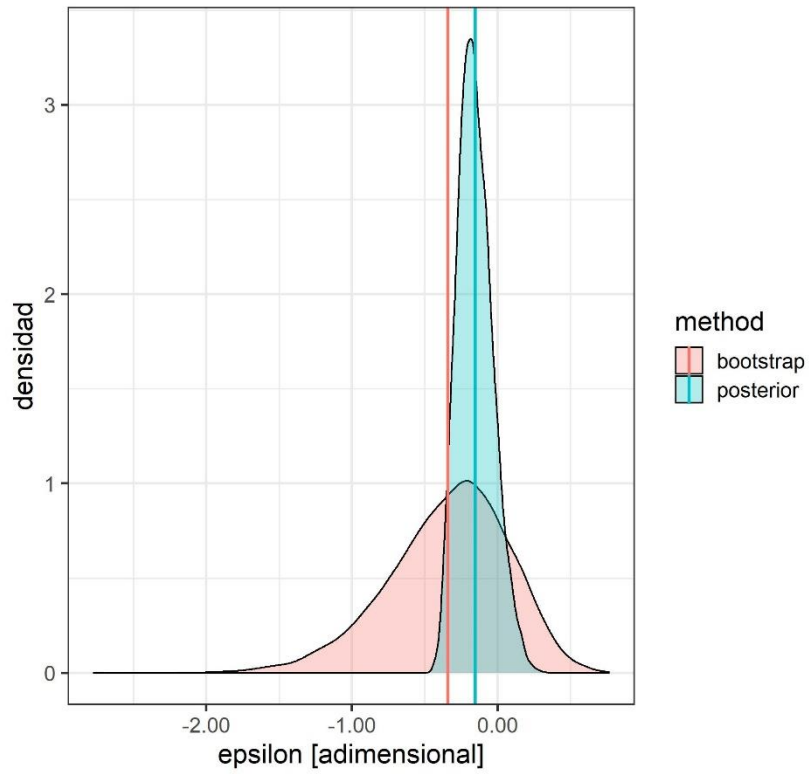
Estación CASAPALCA



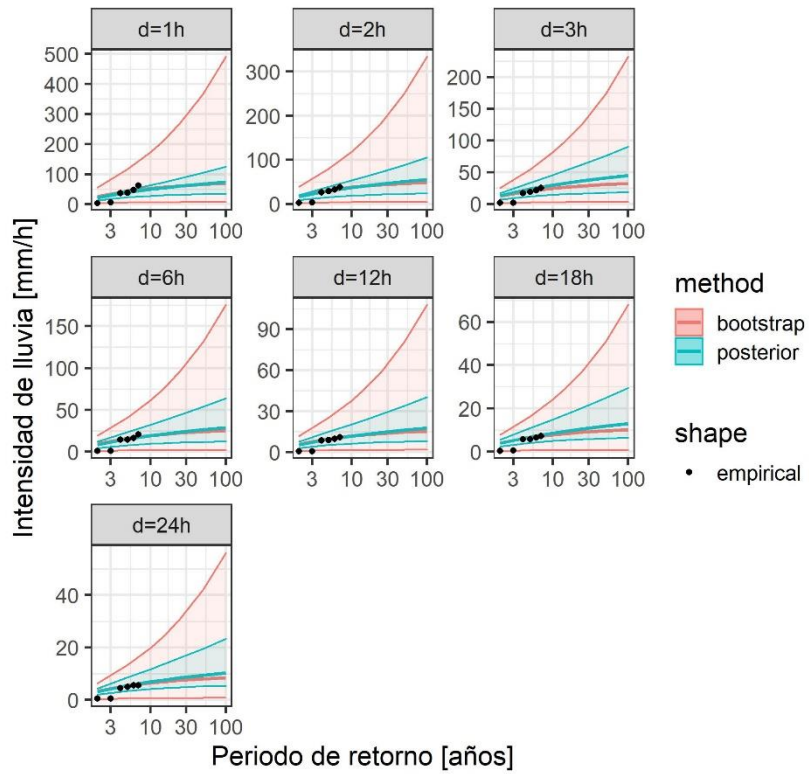
6 CHIQUIAN UNASAM (nchain=1):



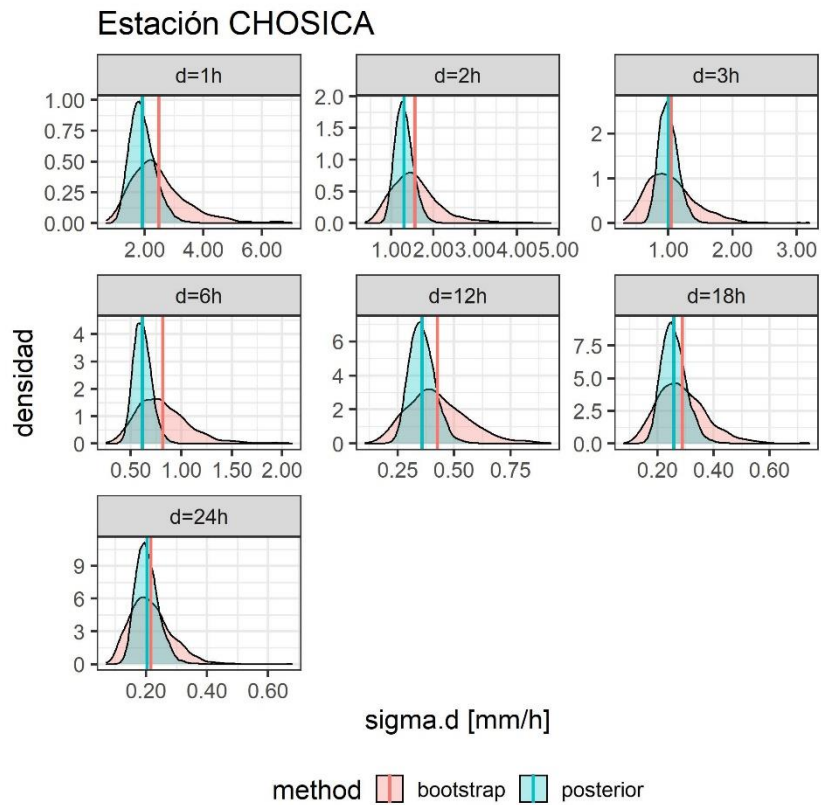
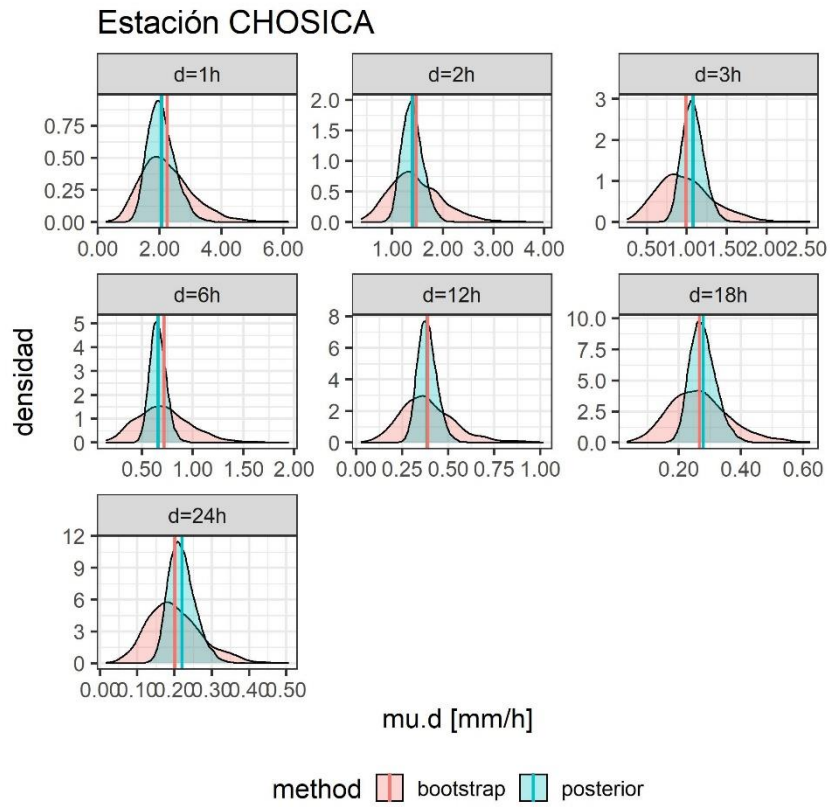
Estación CHIQUIAN.UNASAM



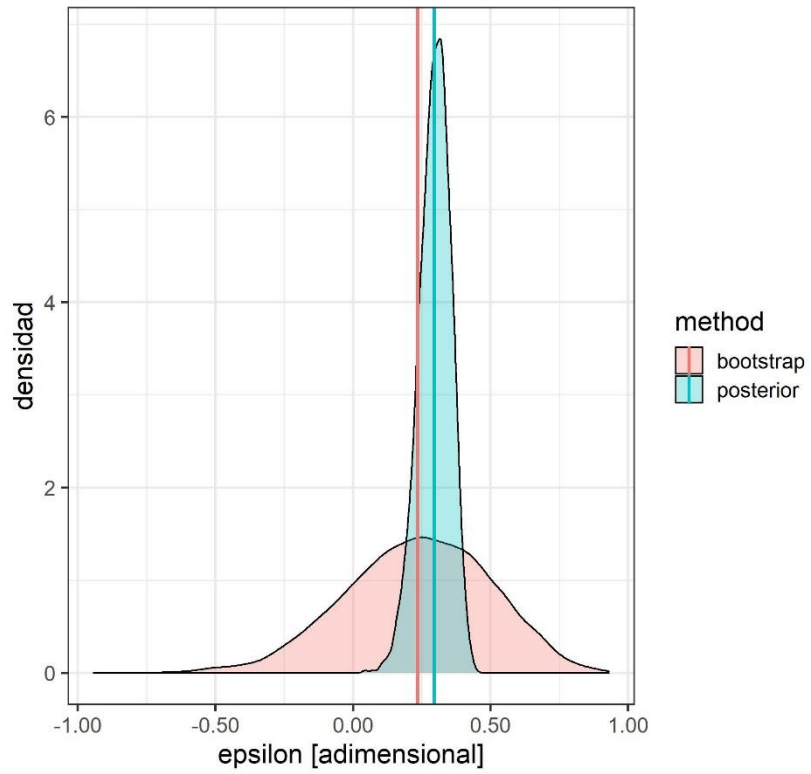
Estación CHIQUIAN.UNASAM



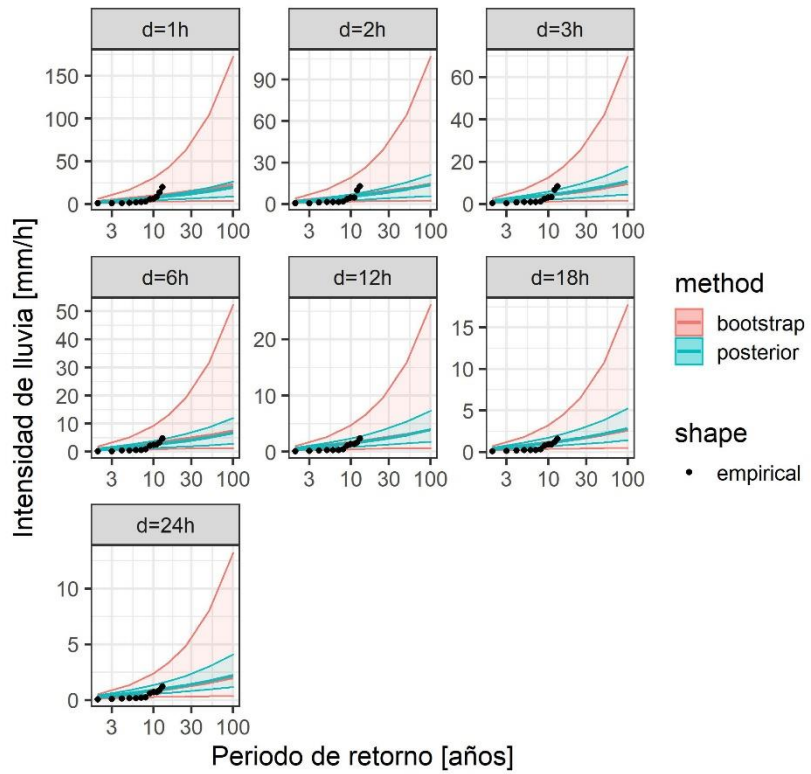
7 CHOSICA (nchain=1):



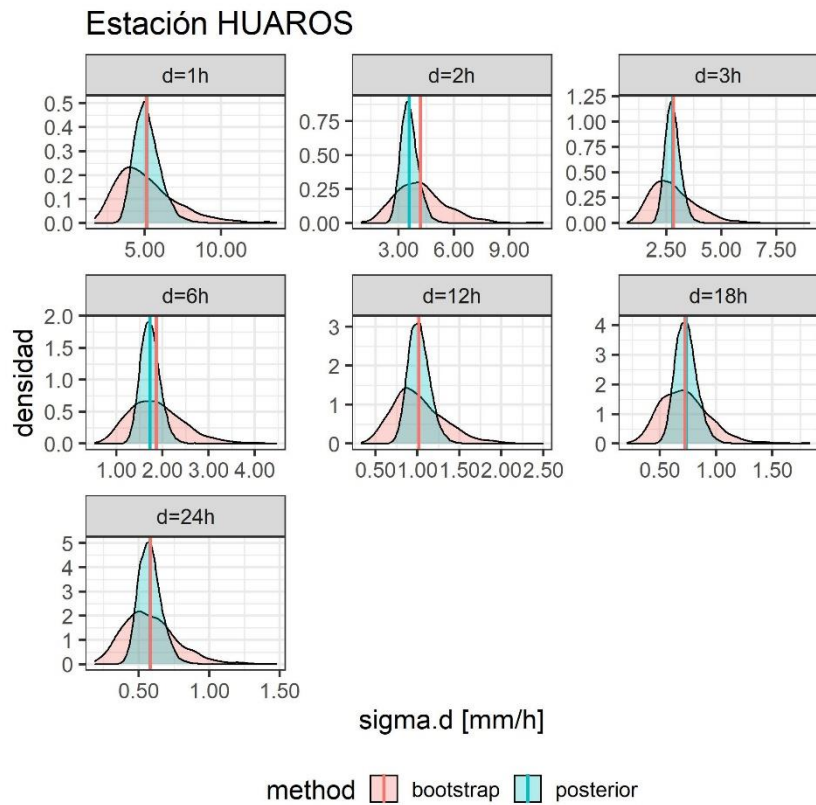
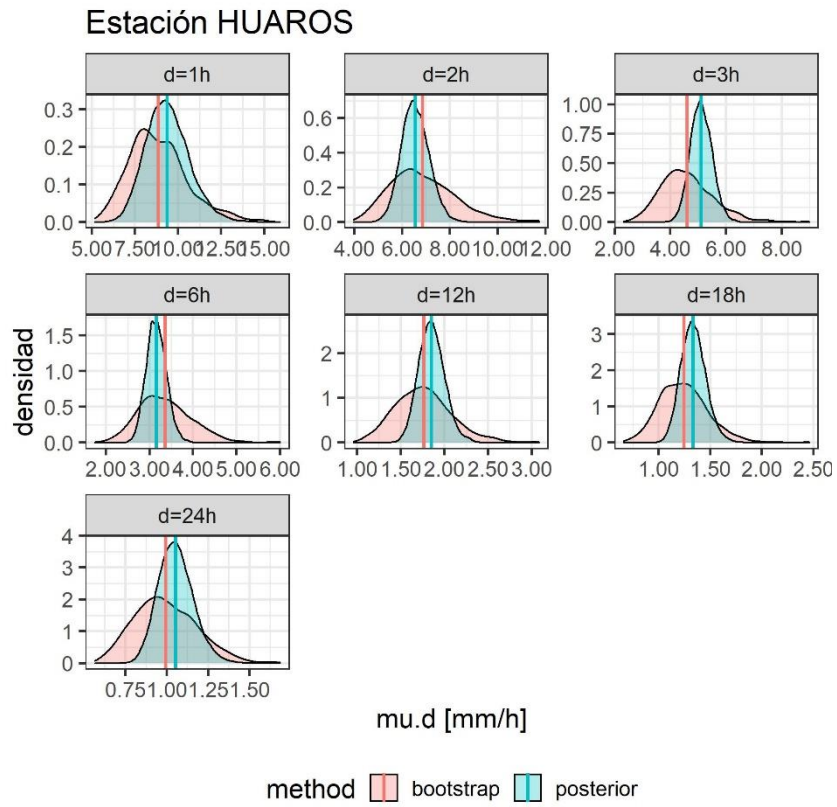
Estación CHOSICA



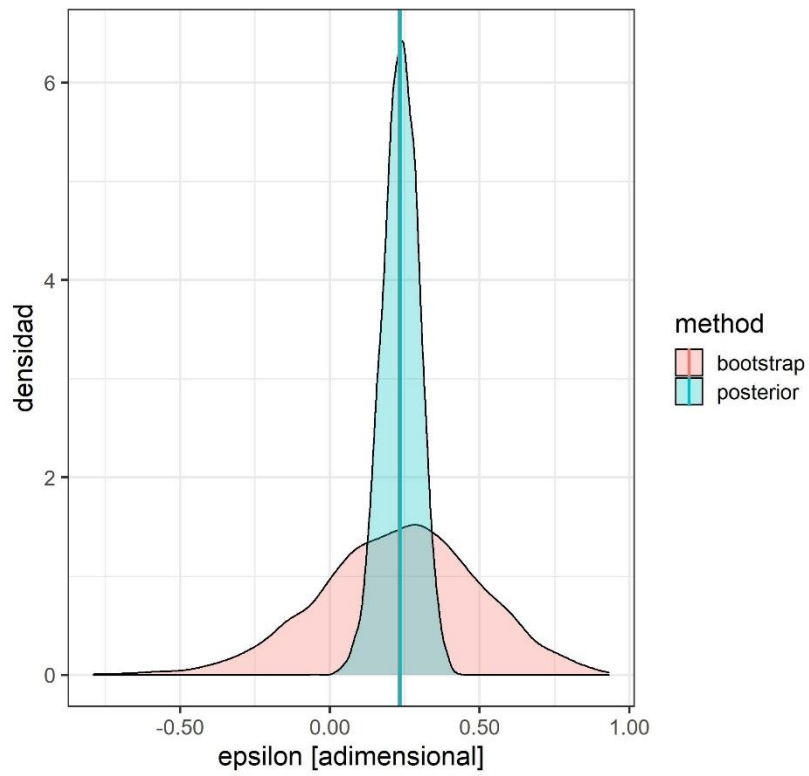
Estación CHOSICA



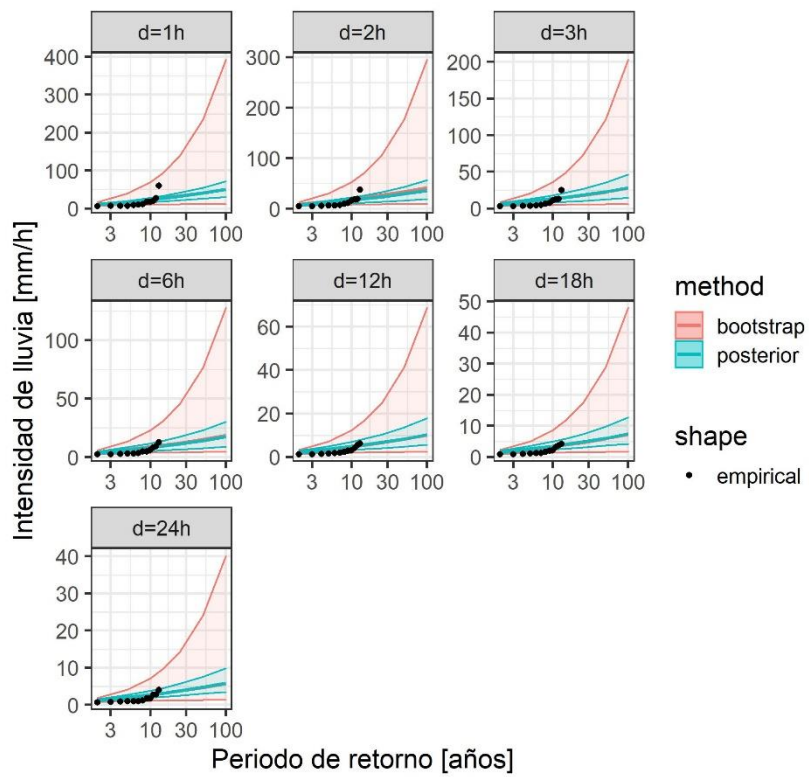
8 HUAROS (nchain=1):



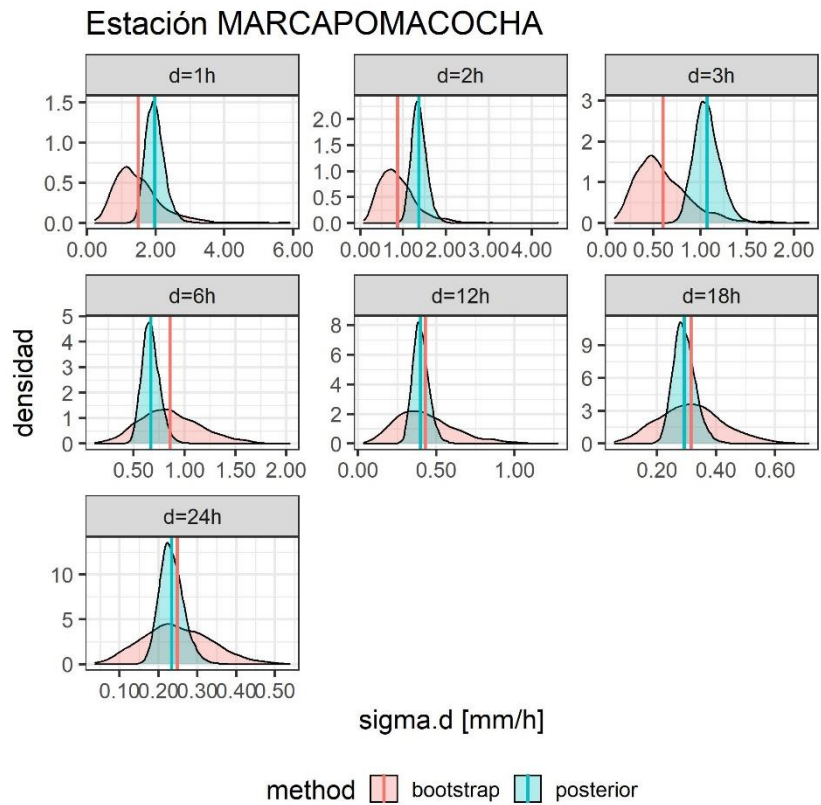
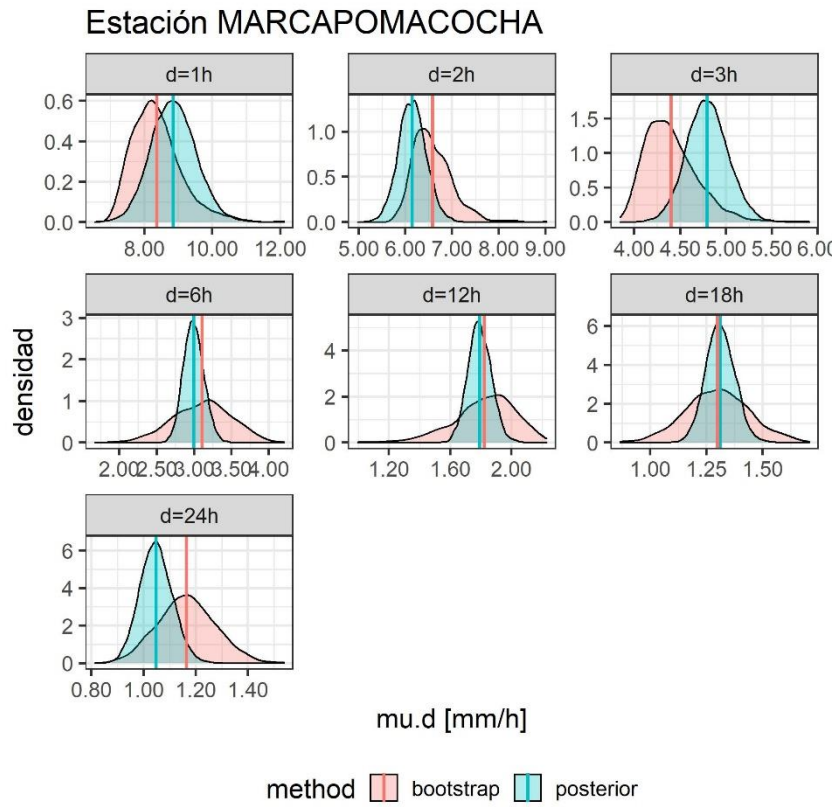
Estación HUAROS



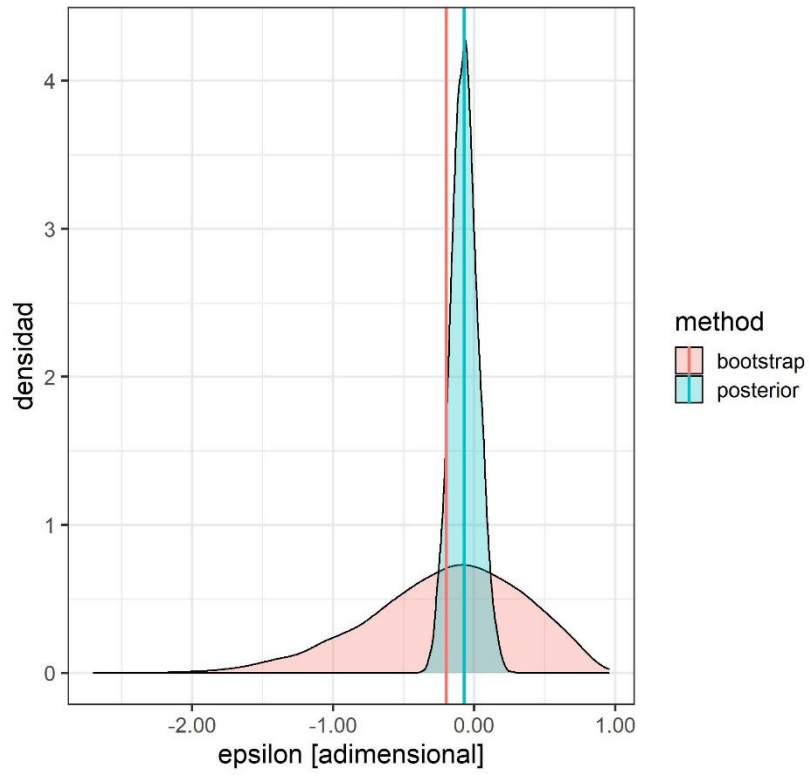
Estación HUAROS



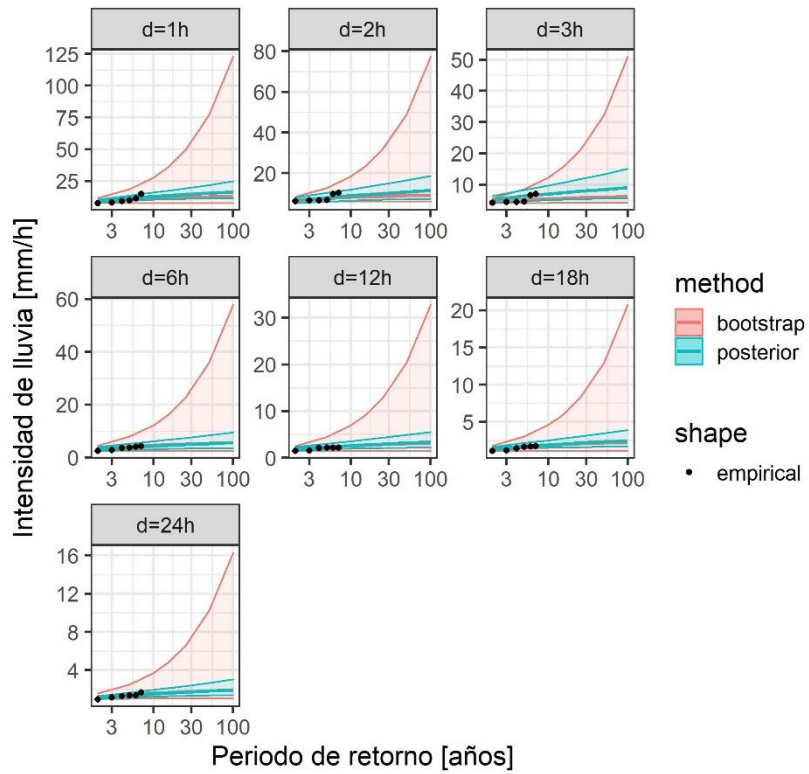
9 MARCAPOMACOCHA (nchain=1):



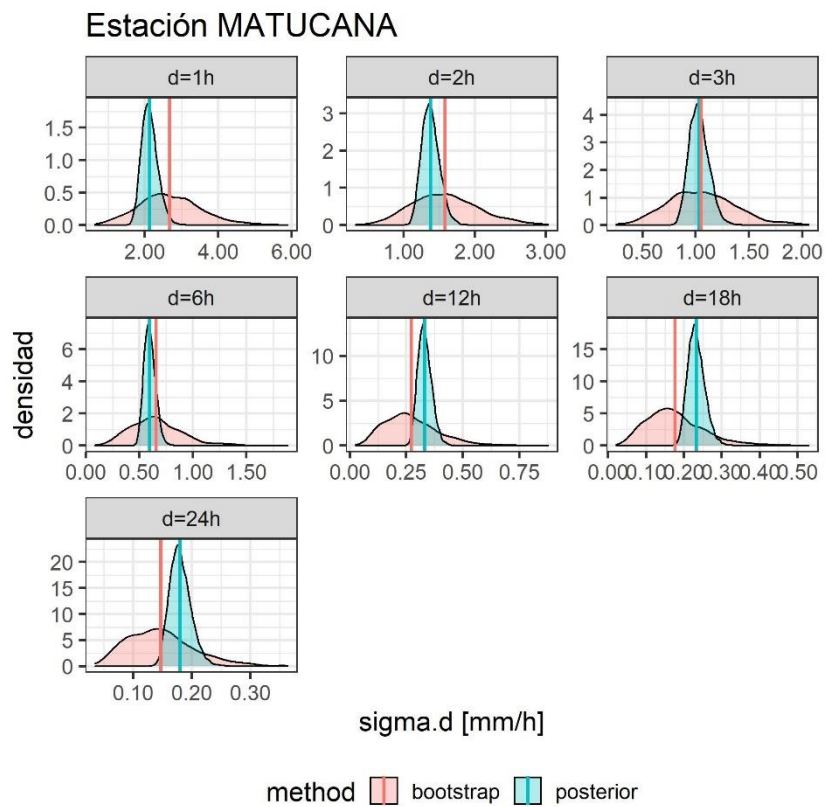
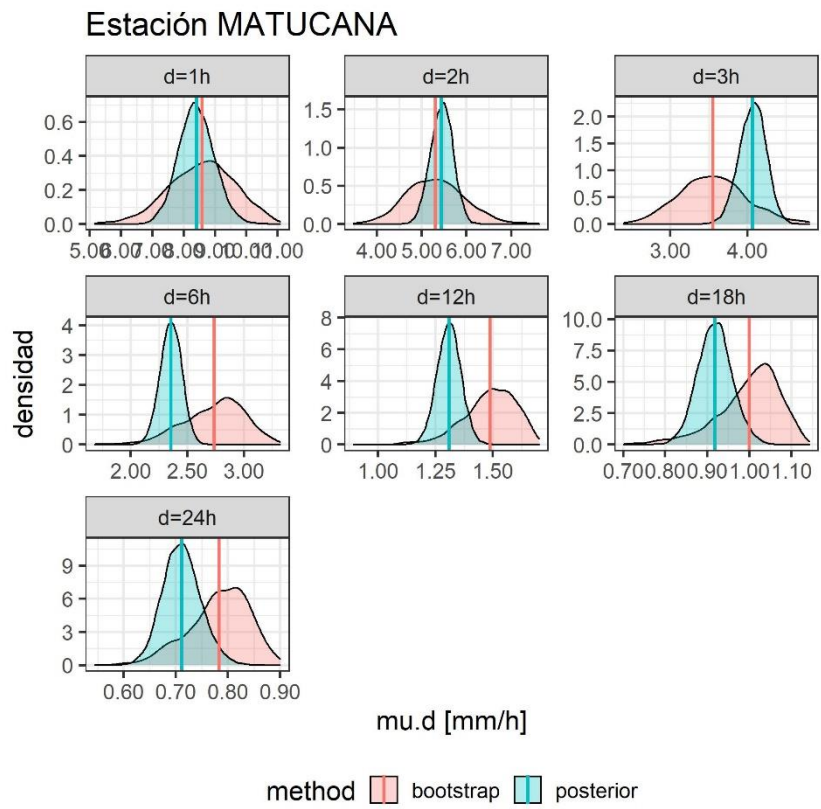
Estación MARCAPOMACOCHA



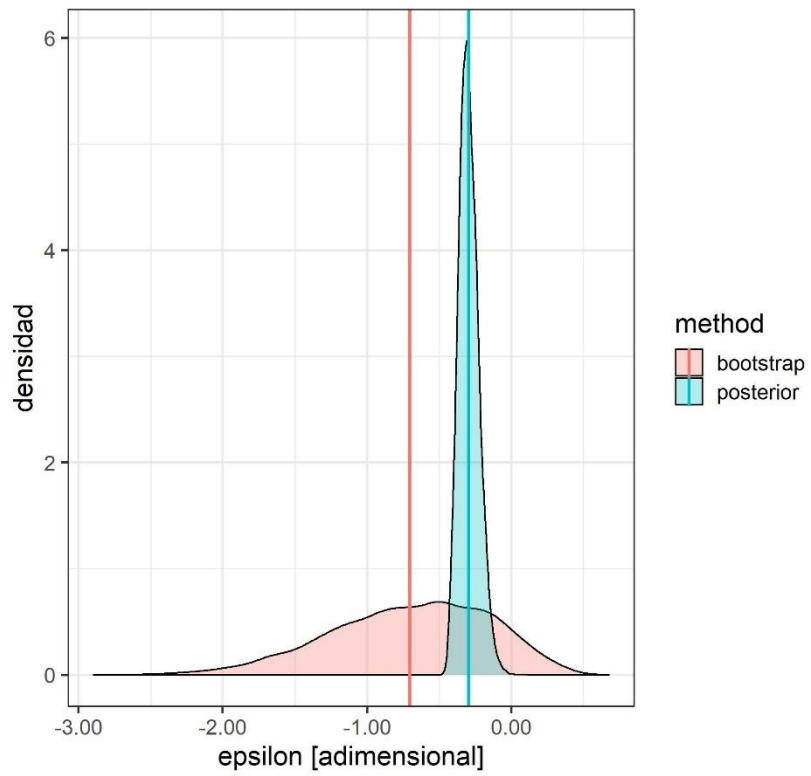
Estación MARCAPOMACOCHA



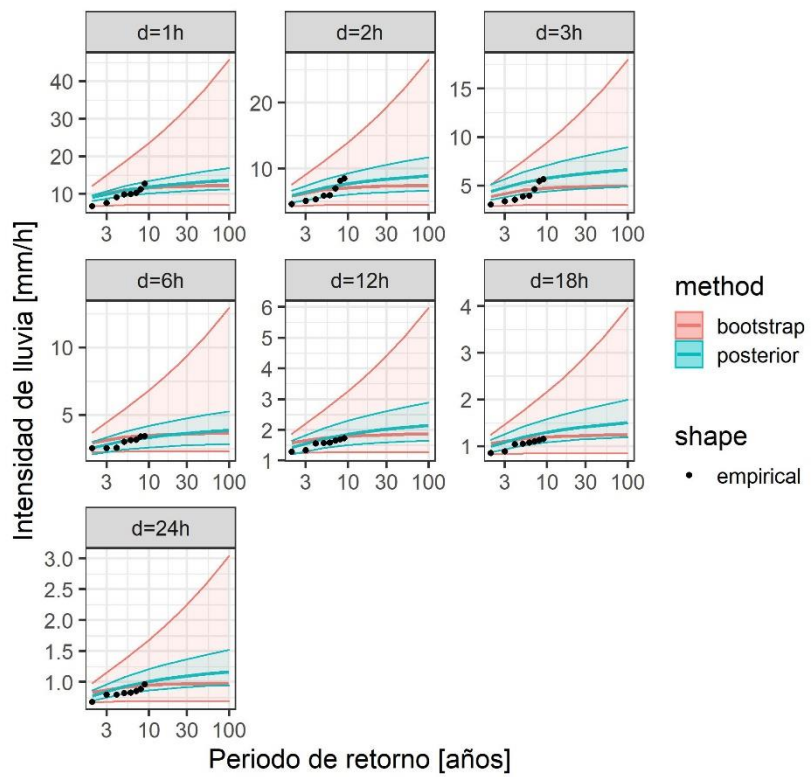
10 MATUCANA (nchain=1):



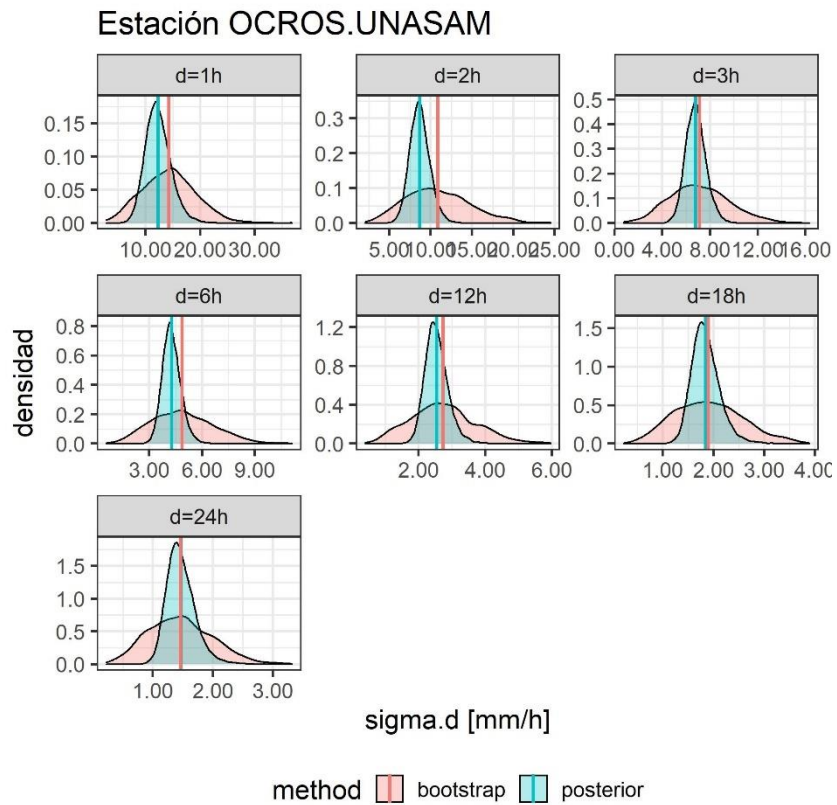
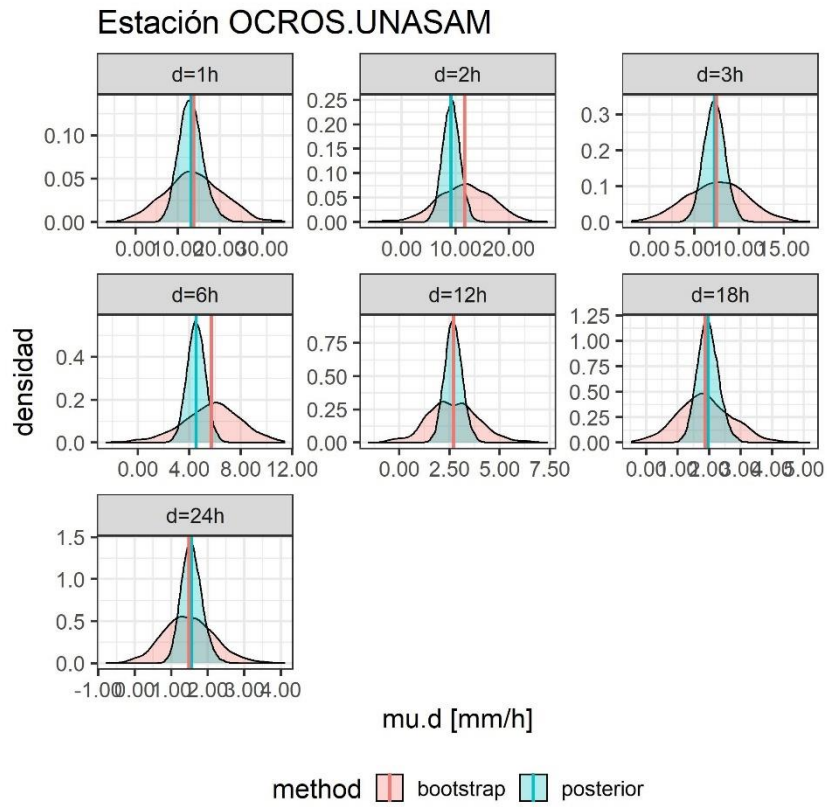
Estación MATUCANA



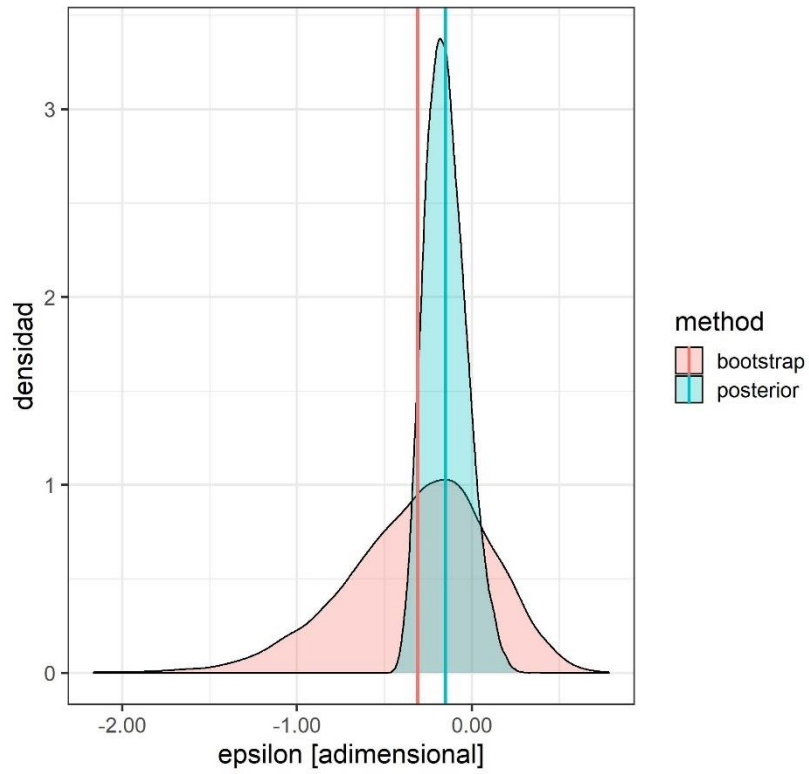
Estación MATUCANA



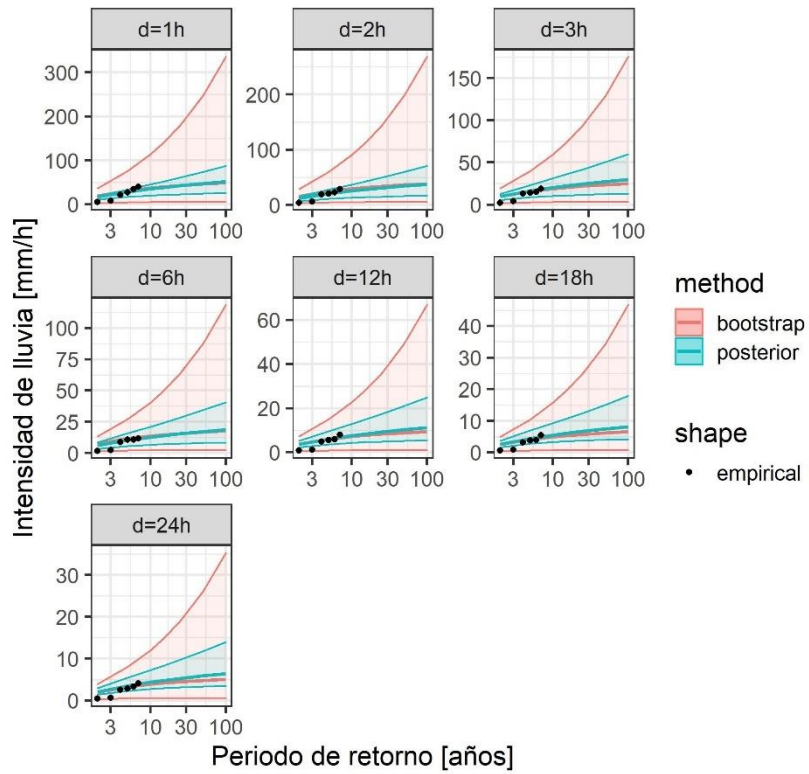
11 OCROS UNASAM (nchain=1):



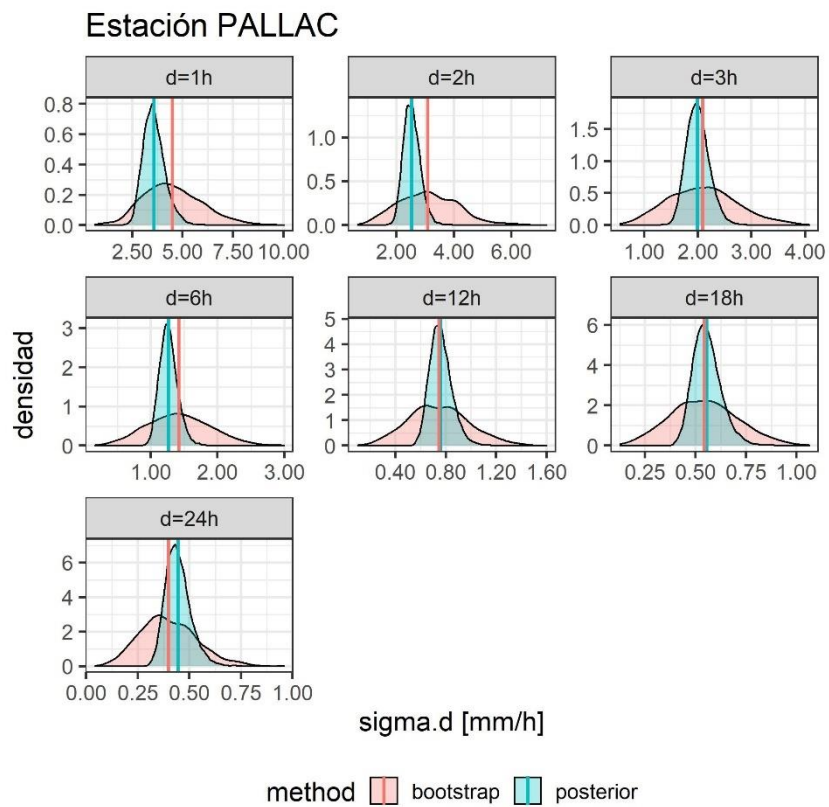
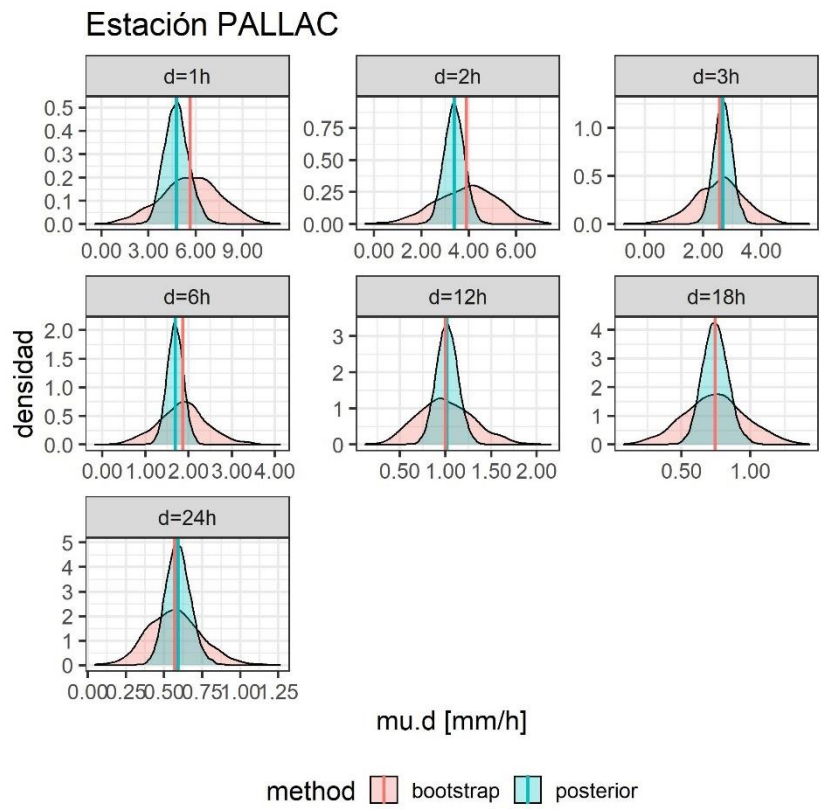
Estación OCROS.UNASAM



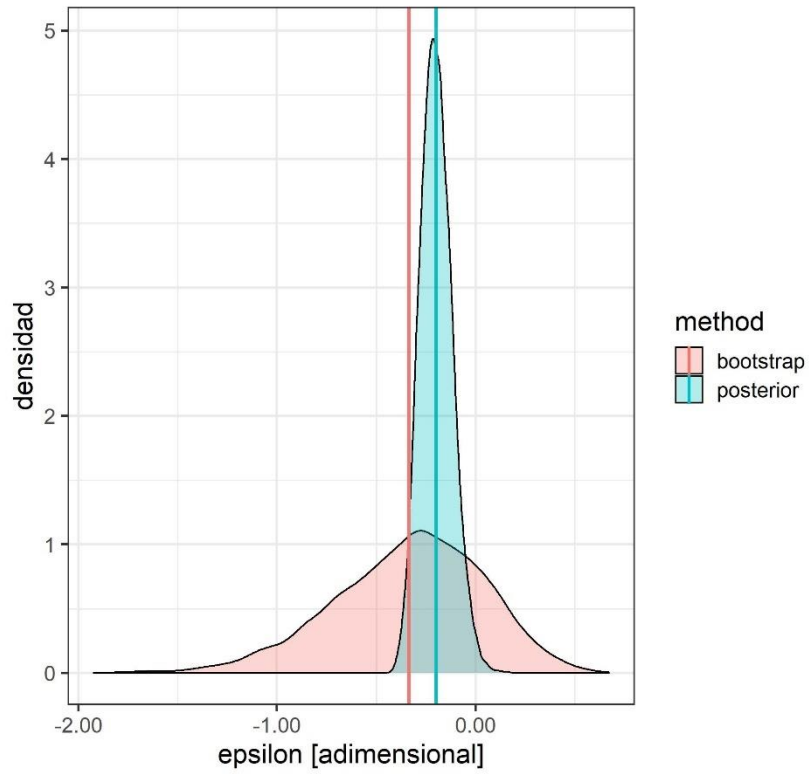
Estación OCROS.UNASAM



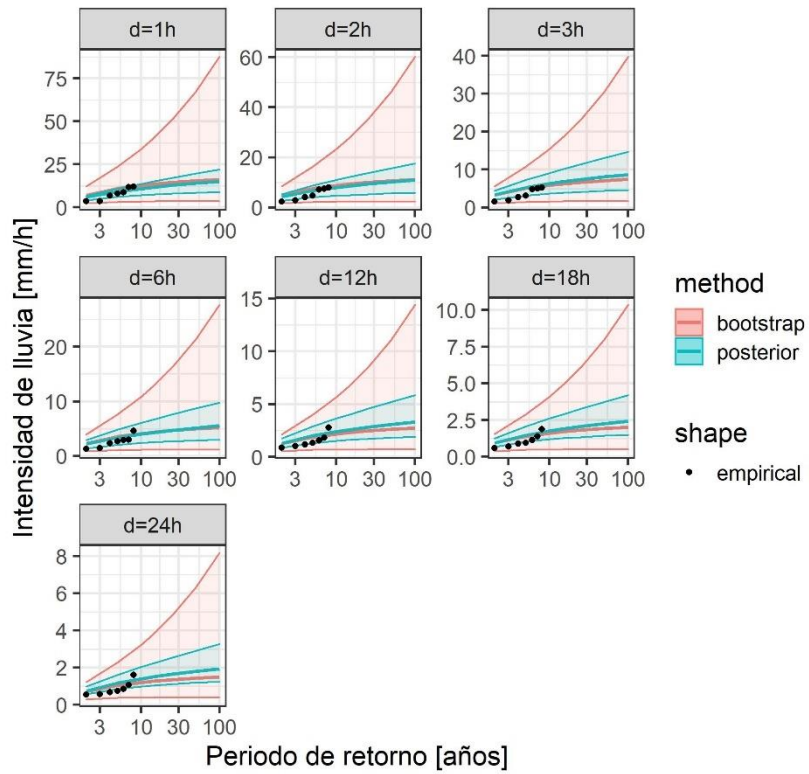
12 PALLAC (nchain=1):



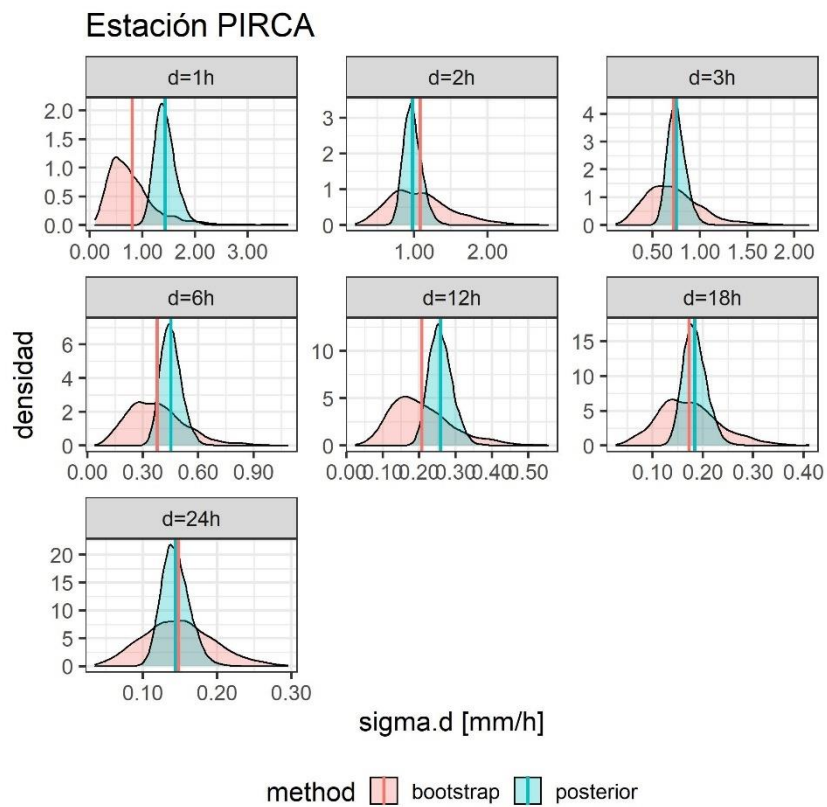
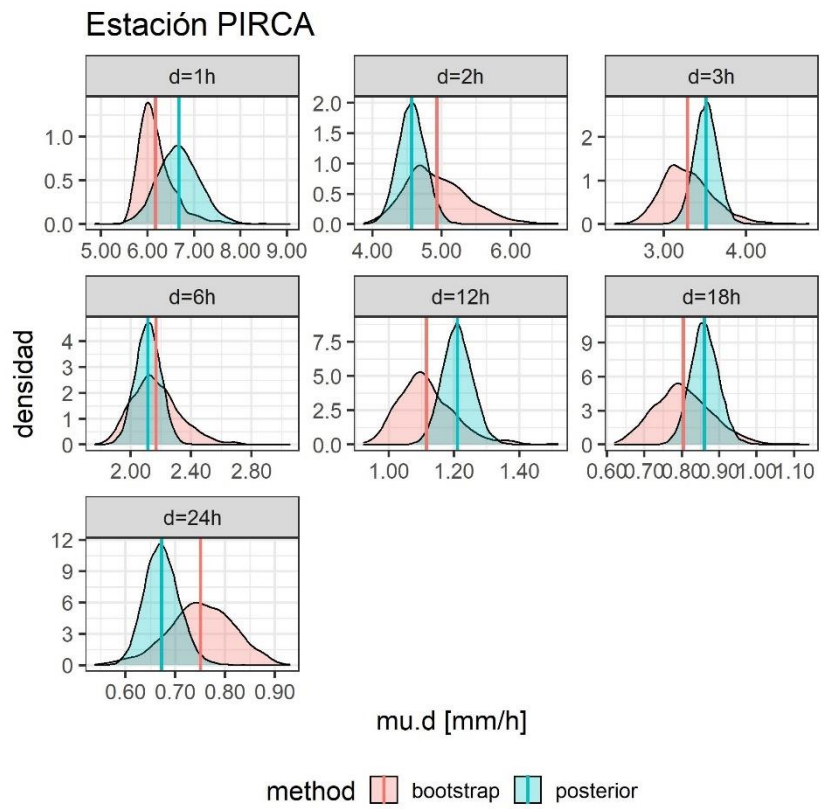
Estación PALLAC



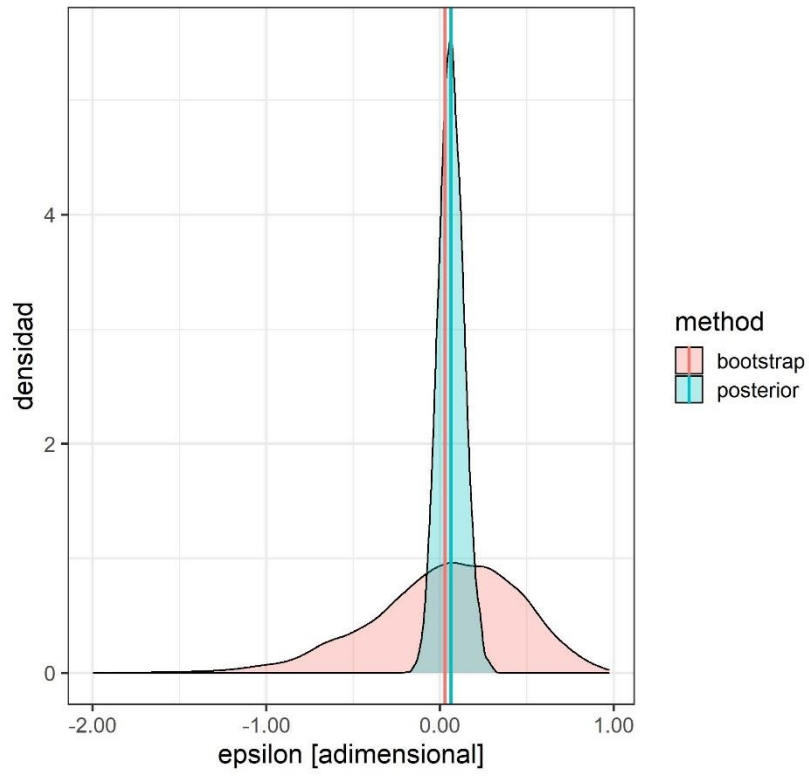
Estación PALLAC



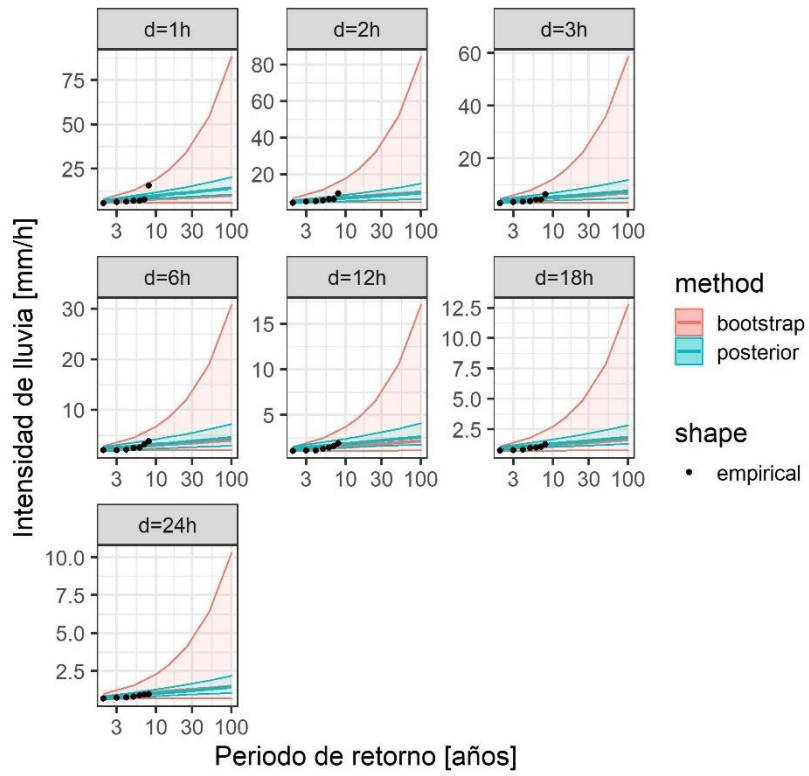
13 PIRCA (nchain=1):



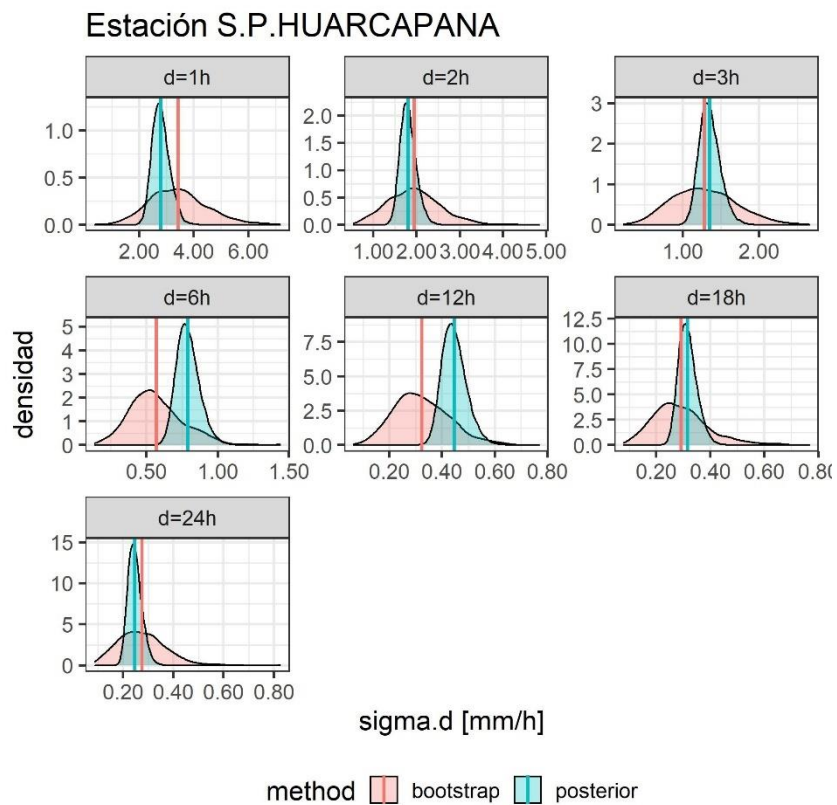
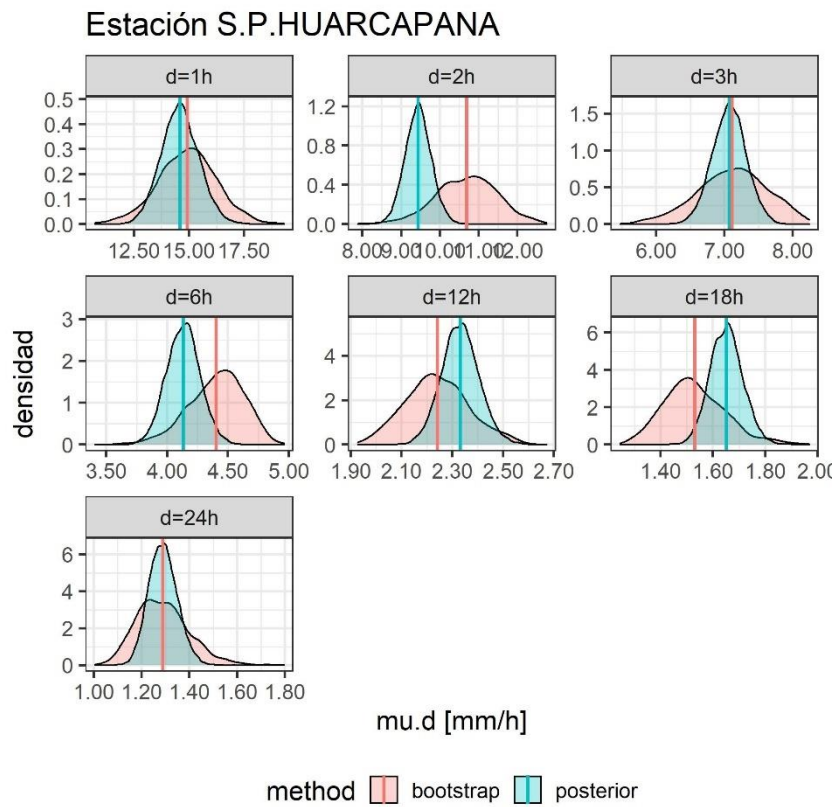
Estación PIRCA



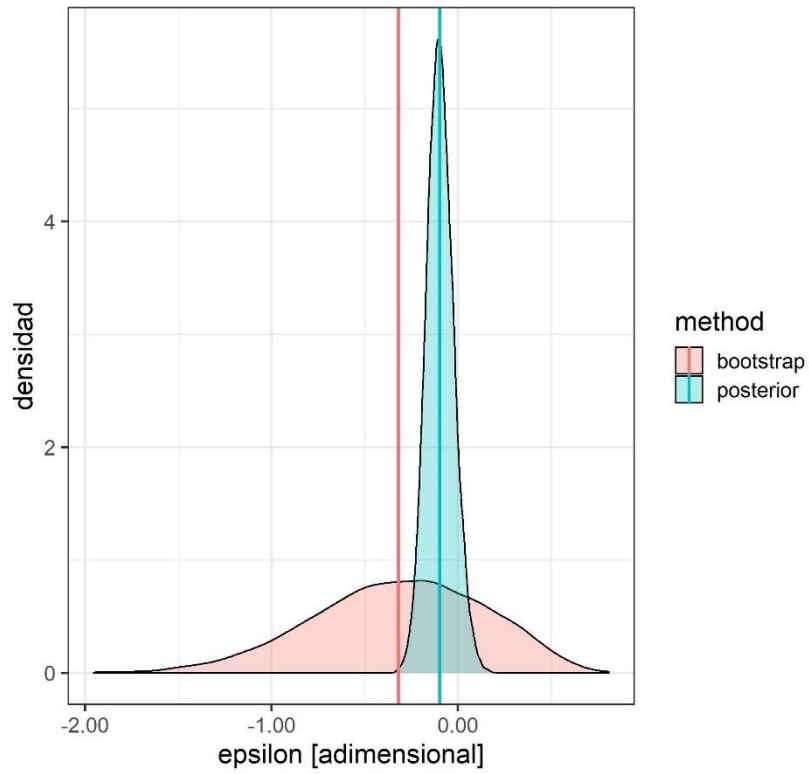
Estación PIRCA



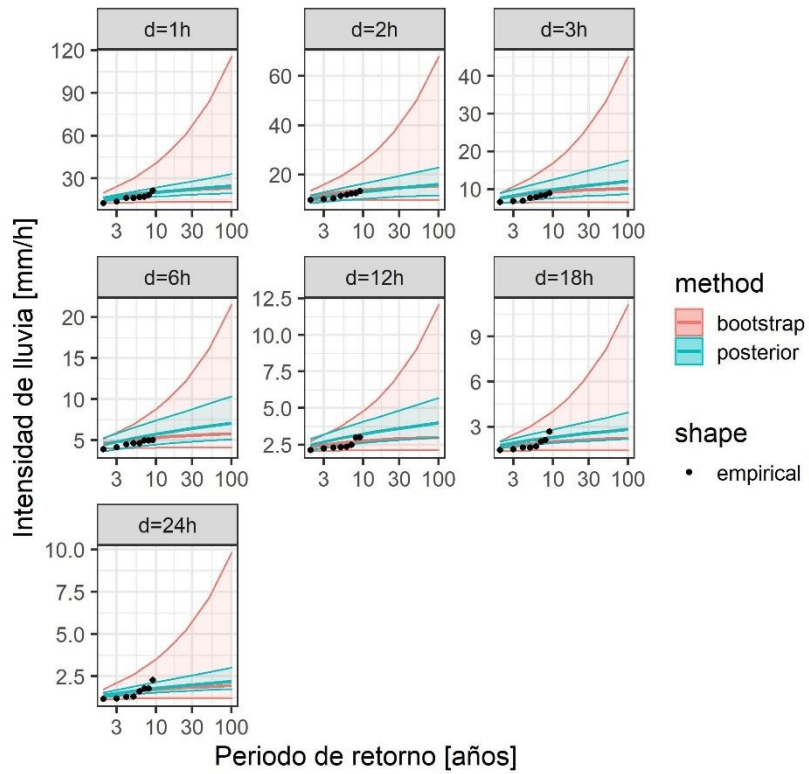
14 SAN PEDRO DE HUARCAPANA GORE (nchain=1):



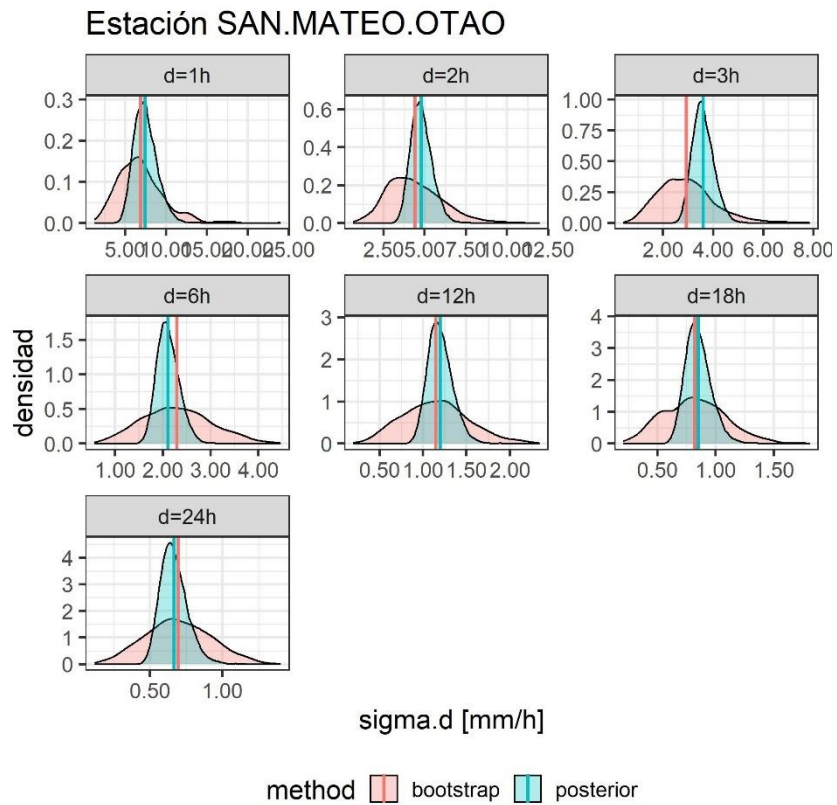
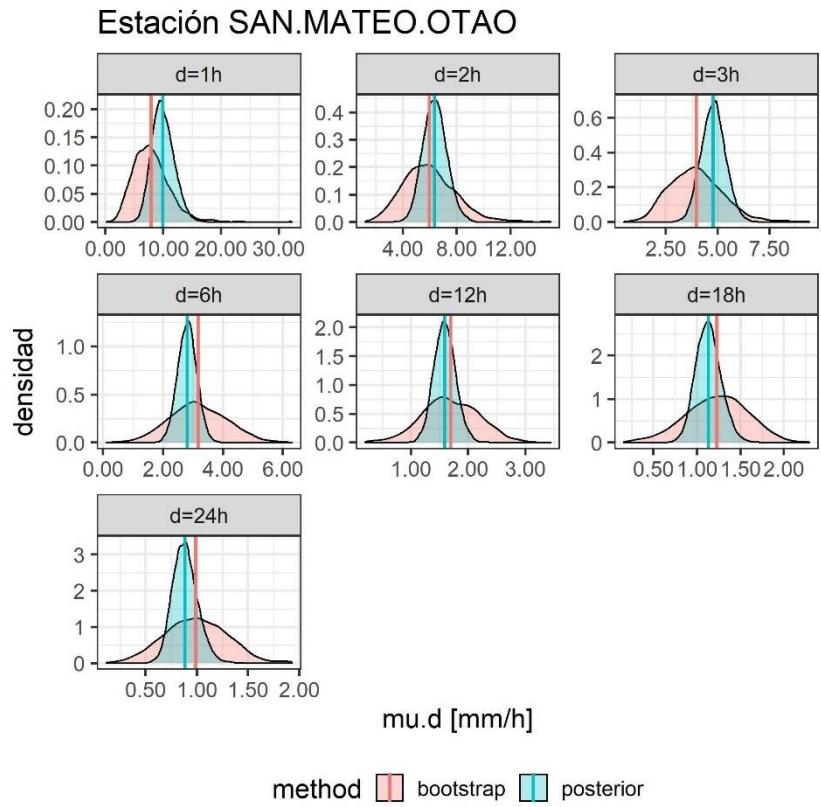
Estación S.P.HUARCAPANA



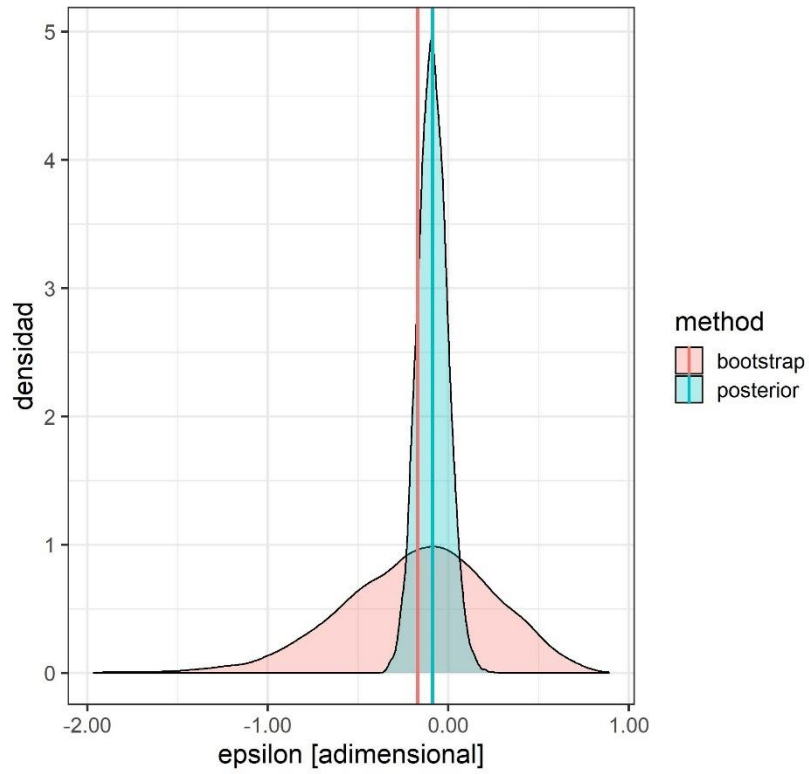
Estación S.P.HUARCAPANA



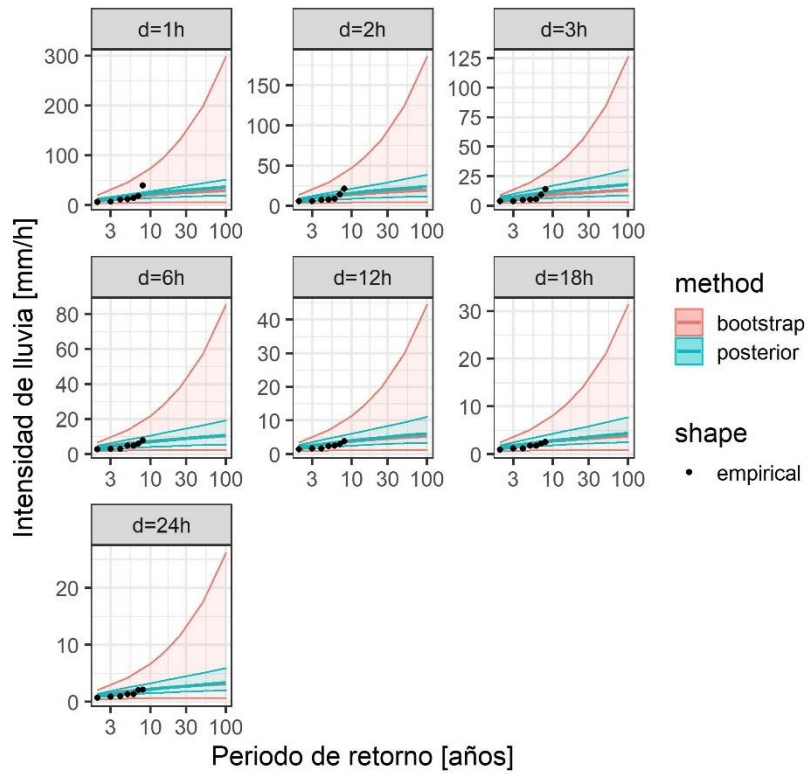
15 SAN MATEO DE OTAO (nchain=1):



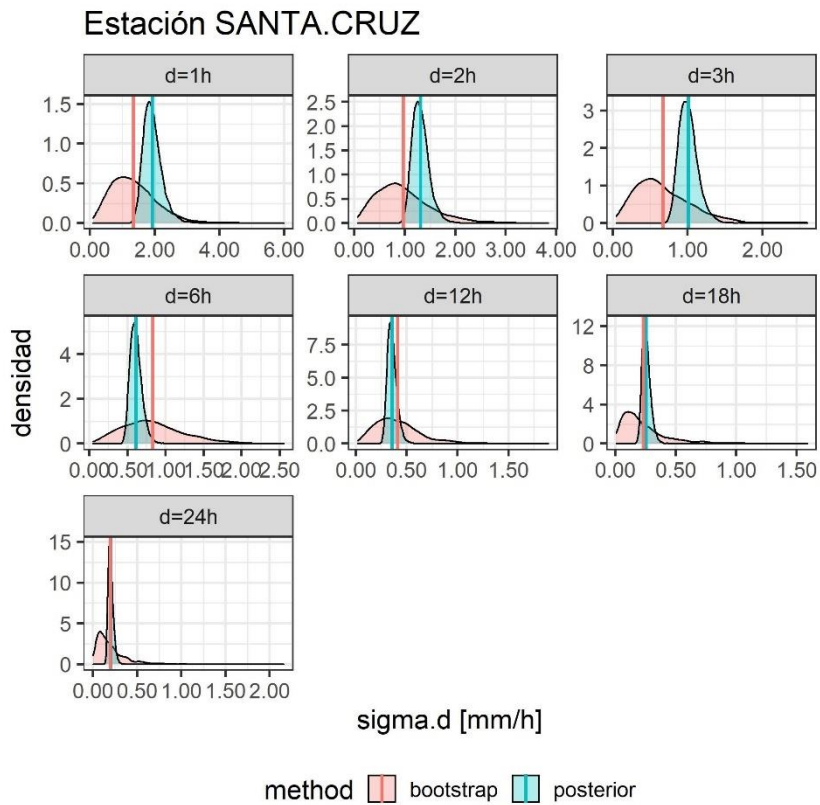
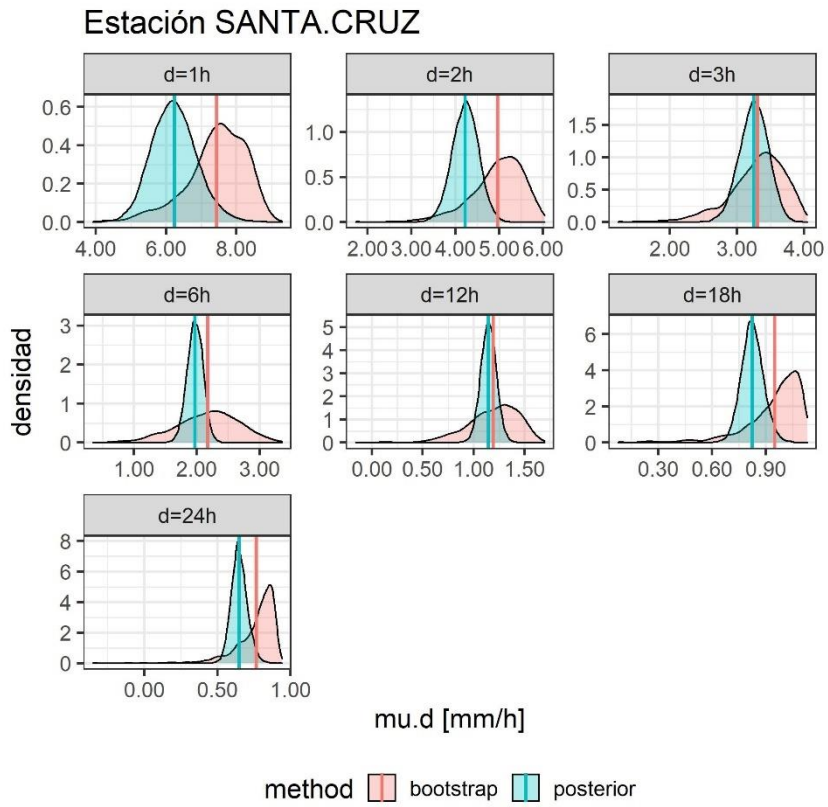
Estación SAN.MATEO.OTAO



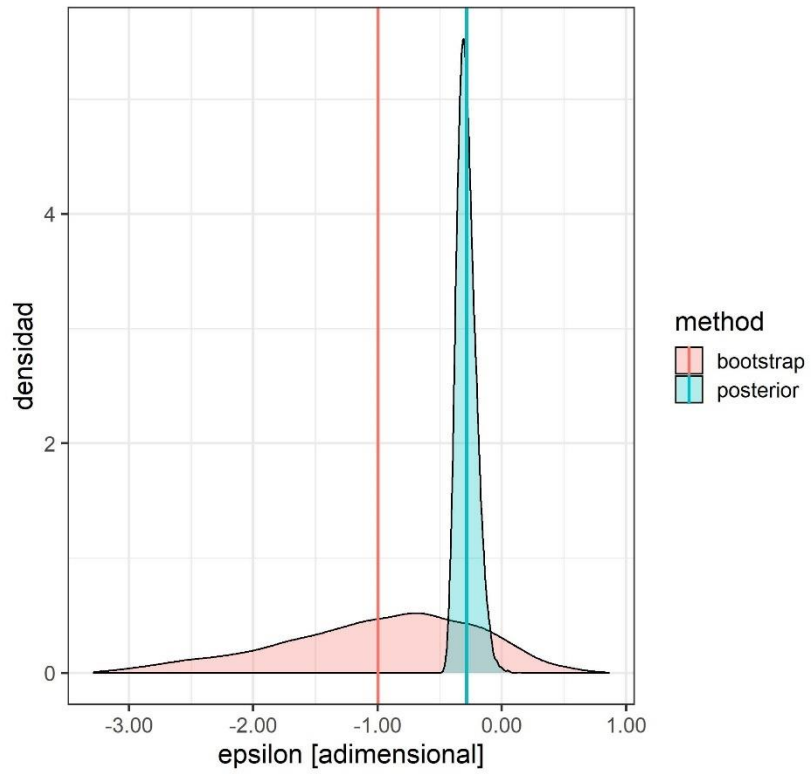
Estación SAN.MATEO.OTAO



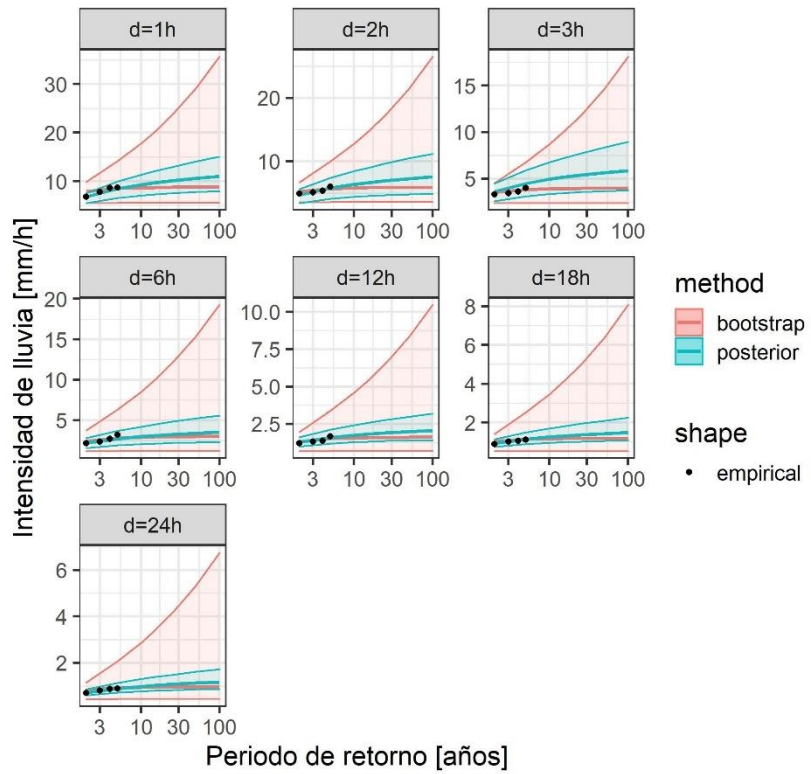
16 SANTA CRUZ (nchain=1):



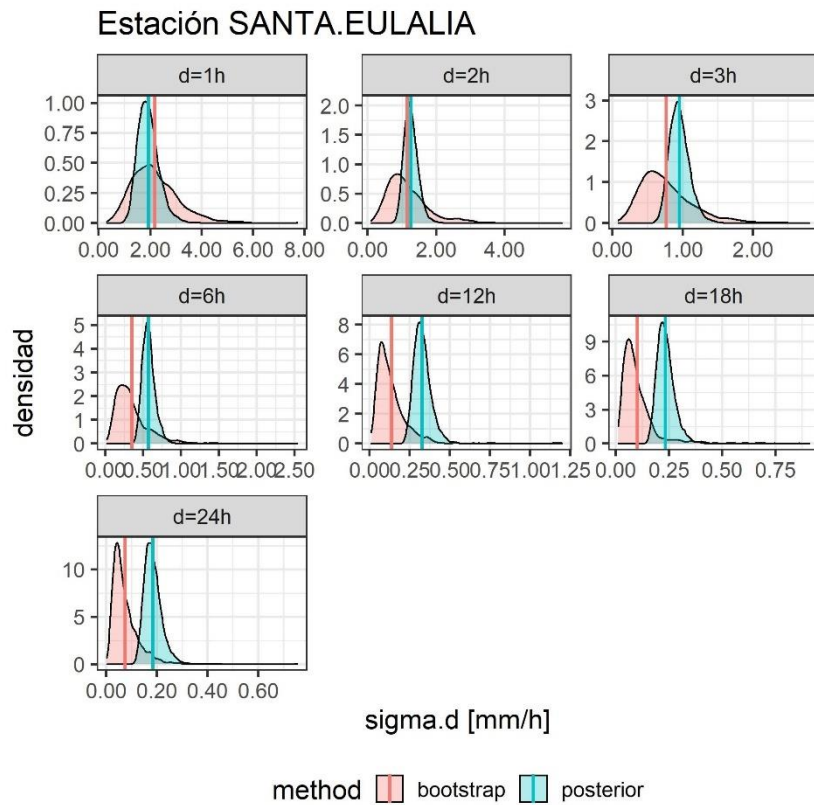
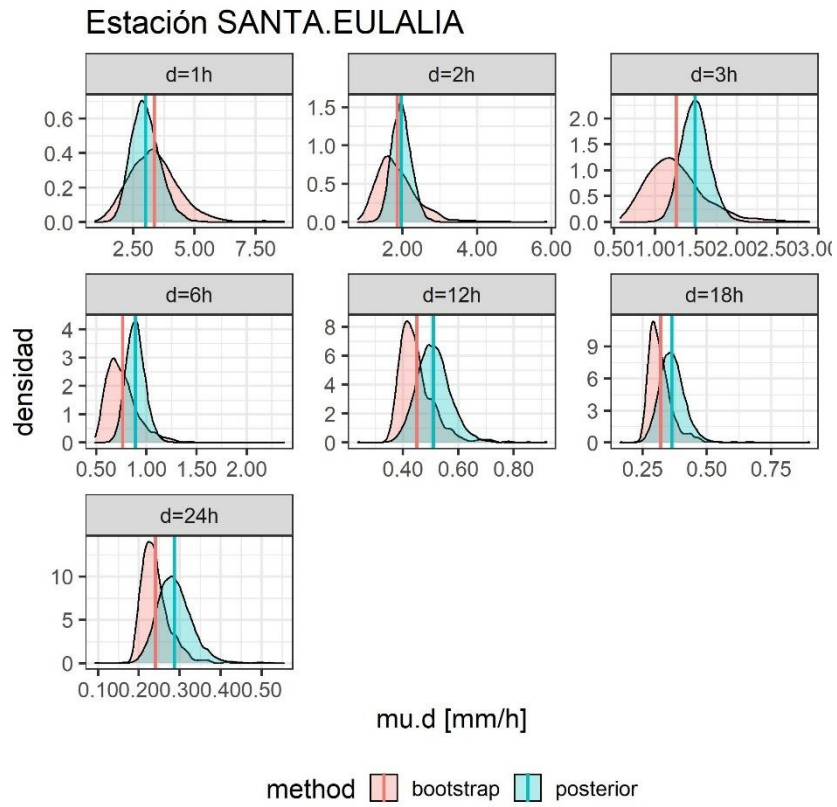
Estación SANTA.CRUZ



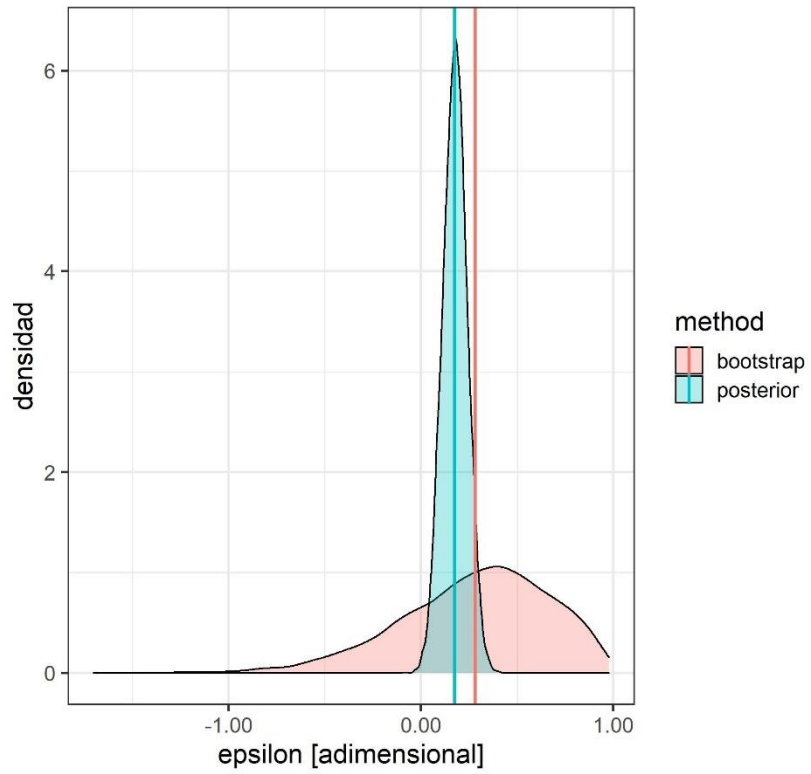
Estación SANTA.CRUZ



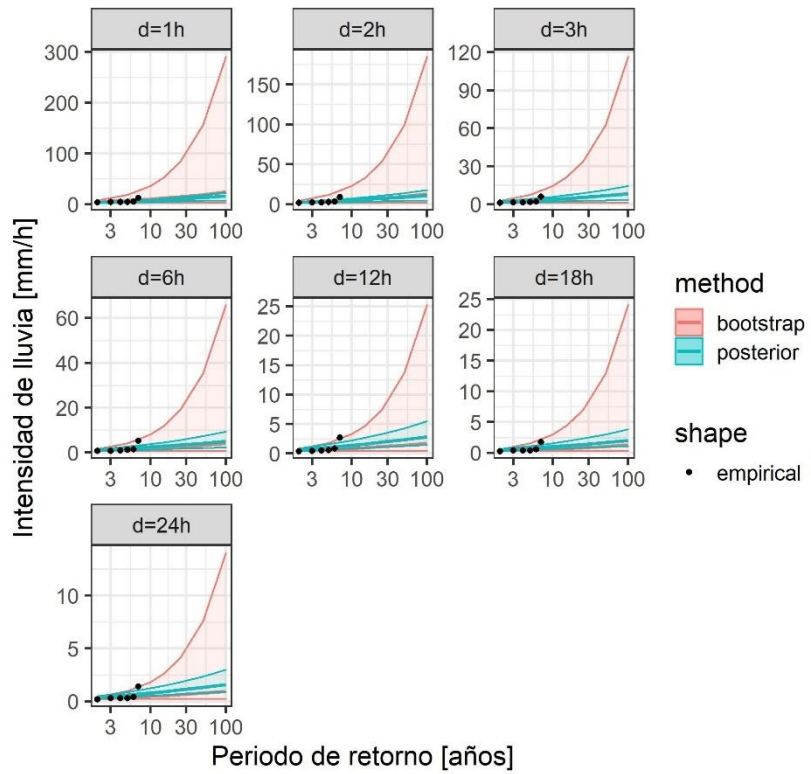
17 SANTA EULALIA (nchain=1):



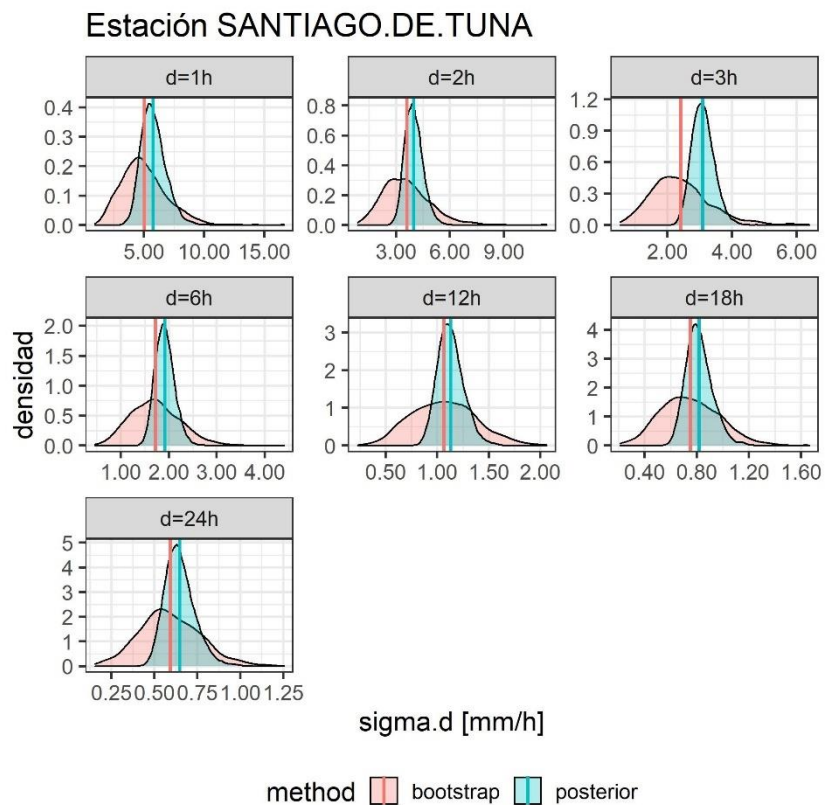
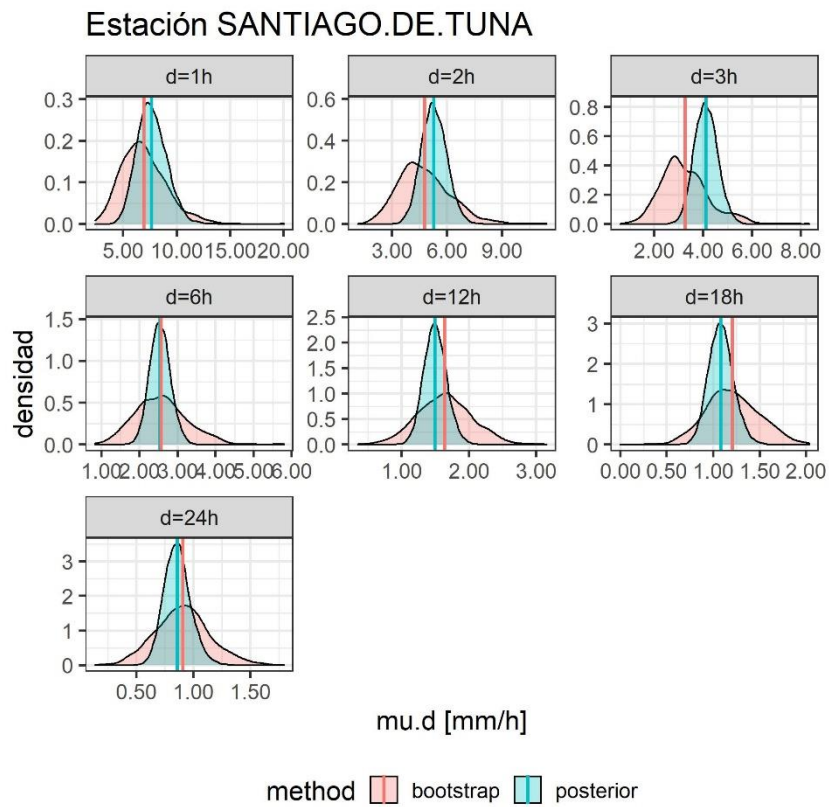
Estación SANTA.EULALIA



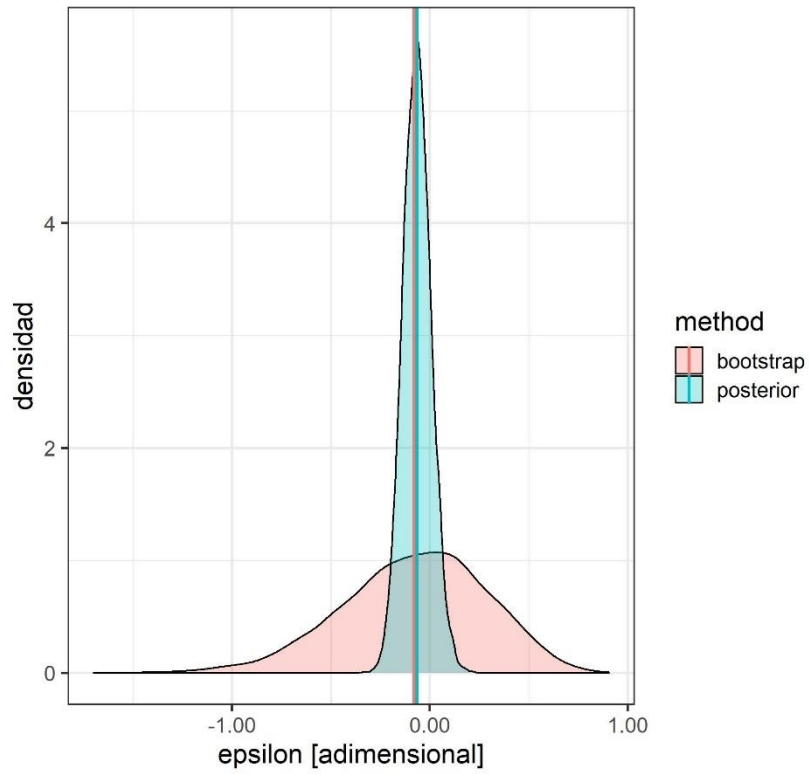
Estación SANTA.EULALIA



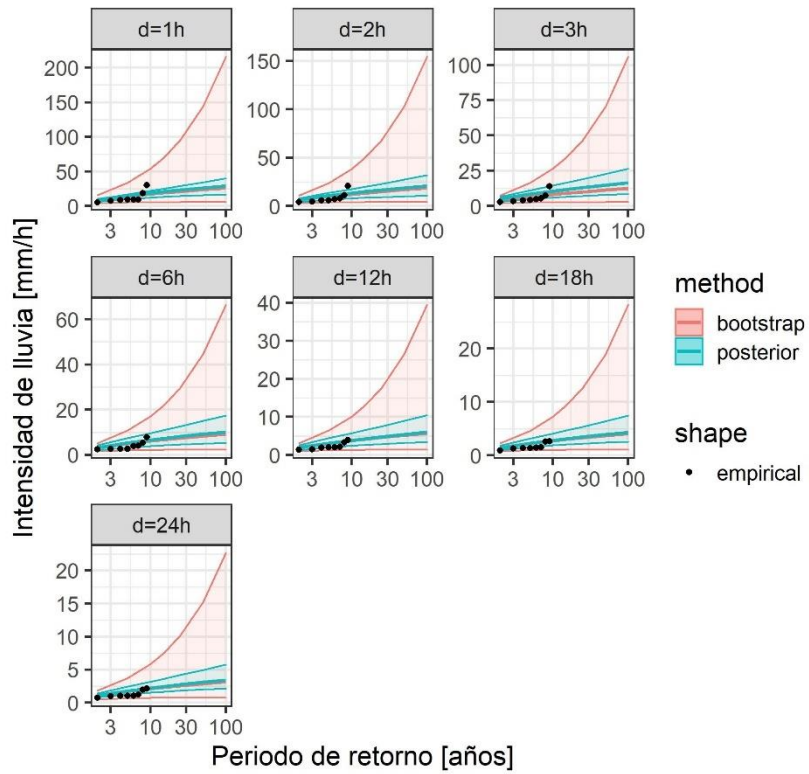
18 SANTIAGO DE TUNA (nchain=1):



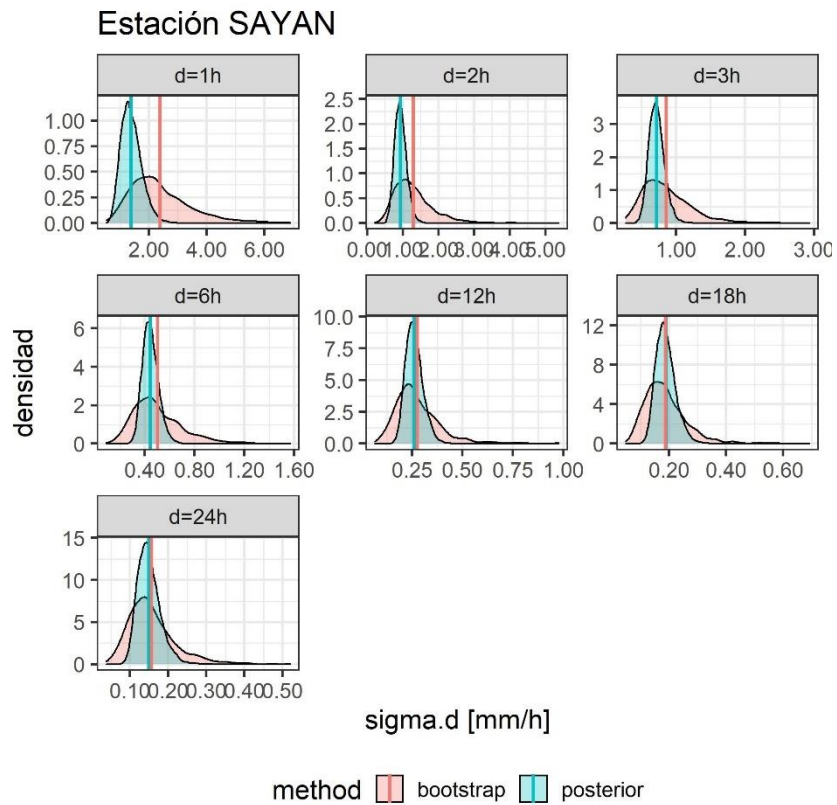
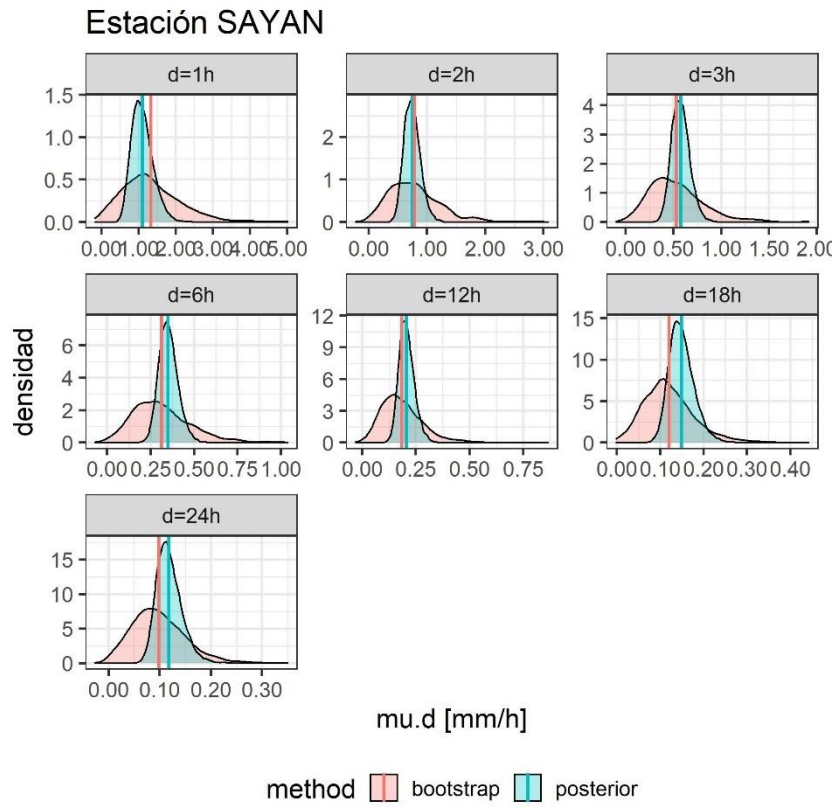
Estación SANTIAGO.DE.TUNA



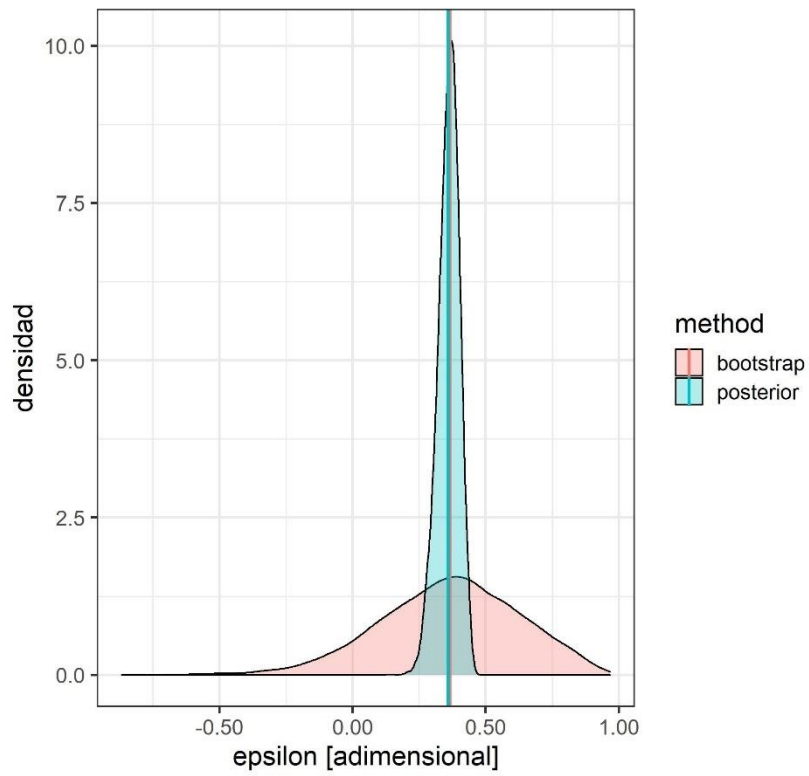
Estación SANTIAGO.DE.TUNA



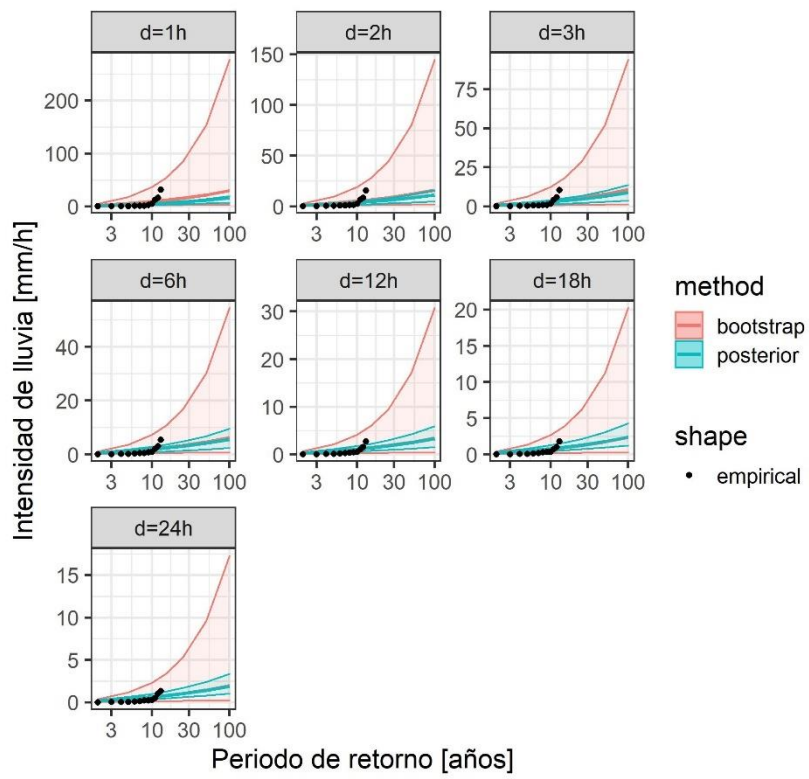
19 SAYAN (nchain=1):



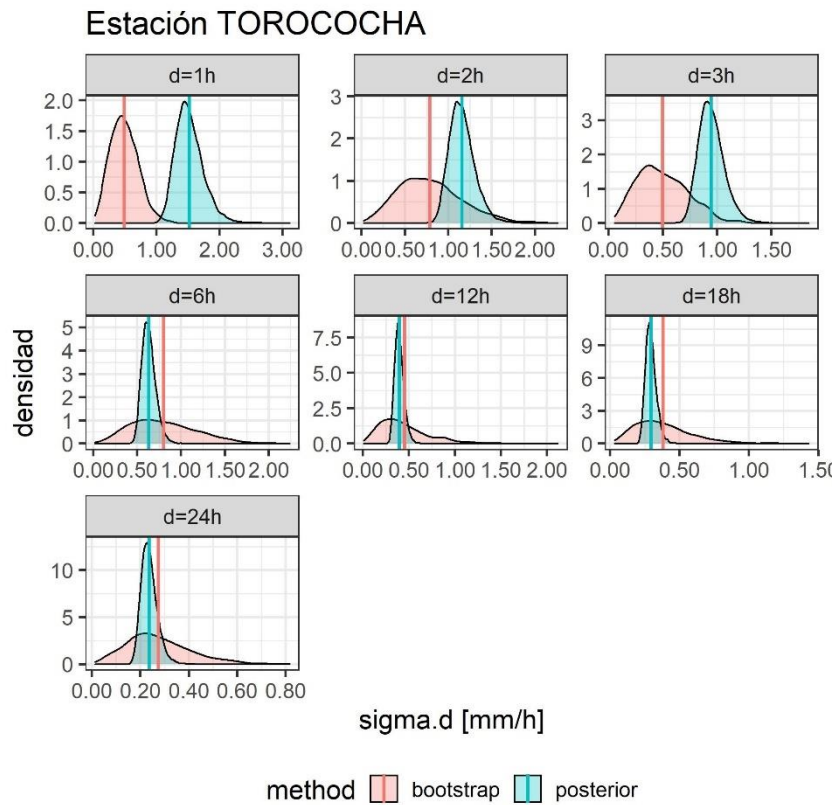
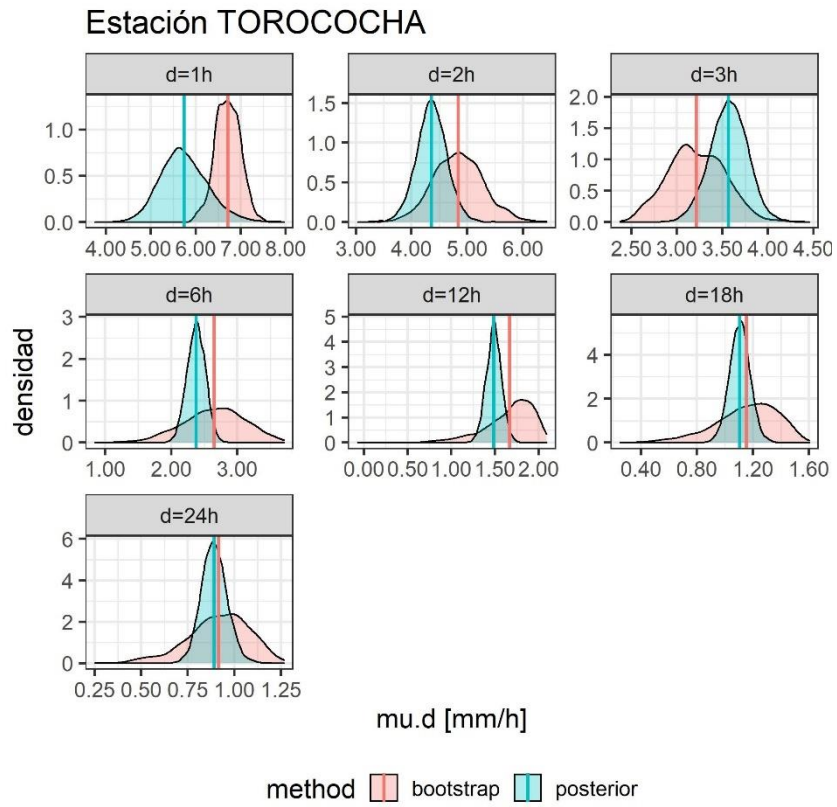
Estación SAYAN



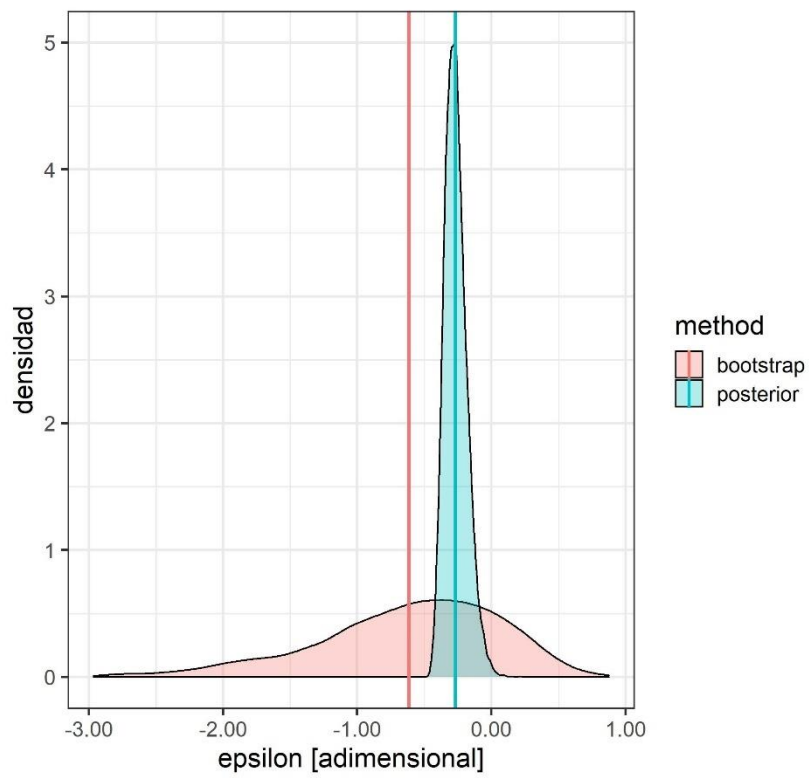
Estación SAYAN



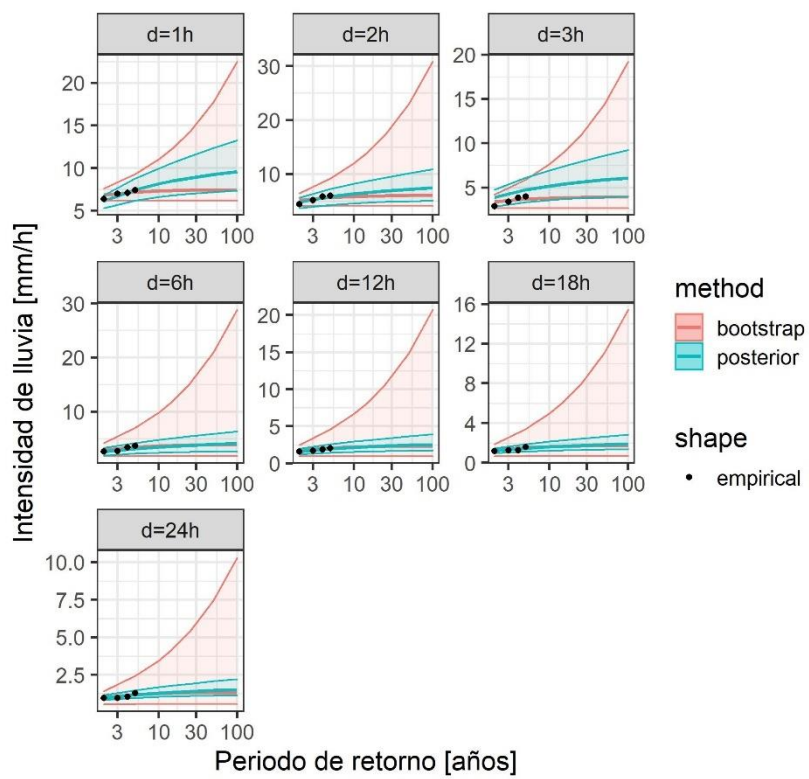
20 TOROCOCHA (nchain=1):



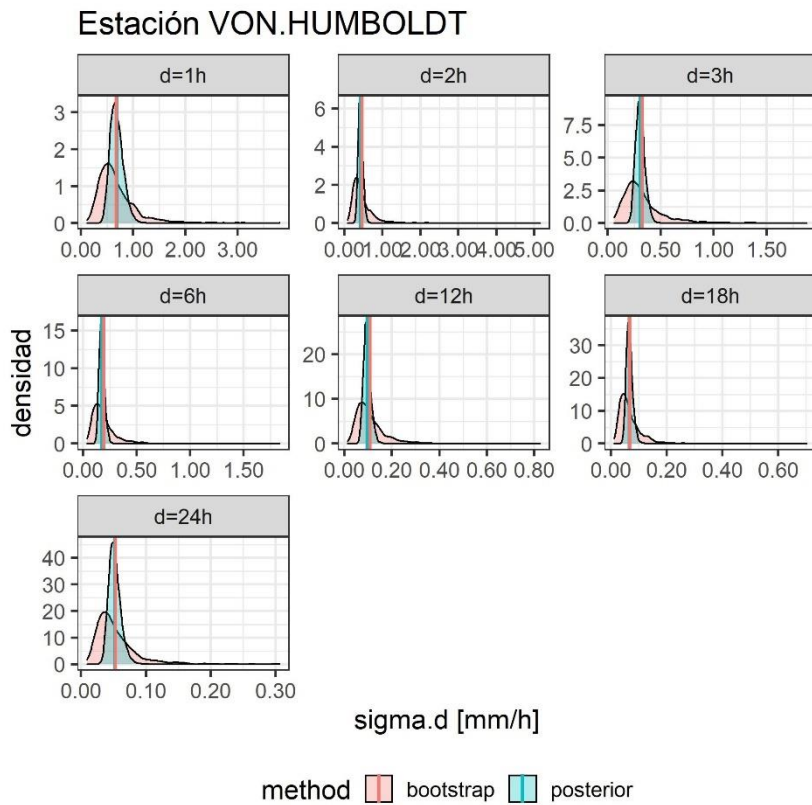
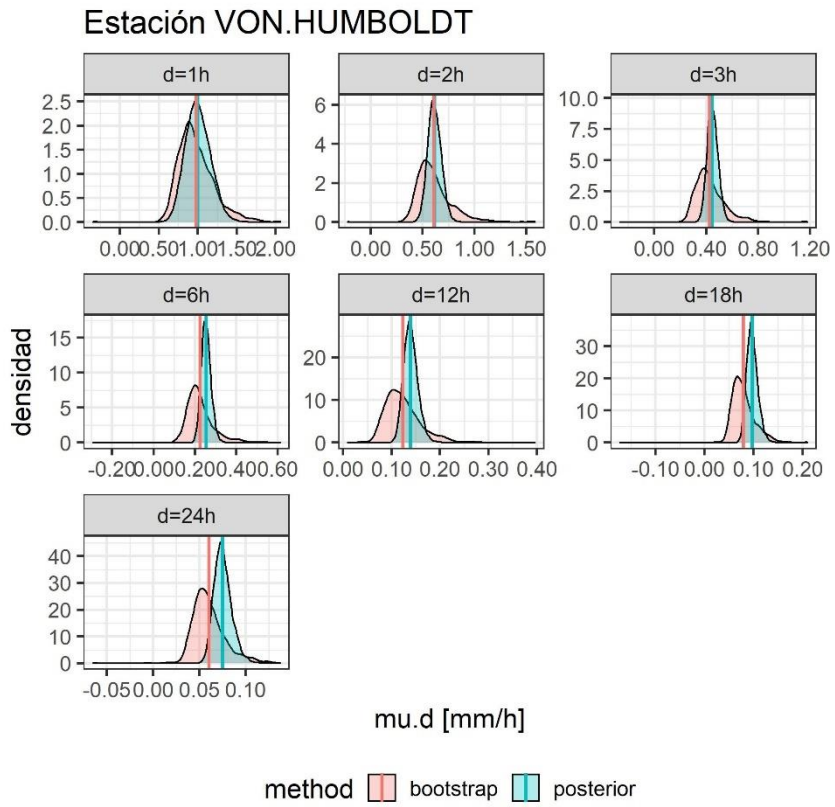
Estación TOROCOCHA



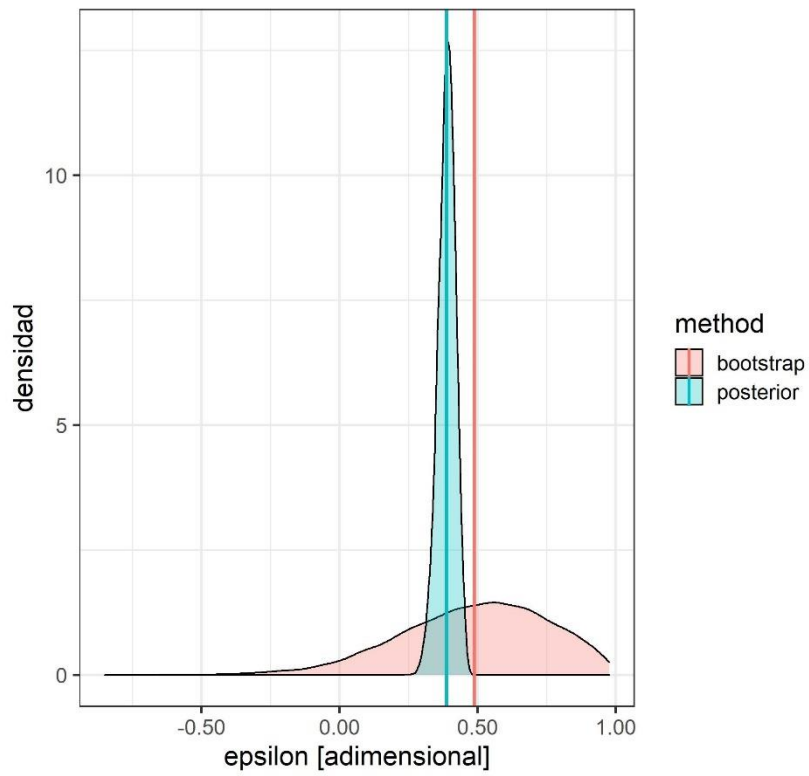
Estación TOROCOCHA



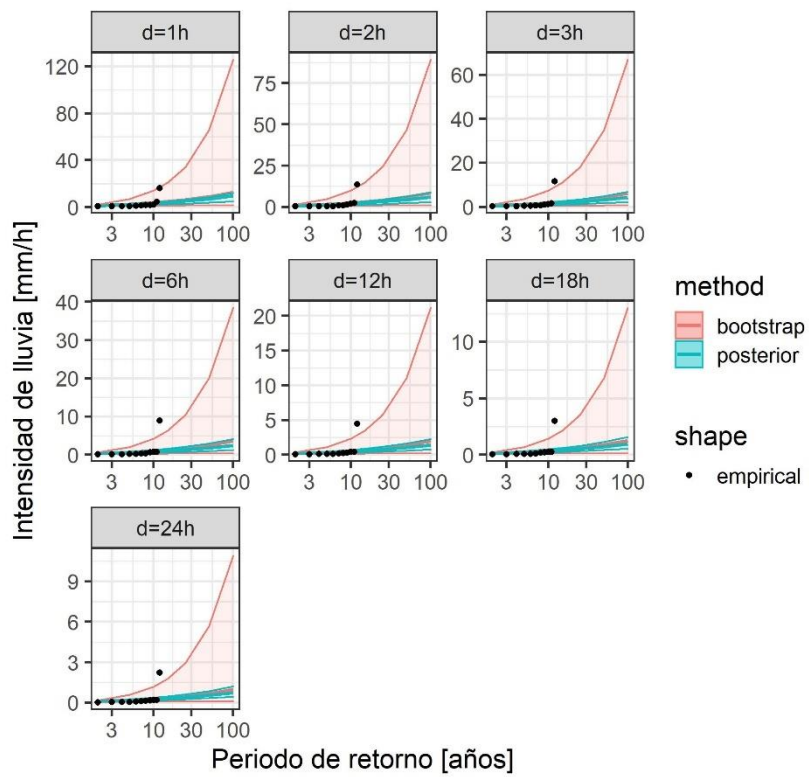
21 VON HUMBOLDT (nchain=1):



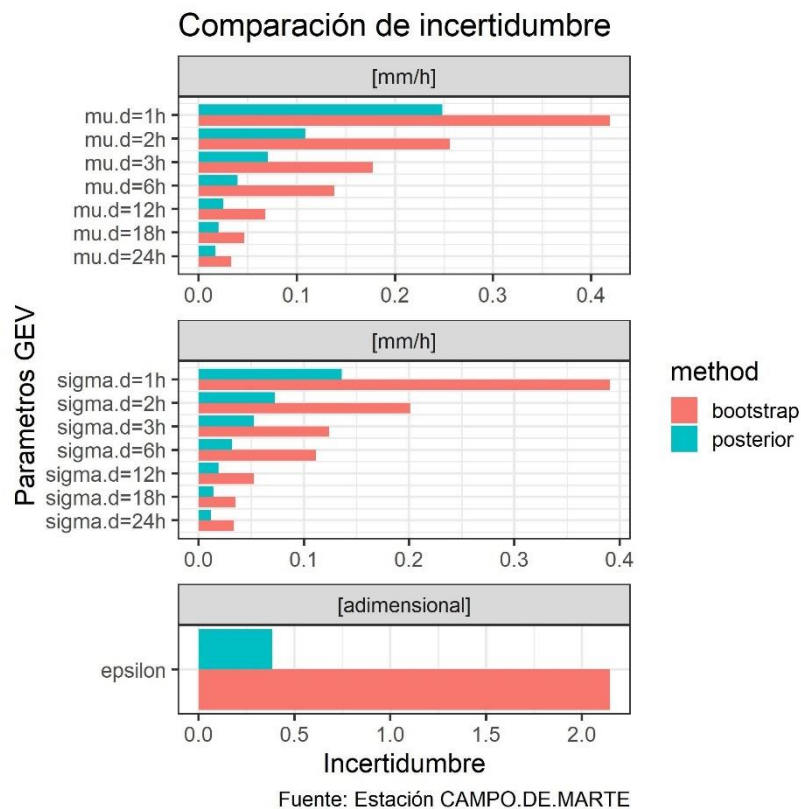
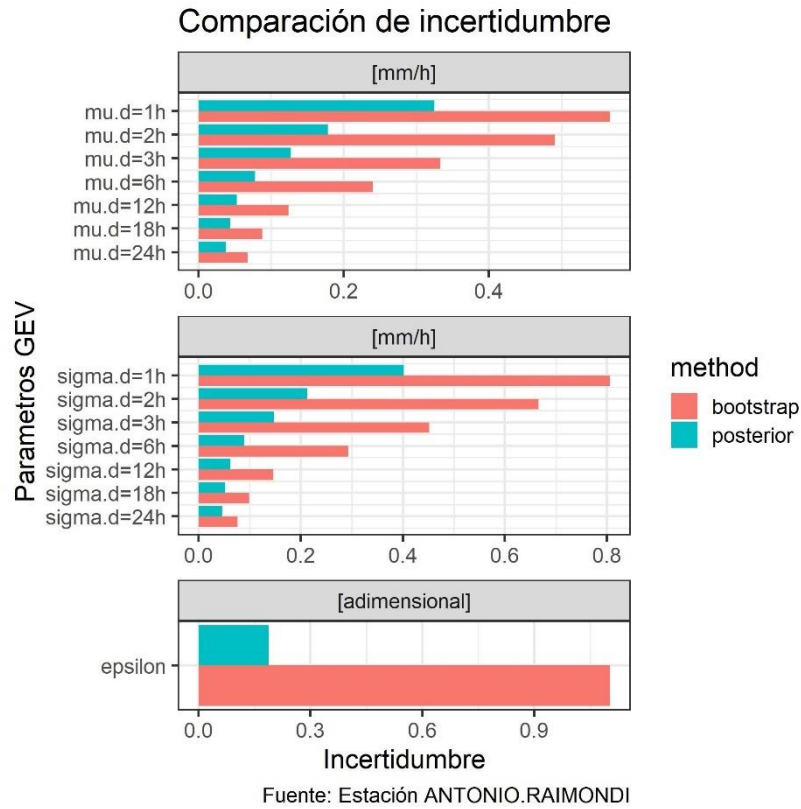
Estación VON.HUMBOLDT



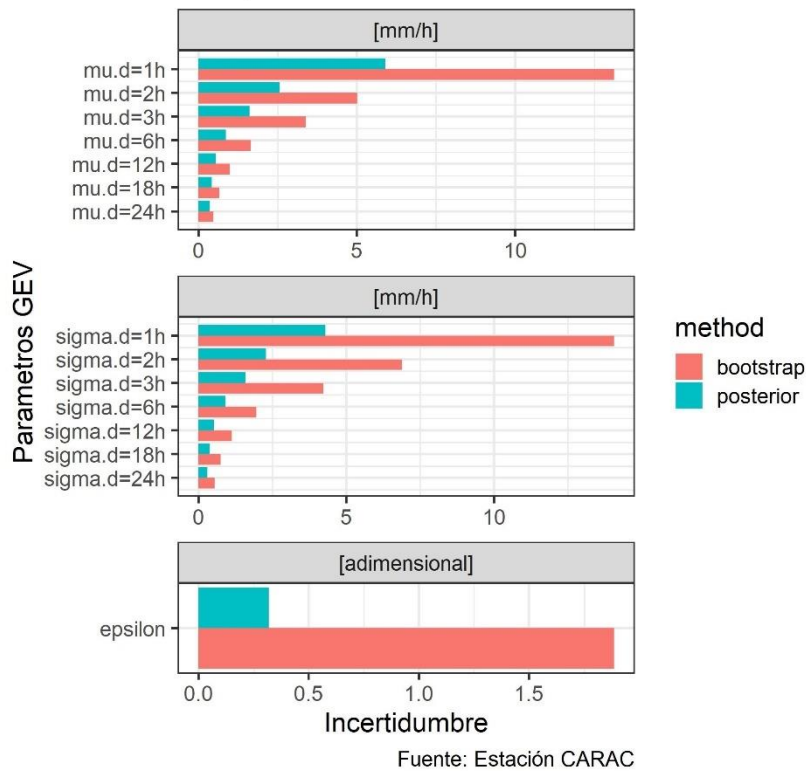
Estación VON.HUMBOLDT



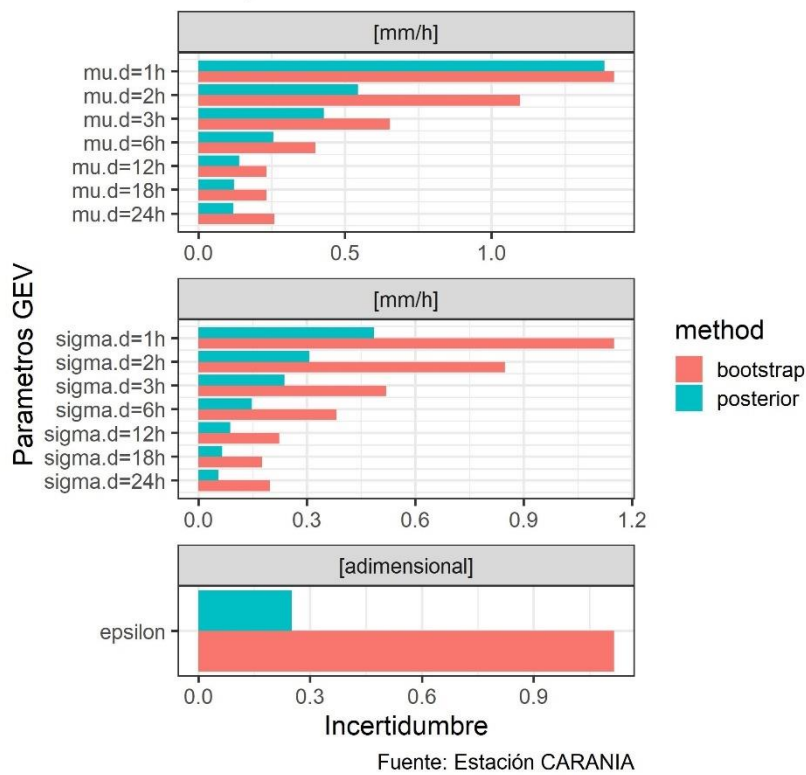
Anexo 4: Comparación de las longitudes del intervalo de confianza (incertidumbre) para los parámetros “ μ , σ y ε ” obtenidos por modelo bayesiano (“posterior distribution”) y por el método “bootstrap resampling”:



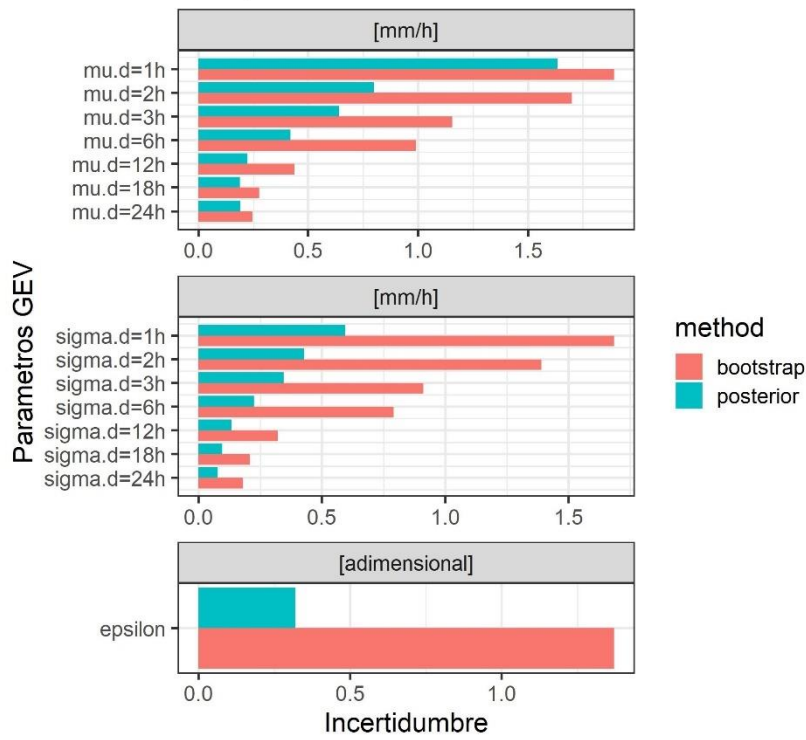
Comparación de incertidumbre



Comparación de incertidumbre

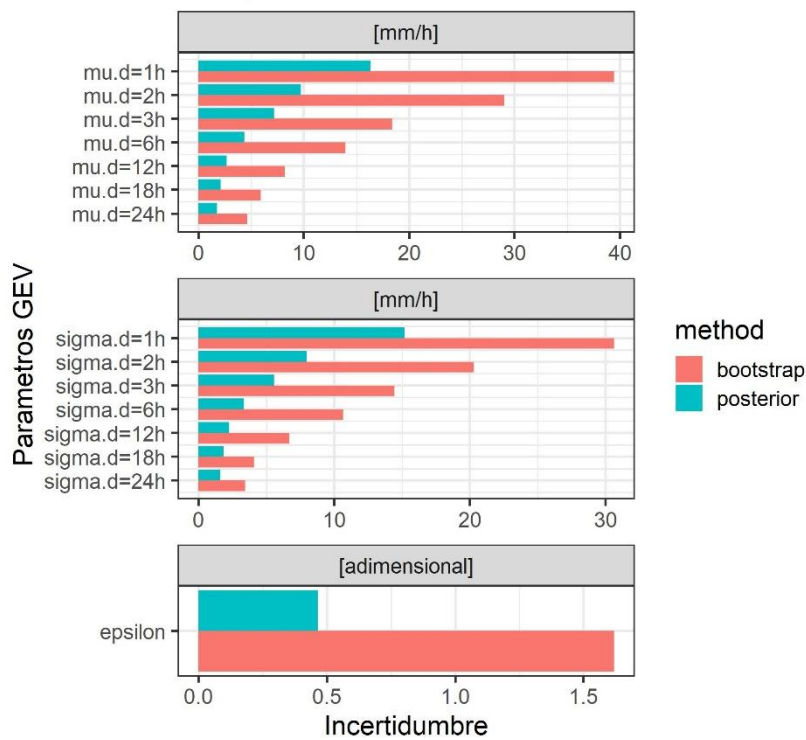


Comparación de incertidumbre



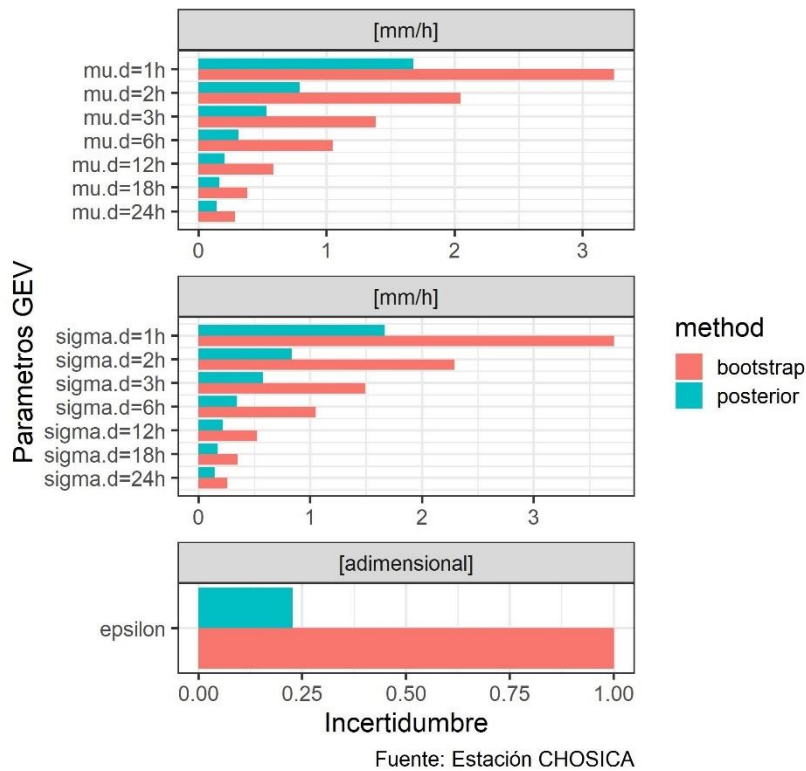
Fuente: Estación CASAPALCA

Comparación de incertidumbre

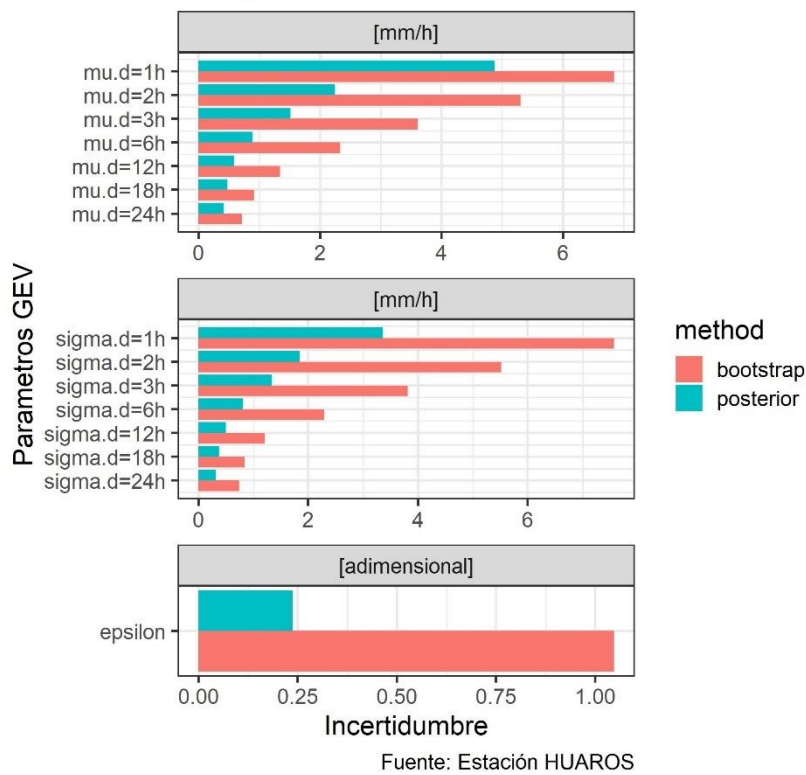


Fuente: Estación CHIQUIAN.UNASAM

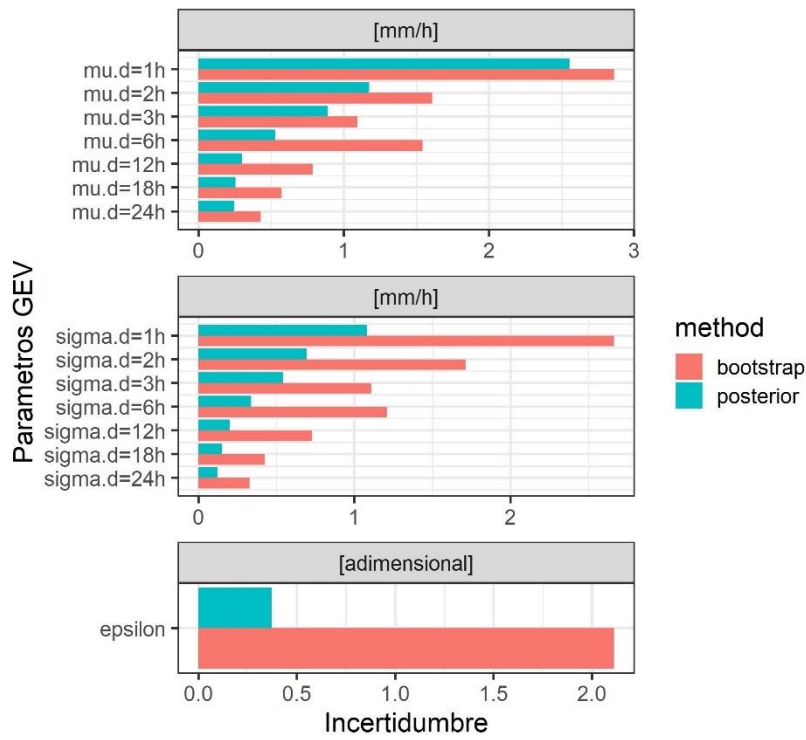
Comparación de incertidumbre



Comparación de incertidumbre

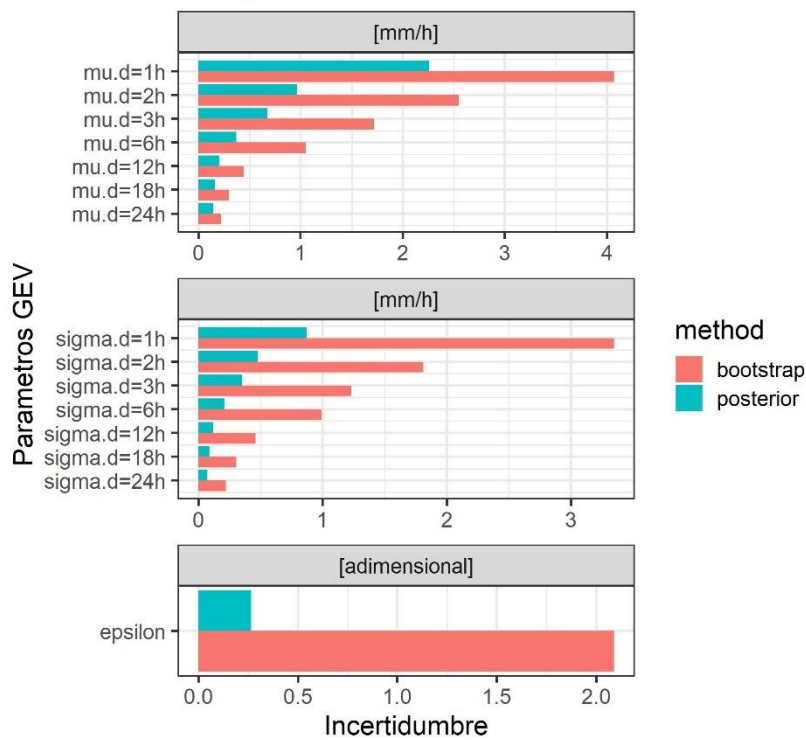


Comparación de incertidumbre



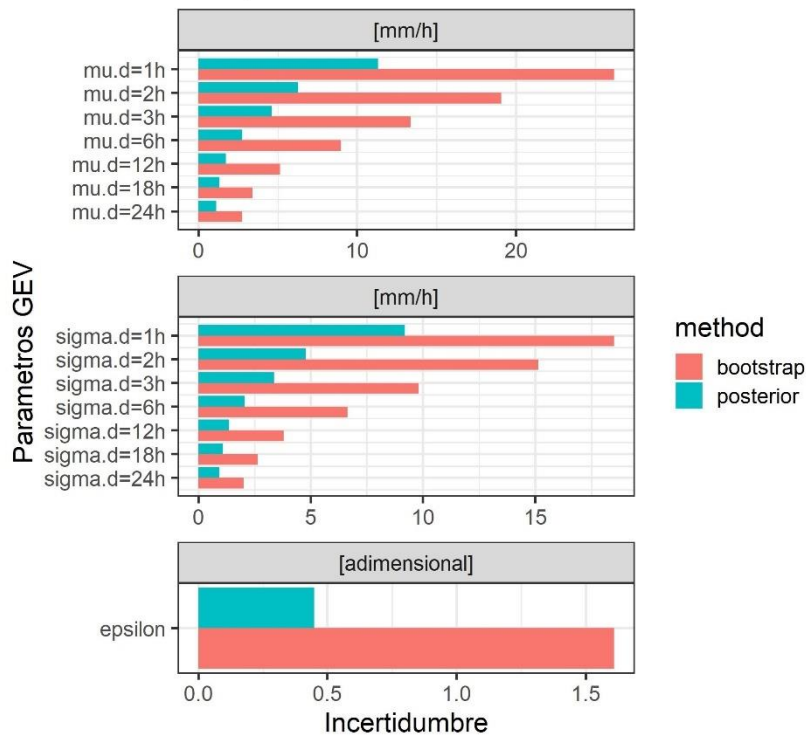
Fuente: Estación MARCAPOMACOCHA

Comparación de incertidumbre



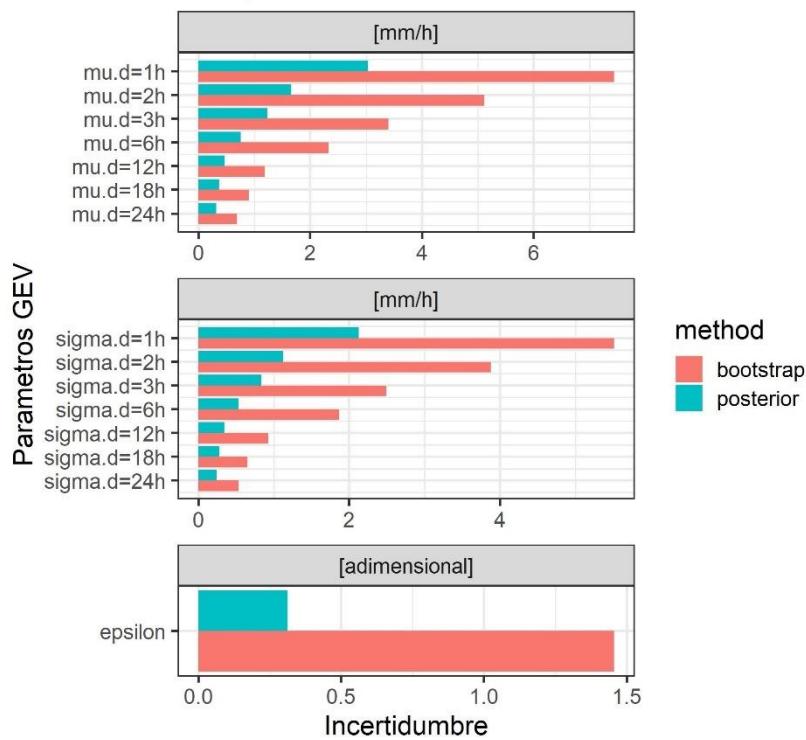
Fuente: Estación MATUCANA

Comparación de incertidumbre



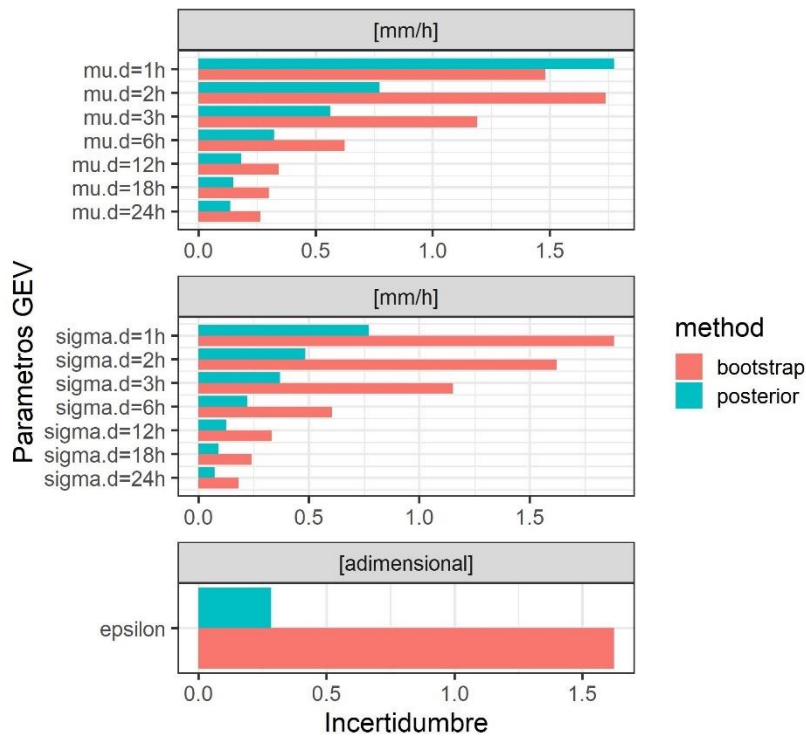
Fuente: Estación OCROS.UNASAM

Comparación de incertidumbre



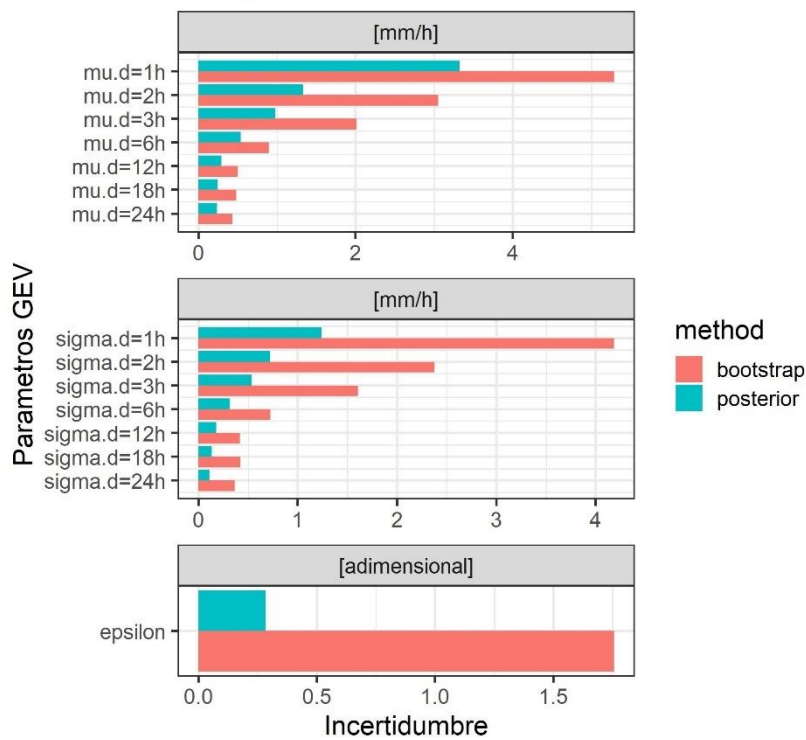
Fuente: Estación PALLAC

Comparación de incertidumbre



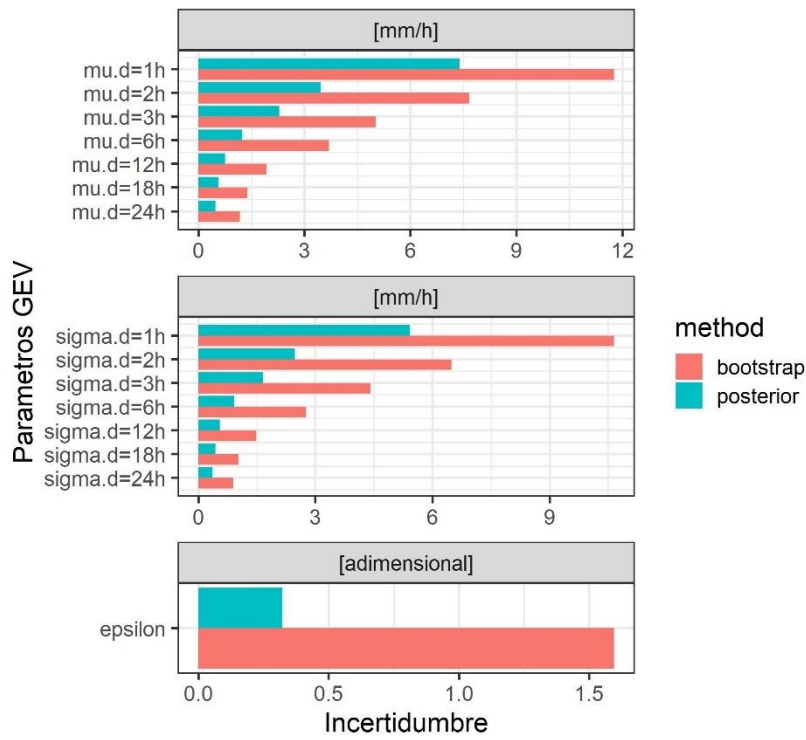
Fuente: Estación PIRCA

Comparación de incertidumbre



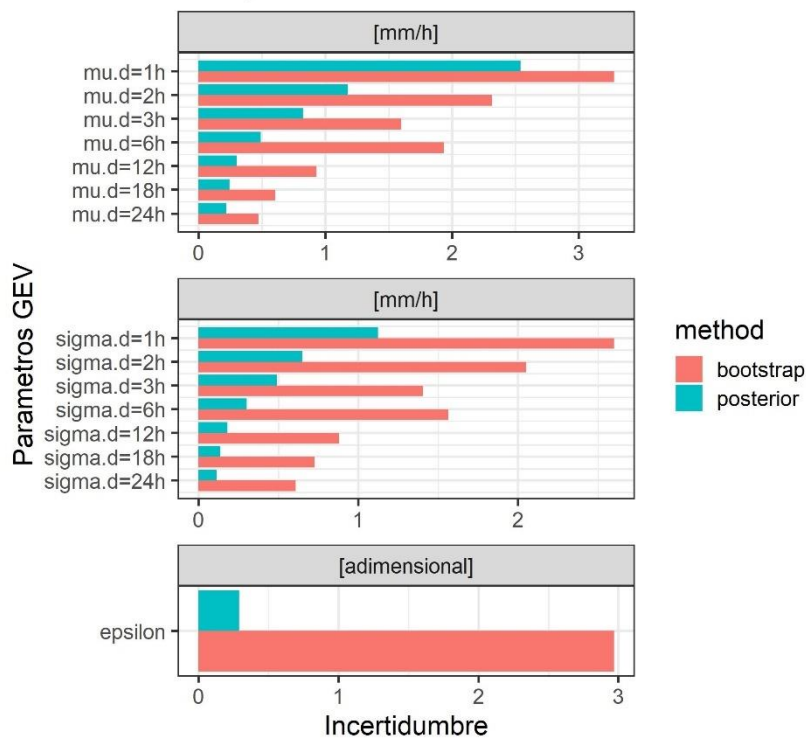
Fuente: Estación S.P.HUARCAPANA

Comparación de incertidumbre



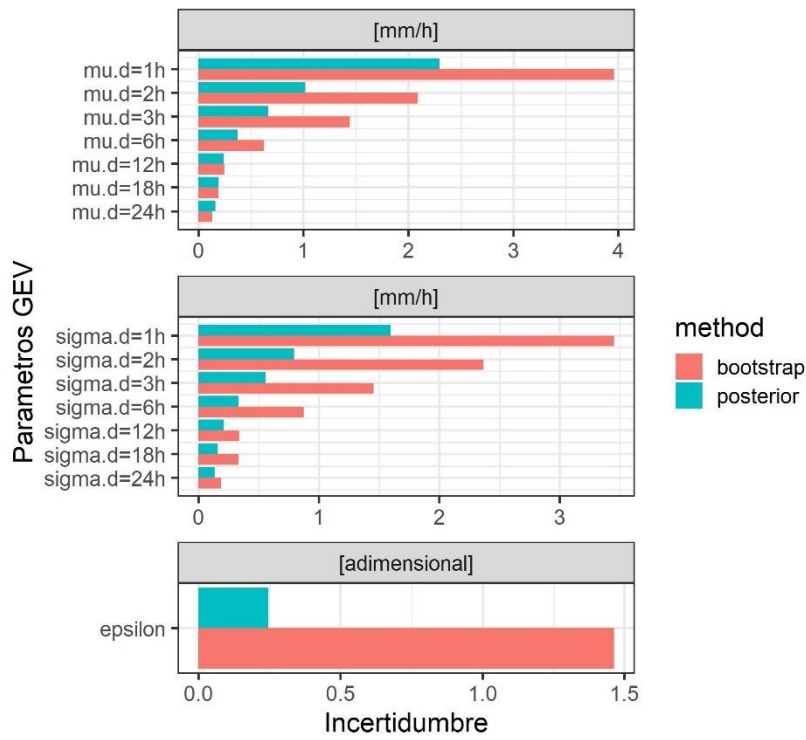
Fuente: Estación SAN.MATEO.OTAO

Comparación de incertidumbre



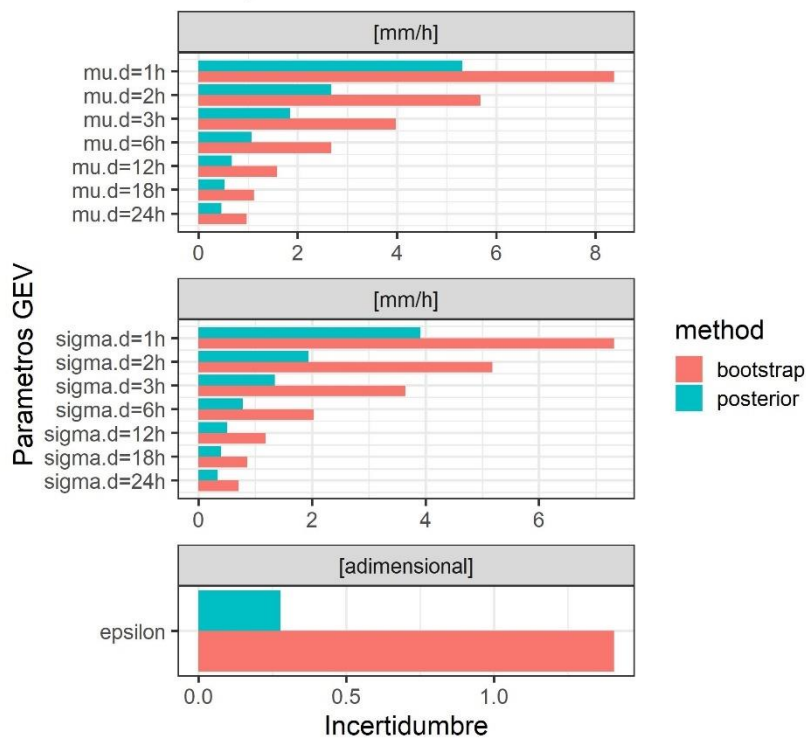
Fuente: Estación SANTA.CRUZ

Comparación de incertidumbre



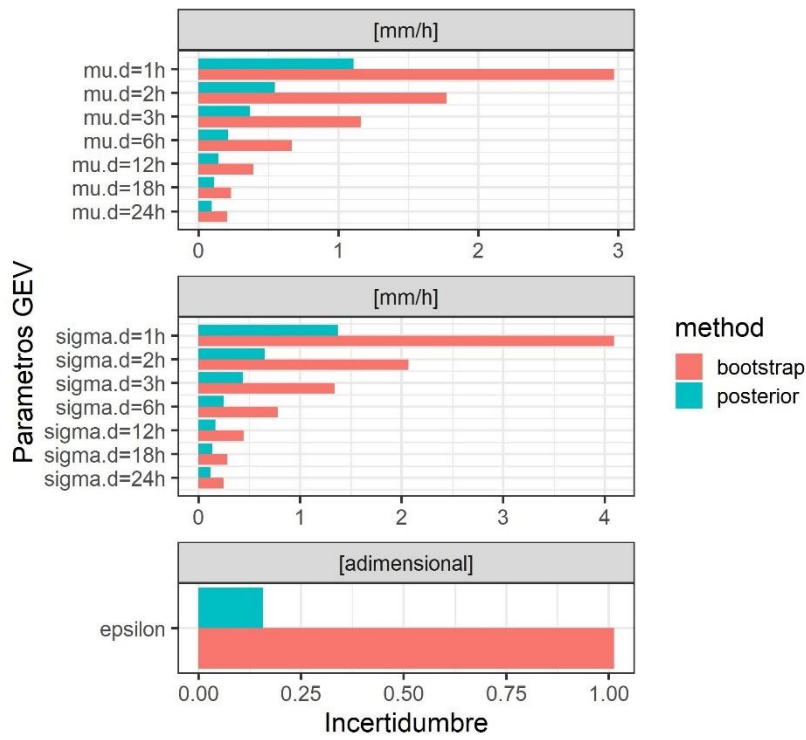
Fuente: Estación SANTA.EULALIA

Comparación de incertidumbre



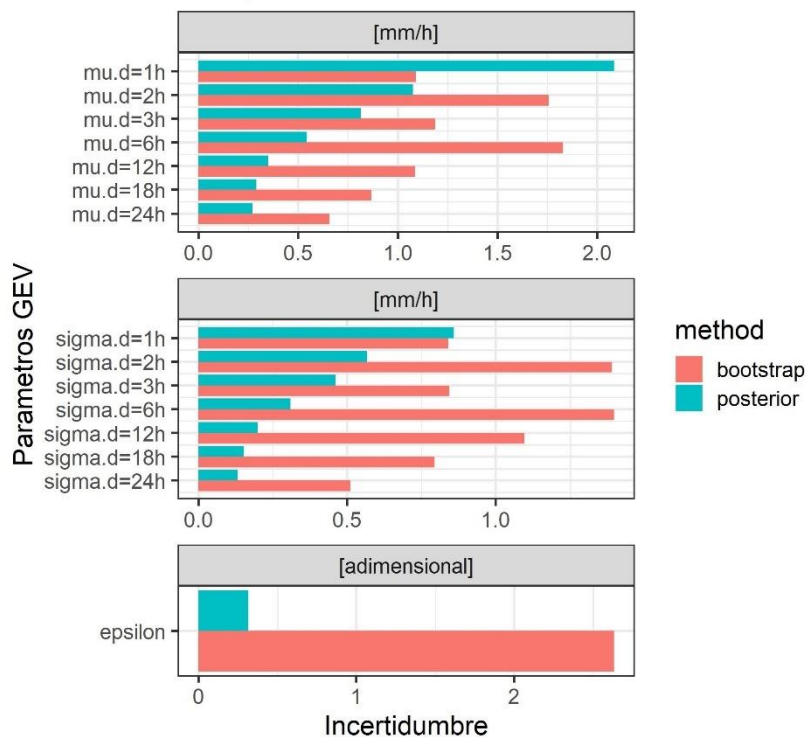
Fuente: Estación SANTIAGO.DE.TUNA

Comparación de incertidumbre

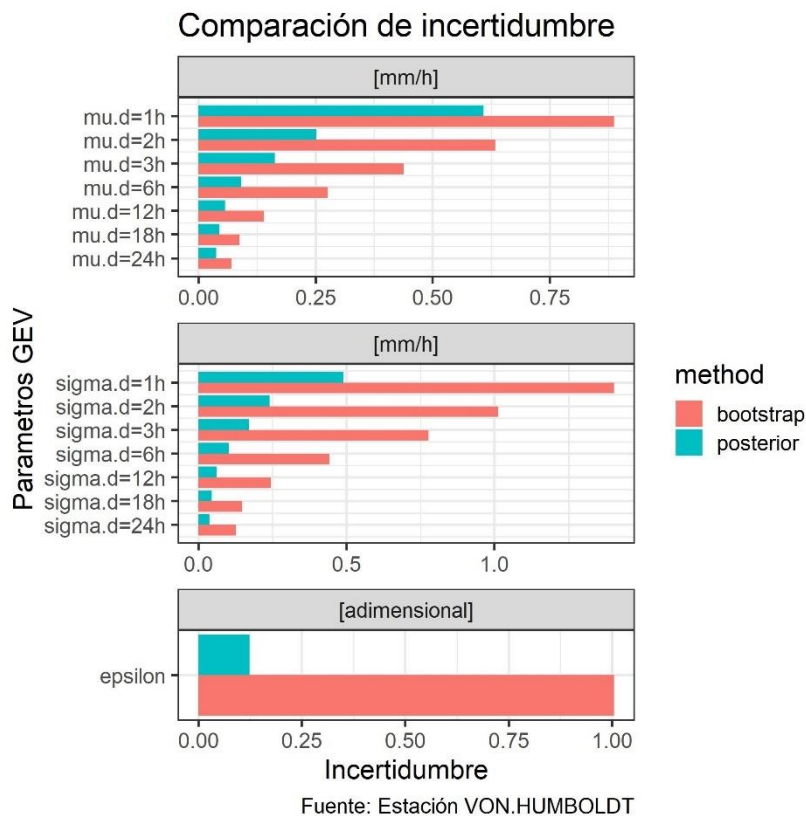


Fuente: Estación SAYAN

Comparación de incertidumbre



Fuente: Estación TOROCOCHA



Anexo 5: Datos históricos de máxima precipitación subdiaria de las estaciones climáticas automáticas:

1 ANTONIO RAIMONDI:

hyear	d=1h	d=2h	d=3h	d=6h	d=12h	d=18h	d=24h
2011-2012	0.4	0.7	0.7	1.1	1.4	1.4	1.4
2012-2013	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
2013-2014	1.2	1.6	1.6	2	2	2	2
2014-2015	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2015-2016	0	0	0	0	0	0	0
2016-2017	0.5	0.9	0.9	1.7	2.1	2.2	2.2
2017-2018	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2018-2019	1.2	1.7	1.7	2.3	2.5	2.5	2.6
2019-2020	0.3	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7
2020-2021	1.7	3.4	3.4	4.2	4.2	4.2	4.2
2021-2022	9.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2

2 CAMPO DE MARTE:

hyear	d=1h	d=2h	d=3h	d=6h	d=12h	d=18h	d=24h
2014-2015	0.3	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8
2015-2016	0.7	0.8	0.8	1.6	1.6	1.6	2.1
2016-2017	0.5	0.7	0.7	1	1	1	1
2017-2018	1	1	1	1.1	1.1	1.1	1.1
2018-2019	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5

3 CARAC:

hyear	d=1h	d=2h	d=3h	d=6h	d=12h	d=18h	d=24h
2014-2015	4.6	8.3	8.3	10.3	11.1	11.2	11.9
2015-2016	9.6	12.7	12.7	18.6	19.1	19.3	20.5
2016-2017	16	16	16	16.5	17.4	17.5	18.1
2017-2018	5.6	8.1	8.1	10.3	10.5	10.5	14
2018-2019	39.7	40.7	40.7	41.4	41.5	41.6	41.8

4 CARANIA:

hyear	d=1h	d=2h	d=3h	d=6h	d=12h	d=18h	d=24h
2008-2009	9.3	11	11	14.5	15.6	15.8	21.1
2009-2010	7.4	8.7	8.7	13.5	20.7	20.8	25.4
2010-2011	7.3	10	10	18.3	18.7	24.9	28.4
2011-2012	10.1	13.1	13.1	14.9	17.2	18.1	24.9
2012-2013	11.1	12.7	12.7	17	17.1	17.1	17.1
2013-2014	10	11.5	11.5	13.5	16.3	16.3	16.5
2014-2015	7.4	11	11	16.1	16.2	16.8	17.8
2015-2016	7.8	14.3	14.3	15.6	17.1	17.3	18.8
2016-2017	7	10.4	10.4	16.3	21.4	21.8	23.8
2017-2018	9	10.9	10.9	13.5	16.7	23.4	32.2
2018-2019	7.7	13.3	13.3	17.6	18.8	18.9	22.4
2019-2020	10	16.2	16.2	29.3	29.5	29.8	30.8
2020-2021	9.4	11.2	11.2	17	24.2	24.5	31.4
2021-2022	8.6	13.1	13.1	19	23.8	24.2	24.2

5 CASAPALCA:

hyear	d=1h	d=2h	d=3h	d=6h	d=12h	d=18h	d=24h
2013-2014	8.4	15.5	15.5	26.3	29.2	31.4	35.5
2014-2015	7.1	13.7	13.7	19.4	23.3	24.3	24.3
2015-2016	8.5	13.5	13.5	21.5	29.1	31.9	32.8
2016-2017	6.8	10.6	10.6	16.7	22.1	27.5	28.6
2017-2018	11.1	16.9	16.9	22.9	24.5	26.5	27.8
2018-2019	11.8	19.4	19.4	27.5	30.1	30.1	30.4
2019-2020	7.3	14.6	14.6	24.7	27	27.4	28.1
2020-2021	9.6	14.1	14.1	17	24.4	31.4	37.9
2021-2022	7.2	12.4	12.4	20.5	21.1	24.2	31.7

6 CHIQUIAN UNASAM:

hyear	d=1h	d=2h	d=3h	d=6h	d=12h	d=18h	d=24h
2012-2013	47	57	57	87	105	105	106
2013-2014	62	75	75	87	103	104	120
2014-2015	36	52	52	100	117	117	132
2015-2016	38	65	65	125	131	131	134
2016-2017	3.1	5.5	5.5	8.4	8.5	8.5	9.9
2017-2018	2.7	4.1	4.1	7.1	8.3	9	10.7
2018-2019	5.7	6.2	6.2	8.3	8.3	8.3	11.8

7 CHOSICA:

hyear	d=1h	d=2h	d=3h	d=6h	d=12h	d=18h	d=24h
2009-2010	0.6	0.9	0.9	1.2	1.2	1.3	1.3
2010-2011	1.3	2.6	2.6	3.6	4	4.3	4.4
2011-2012	13.9	25.3	25.3	28.5	28.5	28.6	28.6
2012-2013	1	1.3	1.3	1.5	1.9	2	2
2013-2014	6.5	7.2	7.2	15	16.5	16.5	16.5
2014-2015	5.7	9.1	9.1	13.1	13.4	13.9	13.9
2015-2016	2.4	3	3	3.3	3.7	4.2	4.2
2016-2017	8.7	9.5	9.5	16	16.2	16.2	16.5
2017-2018	19.8	19.8	19.8	19.8	19.8	20.9	21
2018-2019	2.2	3.1	3.1	5.2	5.2	5.3	5.3
2019-2020	1	1	1	1.3	1.3	1.4	1.7
2020-2021	1.4	2.3	2.3	3.4	3.5	4.1	4.1
2021-2022	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2

8 HUAROS:

hyear	d=1h	d=2h	d=3h	d=6h	d=12h	d=18h	d=24h
2009-2010	60.3	74.7	74.7	75.6	75.6	75.6	97.2
2010-2011	17.4	32.4	32.4	36.9	36.9	37.8	42.9
2011-2012	26.7	36.9	36.9	49.5	51.6	57.9	66.9
2012-2013	19.8	39	39	56.7	65.4	66.3	66.6
2013-2014	11.4	19.8	19.8	28.8	34.5	39.6	42
2014-2015	9.4	14.9	14.9	22	22	22.1	22.8
2015-2016	17.9	22.7	22.7	28.9	29	29	29.1
2016-2017	7.1	9.3	9.3	18.1	19.4	19.6	21.7
2017-2018	6.7	10.8	10.8	15.1	15.4	19	25.2
2018-2019	5.8	7.5	7.5	9.3	9.8	9.9	10.4
2019-2020	10.7	12.1	12.1	15.1	15.9	16.1	17.3
2020-2021	7.5	12.3	12.3	16.1	16.9	16.9	17.8
2021-2022	5.2	9.7	9.7	19.6	23	23.5	23.7

9 MARCAPOMACOCHA:

hyear	d=1h	d=2h	d=3h	d=6h	d=12h	d=18h	d=24h
2015-2016	11.3	19.7	19.7	24.2	26.5	30.3	31.2
2016-2017	7.5	12.6	12.6	14.7	15.3	18.5	23.3
2017-2018	14.9	21	21	26	26.1	31.6	33
2018-2019	9.8	13.8	13.8	17.1	17.4	20.7	28.3
2019-2020	9	13.2	13.2	21.8	25.8	26	33
2020-2021	8.2	13.2	13.2	22.2	25.4	29.2	39.6
2021-2022	7.4	12	12	13.6	19.2	19.4	22.6

10 MATUCANA:

hyear	d=1h	d=2h	d=3h	d=6h	d=12h	d=18h	d=24h
2013-2014	4.6	6.7	6.7	8.7	10.3	10.6	10.8
2014-2015	11.2	13.9	13.9	20.5	20.7	20.8	21.2
2015-2016	9.8	11.7	11.7	15.4	16	16	16.3
2016-2017	7.6	10.2	10.2	15.2	19.8	19.9	20.4
2017-2018	9.1	9.2	9.2	18	18.7	18.7	19.8
2018-2019	12.7	17	17	20.3	20.3	20.3	23.1
2019-2020	9.9	16.3	16.3	18.9	18.9	18.9	19
2020-2021	6.7	10.7	10.7	15.2	15.3	15.4	19
2021-2022	10.2	11.9	11.9	18.7	19	19.4	19.7

11 OCROS UNASAM:

hyear	d=1h	d=2h	d=3h	d=6h	d=12h	d=18h	d=24h
2012-2013	34	42	42	53	57	58	62
2013-2014	22	39	39	64	95	97	98
2014-2015	40	57	57	70	70	70	80
2015-2016	27	45	45	64	67	68	69
2016-2017	5.2	7.2	7.2	10.2	10.3	10.5	11.1
2017-2018	2.3	3.5	3.5	6.3	7.1	7.5	7.7
2018-2019	7.6	11.6	11.6	14.6	14.7	14.7	14.8

12 PALLAC:

hyear	d=1h	d=2h	d=3h	d=6h	d=12h	d=18h	d=24h
2014-2015	12	14.4	14.4	17.3	19	20.2	20.4
2015-2016	6.9	8.2	8.2	14	14.1	16.9	17.9
2016-2017	11.8	15.9	15.9	27.8	33.5	33.5	38.5
2017-2018	3.6	4.7	4.7	8	12.2	12.7	13.2
2018-2019	8.7	15.1	15.1	18	22.2	24.9	25.7
2019-2020	8	9.4	9.4	16	16	16.1	16.2
2020-2021	0	0	0	0	0	0	0
2021-2022	3.5	5.8	5.8	8.6	10.4	10.6	13.6

13 PIRCA:

hyear	d=1h	d=2h	d=3h	d=6h	d=12h	d=18h	d=24h
2014-2015	7	8.6	8.6	11	11.3	11.3	13.5
2015-2016	7.1	12.6	12.6	19	19	19.1	19.1
2016-2017	5.6	7.9	7.9	15.1	16.5	16.8	22.5
2017-2018	6.6	12.8	12.8	15	15	17.6	21.4
2018-2019	15.5	18.6	18.6	22.7	22.7	22.7	22.8
2019-2020	6.3	10.1	10.1	12.5	12.6	14.8	16.1
2020-2021	5.6	10.5	10.5	12.6	13.1	13.3	17.6
2021-2022	7.6	11.1	11.1	12.8	12.9	13.9	18.2

14 SAN PEDRO DE HUARCAPANA:

hyear	d=1h	d=2h	d=3h	d=6h	d=12h	d=18h	d=24h
2010-2011	10.3	15.2	15.2	21.4	21.8	22	28.4
2011-2012	16.1	25	25	29.8	35.9	48.1	54.7
2012-2013	17.1	26.8	26.8	29.8	30	30	31.2
2013-2014	13.7	20.2	20.2	27.6	27.6	28.6	42.5
2014-2015	16.7	24.8	24.8	27.6	27.8	28.8	30.7
2015-2016	18.1	22.7	22.7	26.9	26.9	26.9	27.5
2016-2017	16.3	20.7	20.7	24.9	28.1	37.8	38.4
2017-2018	12.5	19.6	19.6	23.4	25.7	25.7	25.7
2018-2019	21.2	23.6	23.6	30.1	36.1	36.1	42.8

15 SAN MATEO DE OTAO:

hyear	d=1h	d=2h	d=3h	d=6h	d=12h	d=18h	d=24h
2013-2014	11.6	17.3	17.3	29.1	30.2	32.1	32.1
2014-2015	18.4	28.4	28.4	35.5	35.5	39	49.6
2015-2016	14.8	15.9	15.9	16.3	16.8	17	17
2017-2018	7.1	12.1	12.1	17.9	20.8	21.1	23.8
2018-2019	39.1	42.7	42.7	46.3	46.5	46.5	51.7
2019-2020	6.6	11.6	11.6	17.4	19.8	21.6	23.2
2020-2021	12.2	15.2	15.2	28.6	28.6	31.8	33
2021-2022	0.4	0.6	0.6	1.2	1.4	1.6	1.6

16 SANTA CRUZ:

hyear	d=1h	d=2h	d=3h	d=6h	d=12h	d=18h	d=24h
2014-2015	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8
2015-2016	7.8	10.3	10.3	19.3	20	20.1	21.1
2016-2017	5.7	9.9	9.9	12.9	15.6	18.2	19.1
2017-2018	8.6	12	12	16.4	16.4	18.7	21.4
2018-2019	8.7	10.8	10.8	14.3	14.5	16	17

17 SANTA EULALIA:

hyear	d=1h	d=2h	d=3h	d=6h	d=12h	d=18h	d=24h
2015-2016	4.2	4.9	4.9	5.6	6	6.6	6.6
2016-2017	12.3	17.7	17.7	31.5	32	32	33.9
2017-2018	4.8	6.8	6.8	8.7	10.2	10.2	10.2
2018-2019	0.6	1.1	1.1	3	5	6.5	6.8
2019-2020	3.4	3.7	3.7	4	4.7	4.7	4.7
2020-2021	4.9	5.6	5.6	7.2	7.3	7.3	7.3
2021-2022	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7

18 SANTIAGO DE TUNA:

hyear	d=1h	d=2h	d=3h	d=6h	d=12h	d=18h	d=24h
2013-2014	7.5	8.7	8.7	16.2	23.8	27.8	30
2014-2015	30.2	41.7	41.7	47.3	47.5	47.5	47.6
2015-2016	9.5	15.9	15.9	24.3	24.7	24.7	24.8
2016-2017	0	0	0	0	0	0	0
2017-2018	9.5	12.1	12.1	23.7	25.3	25.4	25.4
2018-2019	18.8	22.5	22.5	32	39.3	46.2	51.2
2019-2020	9.2	14.6	14.6	16.4	24	24	24
2020-2021	8.6	11.4	12.6	14.8	18.8	24.6	25.6
2021-2022	5.6	9.2	10.2	15.8	16.4	17.2	17.4

19 SAYAN:

hyear	d=1h	d=2h	d=3h	d=6h	d=12h	d=18h	d=24h
2009-2010	0	0	0	0	0	0	0
2010-2011	1.4	1.8	1.8	2.2	2.3	2.3	2.3
2011-2012	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8
2012-2013	1.5	1.7	1.7	2.9	4.4	6	6
2013-2014	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
2014-2015	31.6	31.6	31.6	32.1	32.1	32.1	32.1
2015-2016	4.9	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1
2016-2017	16.1	17.5	17.5	18.2	18.3	18.3	25.1
2017-2018	0.7	1.1	1.1	1.3	1.3	1.3	1.3
2018-2019	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
2019-2020	2.6	3	3	3.2	3.2	3.2	3.2
2020-2021	1.6	2.6	2.6	5.6	6.2	6.2	6.2
2021-2022	0.8	1	1	1	1.4	1.4	1.4

20 TOROCOCHA:

hyear	d=1h	d=2h	d=3h	d=6h	d=12h	d=18h	d=24h
2014-2015	7	8.5	8.5	9.9	9.9	9.9	12.8
2015-2016	7.1	11.9	11.9	20	24.8	28.7	30.8
2016-2017	6.4	10.2	10.2	16.1	20.9	22.3	24.9
2017-2018	6.3	8.7	8.7	15.8	19.3	21.5	23.1
2018-2019	7.4	11.6	11.6	21.8	22.8	22.9	22.9

21 VON HUMBOLDT:

hyear	d=1h	d=2h	d=3h	d=6h	d=12h	d=18h	d=24h
2010-2011	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
2011-2012	2.2	3.6	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
2012-2013	0.5	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8
2013-2014	1.5	2	2.1	2.1	2.3	2.3	2.3
2014-2015	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6
2015-2016	16.2	27.2	34.8	53.7	53.7	53.7	53.7
2016-2017	1.8	3	3	4.6	4.8	4.8	4.8
2017-2018	1.9	2.1	2.2	2.2	3.1	3.1	3.1
2018-2019	0.9	0.9	0.9	0.9	1.2	1.2	1.2
2019-2020	1	1.1	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6
2020-2021	0.7	1.1	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
2021-2022	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

Anexo 6: Resultados del script de RStudio para las series de máximas precipitaciones anuales del producto PISCO v2.0 (diario):

id	Coordenadas geográficas:		Estimación de la media de la distribución GEV “a posteriori”			Intervalo de confianza al 95 por ciento de los parámetros de la distribución GEV “a posteriori”		
	Longitud	Latitud	μ_{24} [mm/h]	σ_{24} [mm/h]	ϵ	μ_{24} [mm/h]	σ_{24} [mm/h]	ϵ
1	-77.15	-9.85	0.493	0.111	-0.237	[0.453-0.539]	[0.084-0.142]	[-0.482-0.071]
2	-77.45	-9.95	0.937	0.301	-0.218	[0.828-1.037]	[0.225-0.394]	[-0.47-0.083]
3	-77.15	-9.95	0.689	0.143	0.155	[0.636-0.75]	[0.107-0.196]	[-0.119-0.596]
4	-77.05	-9.95	0.51	0.099	-0.157	[0.472-0.549]	[0.073-0.13]	[-0.502-0.334]
5	-77.55	-10.05	0.68	0.305	0.113	[0.568-0.821]	[0.213-0.428]	[-0.19-0.445]
6	-77.45	-10.05	0.733	0.268	-0.118	[0.616-0.834]	[0.195-0.367]	[-0.371-0.26]
7	-77.15	-10.05	0.692	0.146	-0.095	[0.63-0.756]	[0.105-0.199]	[-0.363-0.163]

id	Coordenadas geográficas:		Estimación de la media de la distribución GEV “a posteriori”			Intervalo de confianza al 95 por ciento de los parámetros de la distribución GEV “a posteriori”		
	Longitud	Latitud	μ_{24} [mm/h]	σ_{24} [mm/h]	ε	μ_{24} [mm/h]	σ_{24} [mm/h]	ε
8	-77.05	-10.05	0.587	0.093	0.117	[0.555-0.627]	[0.069-0.134]	[-0.071-0.36]
9	-77.65	-10.15	0.216	0.089	0.323	[0.18-0.244]	[0.062-0.121]	[0.045-0.696]
10	-77.55	-10.15	0.408	0.178	0.195	[0.328-0.495]	[0.125-0.261]	[-0.089-0.687]
11	-77.45	-10.15	0.654	0.259	-0.024	[0.541-0.766]	[0.188-0.355]	[-0.322-0.353]
12	-77.35	-10.15	0.536	0.188	-0.074	[0.451-0.623]	[0.139-0.257]	[-0.38-0.384]
13	-77.15	-10.15	0.643	0.17	-0.086	[0.569-0.707]	[0.123-0.235]	[-0.271-0.169]
14	-77.05	-10.15	0.469	0.094	-0.16	[0.43-0.508]	[0.061-0.131]	[-0.496-0.175]
15	-76.95	-10.15	0.562	0.117	-0.196	[0.505-0.617]	[0.084-0.174]	[-0.571-0.228]
16	-77.65	-10.25	0.086	0.036	0.416	[0.074-0.095]	[0.025-0.05]	[0.104-0.784]
17	-77.55	-10.25	0.212	0.087	0.314	[0.176-0.255]	[0.058-0.121]	[-0.01-0.654]
18	-77.45	-10.25	0.539	0.234	0.111	[0.449-0.643]	[0.165-0.337]	[-0.266-0.621]
19	-77.35	-10.25	0.504	0.189	-0.006	[0.432-0.582]	[0.14-0.251]	[-0.295-0.296]
20	-77.25	-10.25	0.474	0.164	-0.074	[0.406-0.535]	[0.12-0.238]	[-0.334-0.269]
21	-77.15	-10.25	0.411	0.111	-0.319	[0.364-0.458]	[0.084-0.146]	[-0.565--0.036]
22	-77.05	-10.25	0.524	0.102	-0.223	[0.478-0.563]	[0.074-0.135]	[-0.455-0.046]
23	-76.95	-10.25	0.747	0.163	-0.215	[0.677-0.806]	[0.123-0.223]	[-0.471-0.152]
24	-77.75	-10.35	0.029	0.014	0.383	[0.024-0.035]	[0.01-0.02]	[0.143-0.788]
25	-77.65	-10.35	0.081	0.036	0.344	[0.07-0.096]	[0.025-0.048]	[0.043-0.678]
26	-77.55	-10.35	0.171	0.082	0.385	[0.144-0.206]	[0.054-0.115]	[0.056-0.851]
27	-77.45	-10.35	0.495	0.205	0.064	[0.407-0.612]	[0.149-0.277]	[-0.204-0.369]
28	-77.35	-10.35	0.541	0.195	0.021	[0.468-0.63]	[0.151-0.252]	[-0.196-0.253]
29	-77.25	-10.35	0.442	0.155	-0.108	[0.388-0.508]	[0.112-0.207]	[-0.305-0.102]
30	-77.15	-10.35	0.451	0.134	-0.316	[0.392-0.5]	[0.1-0.179]	[-0.598-0.003]
31	-77.05	-10.35	0.661	0.164	-0.159	[0.592-0.736]	[0.121-0.229]	[-0.342-0.097]
32	-76.95	-10.35	0.761	0.165	-0.498	[0.702-0.828]	[0.121-0.222]	[-0.85--0.124]
33	-77.75	-10.45	0.02	0.008	0.586	[0.018-0.025]	[0.006-0.012]	[0.231-1.013]
34	-77.65	-10.45	0.065	0.029	0.377	[0.057-0.071]	[0.019-0.038]	[0.073-0.667]

id	Coordenadas geográficas:		Estimación de la media de la distribución GEV “a posteriori”			Intervalo de confianza al 95 por ciento de los parámetros de la distribución GEV “a posteriori”		
	Longitud	Latitud	μ^{24} [mm/h]	σ^{24} [mm/h]	ε	μ^{24} [mm/h]	σ^{24} [mm/h]	ε
35	-77.55	-10.45	0.159	0.067	0.237	[0.133-0.186]	[0.049-0.092]	[0.001-0.492]
36	-77.45	-10.45	0.413	0.153	0.09	[0.351-0.477]	[0.11-0.21]	[-0.143-0.441]
37	-77.35	-10.45	0.476	0.17	0.039	[0.41-0.551]	[0.115-0.233]	[-0.25-0.482]
38	-77.25	-10.45	0.364	0.147	-0.038	[0.307-0.431]	[0.106-0.197]	[-0.339-0.324]
39	-77.15	-10.45	0.648	0.232	-0.251	[0.562-0.728]	[0.174-0.315]	[-0.521-0.069]
40	-77.05	-10.45	0.766	0.207	-0.185	[0.683-0.854]	[0.156-0.286]	[-0.408-0.061]
41	-76.95	-10.45	0.682	0.142	0.057	[0.623-0.746]	[0.107-0.19]	[-0.175-0.412]
42	-76.85	-10.45	0.788	0.148	-0.129	[0.733-0.857]	[0.11-0.217]	[-0.469-0.181]
43	-77.75	-10.55	0.013	0.01	0.482	[0.01-0.016]	[0.007-0.014]	[0.113-0.953]
44	-77.65	-10.55	0.032	0.013	0.487	[0.028-0.037]	[0.009-0.017]	[0.13-0.832]
45	-77.55	-10.55	0.073	0.032	0.28	[0.06-0.087]	[0.022-0.045]	[0.026-0.598]
46	-77.45	-10.55	0.213	0.097	0.205	[0.182-0.252]	[0.072-0.131]	[-0.139-0.774]
47	-77.35	-10.55	0.283	0.111	0.135	[0.237-0.343]	[0.078-0.157]	[-0.229-0.529]
48	-77.25	-10.55	0.578	0.235	0.108	[0.495-0.686]	[0.175-0.315]	[-0.212-0.54]
49	-77.15	-10.55	0.802	0.31	-0.135	[0.683-0.918]	[0.219-0.438]	[-0.414-0.175]
50	-77.05	-10.55	0.801	0.221	-0.101	[0.711-0.888]	[0.161-0.325]	[-0.422-0.249]
51	-76.95	-10.55	0.719	0.164	-0.053	[0.66-0.78]	[0.131-0.208]	[-0.206-0.128]
52	-76.85	-10.55	0.754	0.183	-0.352	[0.69-0.82]	[0.128-0.302]	[-0.721-0.023]
53	-76.75	-10.55	0.965	0.241	-0.19	[0.868-1.064]	[0.179-0.326]	[-0.472-0.098]
54	-77.85	-10.65	0.005	0.005	0.238	[0.003-0.006]	[0.004-0.006]	[0.046-0.51]
55	-77.75	-10.65	0.007	0.006	0.697	[0.006-0.011]	[0.004-0.01]	[0.206-0.869]
56	-77.65	-10.65	0.013	0.006	0.965	[0.011-0.014]	[0.004-0.009]	[0.498-1.926]
57	-77.55	-10.65	0.035	0.012	0.343	[0.032-0.04]	[0.009-0.016]	[0.057-0.75]
58	-77.45	-10.65	0.116	0.054	0.147	[0.097-0.143]	[0.038-0.081]	[-0.179-0.526]
59	-77.35	-10.65	0.22	0.098	0.215	[0.183-0.267]	[0.074-0.144]	[-0.031-0.583]
60	-77.25	-10.65	0.479	0.218	0.302	[0.396-0.574]	[0.149-0.32]	[0.028-0.704]
61	-77.15	-10.65	0.456	0.165	0.224	[0.394-0.521]	[0.122-0.224]	[-0.043-0.547]

id	Coordenadas geográficas:		Estimación de la media de la distribución GEV “a posteriori”			Intervalo de confianza al 95 por ciento de los parámetros de la distribución GEV “a posteriori”		
	Longitud	Latitud	μ^{24} [mm/h]	σ^{24} [mm/h]	ε	μ^{24} [mm/h]	σ^{24} [mm/h]	ε
62	-77.05	-10.65	0.453	0.145	0.123	[0.391-0.514]	[0.096-0.2]	[-0.25-0.546]
63	-76.95	-10.65	0.591	0.169	-0.283	[0.526-0.655]	[0.129-0.216]	[-0.5-0.01]
64	-76.85	-10.65	0.668	0.155	-0.413	[0.601-0.73]	[0.114-0.206]	[-0.647--0.148]
65	-76.75	-10.65	0.604	0.155	-0.299	[0.55-0.662]	[0.121-0.199]	[-0.567-0]
66	-77.75	-10.75	0.008	0.006	0.563	[0.006-0.011]	[0.004-0.01]	[0.125-0.812]
67	-77.65	-10.75	0.011	0.008	0.57	[0.008-0.015]	[0.005-0.012]	[0.116-1.203]
68	-77.55	-10.75	0.02	0.006	0.343	[0.019-0.021]	[0.005-0.008]	[0.057-0.638]
69	-77.45	-10.75	0.106	0.042	0.104	[0.09-0.13]	[0.03-0.062]	[-0.176-0.513]
70	-77.35	-10.75	0.167	0.082	0.107	[0.133-0.194]	[0.062-0.119]	[-0.085-0.322]
71	-77.25	-10.75	0.502	0.22	0.097	[0.415-0.597]	[0.16-0.303]	[-0.124-0.403]
72	-77.15	-10.75	0.29	0.131	0.214	[0.241-0.349]	[0.09-0.182]	[-0.019-0.534]
73	-77.05	-10.75	0.335	0.126	0.211	[0.287-0.397]	[0.088-0.188]	[-0.202-0.803]
74	-76.95	-10.75	0.408	0.15	0.038	[0.345-0.471]	[0.104-0.214]	[-0.227-0.406]
75	-76.85	-10.75	0.476	0.152	-0.055	[0.413-0.539]	[0.115-0.206]	[-0.281-0.172]
76	-76.75	-10.75	0.505	0.151	-0.23	[0.446-0.566]	[0.116-0.202]	[-0.477-0.055]
77	-76.65	-10.75	0.673	0.16	0.018	[0.609-0.755]	[0.115-0.223]	[-0.284-0.342]
78	-77.65	-10.85	0.006	0.004	-0.009	[0.005-0.007]	[0.003-0.005]	[-0.174-0.18]
79	-77.55	-10.85	0.01	0.005	0.398	[0.009-0.011]	[0.003-0.007]	[0.123-0.881]
80	-77.45	-10.85	0.024	0.008	0.228	[0.021-0.029]	[0.005-0.012]	[-0.086-0.576]
81	-77.35	-10.85	0.092	0.041	0.186	[0.077-0.107]	[0.03-0.061]	[-0.026-0.418]
82	-77.25	-10.85	0.173	0.07	0.298	[0.146-0.204]	[0.049-0.098]	[0.004-0.579]
83	-77.15	-10.85	0.171	0.074	0.308	[0.145-0.197]	[0.056-0.101]	[0.06-0.669]
84	-77.05	-10.85	0.193	0.082	0.013	[0.161-0.226]	[0.064-0.11]	[-0.256-0.393]
85	-76.95	-10.85	0.33	0.119	0.052	[0.287-0.378]	[0.087-0.175]	[-0.22-0.389]
86	-76.85	-10.85	0.459	0.171	0.013	[0.392-0.541]	[0.128-0.224]	[-0.258-0.352]
87	-76.75	-10.85	0.511	0.157	-0.133	[0.45-0.576]	[0.122-0.217]	[-0.33-0.129]
88	-76.65	-10.85	0.96	0.262	0.044	[0.851-1.078]	[0.181-0.408]	[-0.289-0.324]

id	Coordenadas geográficas:		Estimación de la media de la distribución GEV “a posteriori”			Intervalo de confianza al 95 por ciento de los parámetros de la distribución GEV “a posteriori”		
	Longitud	Latitud	μ_{24} [mm/h]	σ_{24} [mm/h]	ε	μ_{24} [mm/h]	σ_{24} [mm/h]	ε
89	-77.65	-10.95	0.006	0.003	0.447	[0.005-0.008]	[0.002-0.005]	[0.067-0.71]
90	-77.55	-10.95	0.004	0.003	0.069	[0.003-0.006]	[0.002-0.004]	[-0.107-0.348]
91	-77.45	-10.95	0.011	0.003	0.584	[0.011-0.011]	[0.002-0.005]	[0.12-1.316]
92	-77.35	-10.95	0.045	0.016	0.437	[0.04-0.051]	[0.012-0.023]	[0.18-0.757]
93	-77.25	-10.95	0.04	0.015	0.591	[0.033-0.052]	[0.009-0.027]	[0.317-0.908]
94	-77.15	-10.95	0.051	0.02	0.571	[0.044-0.058]	[0.014-0.031]	[0.213-0.883]
95	-77.05	-10.95	0.089	0.033	0.353	[0.074-0.104]	[0.023-0.046]	[0-0.8]
96	-76.95	-10.95	0.395	0.137	-0.014	[0.339-0.446]	[0.106-0.184]	[-0.172-0.19]
97	-76.85	-10.95	0.505	0.18	-0.061	[0.433-0.585]	[0.142-0.238]	[-0.245-0.172]
98	-76.75	-10.95	0.605	0.196	-0.016	[0.522-0.695]	[0.142-0.261]	[-0.261-0.27]
99	-76.65	-10.95	0.696	0.209	-0.027	[0.615-0.783]	[0.156-0.297]	[-0.27-0.306]
100	-77.55	-11.05	0.006	0.003	0.316	[0.005-0.008]	[0.002-0.004]	[-0.06-0.59]
101	-77.45	-11.05	0.005	0.002	0.643	[0.005-0.006]	[0.001-0.003]	[0.161-0.862]
102	-77.35	-11.05	0.01	0.002	0.751	[0.009-0.012]	[0.002-0.005]	[0.234-0.901]
103	-77.25	-11.05	0.018	0.012	1.003	[0.014-0.02]	[0.006-0.022]	[0.431-1.894]
104	-77.15	-11.05	0.022	0.006	1	[0.021-0.023]	[0.004-0.008]	[0.592-1.689]
105	-77.05	-11.05	0.076	0.025	0.45	[0.068-0.084]	[0.017-0.034]	[0.194-0.746]
106	-76.95	-11.05	0.278	0.095	0.208	[0.237-0.325]	[0.068-0.131]	[-0.025-0.538]
107	-76.85	-11.05	0.403	0.106	0.204	[0.362-0.449]	[0.078-0.144]	[-0.168-0.72]
108	-76.75	-11.05	0.667	0.183	-0.052	[0.589-0.747]	[0.141-0.247]	[-0.252-0.203]
109	-76.65	-11.05	0.819	0.245	-0.236	[0.719-0.923]	[0.184-0.34]	[-0.521-0.045]
110	-76.55	-11.05	0.671	0.177	-0.146	[0.601-0.733]	[0.131-0.243]	[-0.378-0.145]
111	-77.55	-11.15	0.004	0.004	0.393	[0.003-0.005]	[0.003-0.005]	[0.16-0.61]
112	-77.45	-11.15	0.005	0.002	0.669	[0.005-0.006]	[0.001-0.003]	[0.167-0.891]
113	-77.35	-11.15	0.004	0.002	0.805	[0.004-0.006]	[0.001-0.004]	[0.264-0.914]
114	-77.25	-11.15	0.008	0.006	0.83	[0.006-0.011]	[0.004-0.013]	[0.229-0.923]
115	-77.15	-11.15	0.012	0.006	0.855	[0.01-0.016]	[0.004-0.015]	[0.263-0.926]

id	Coordenadas geográficas:		Estimación de la media de la distribución GEV “a posteriori”			Intervalo de confianza al 95 por ciento de los parámetros de la distribución GEV “a posteriori”		
	Longitud	Latitud	μ_{24} [mm/h]	σ_{24} [mm/h]	ε	μ_{24} [mm/h]	σ_{24} [mm/h]	ε
116	-77.05	-11.15	0.051	0.015	0.83	[0.047-0.058]	[0.01-0.023]	[0.439-1.328]
117	-76.95	-11.15	0.194	0.057	0.409	[0.172-0.223]	[0.037-0.084]	[0.133-0.954]
118	-76.85	-11.15	0.341	0.115	0.028	[0.295-0.382]	[0.082-0.165]	[-0.18-0.245]
119	-76.75	-11.15	0.633	0.199	-0.309	[0.546-0.713]	[0.146-0.27]	[-0.577--0.04]
120	-76.65	-11.15	0.635	0.154	-0.114	[0.574-0.708]	[0.121-0.193]	[-0.257-0.088]
121	-76.55	-11.15	0.661	0.165	-0.137	[0.593-0.727]	[0.127-0.219]	[-0.327-0.073]
122	-77.55	-11.25	0.005	0.003	0.015	[0.004-0.006]	[0.003-0.004]	[-0.167-0.247]
123	-77.45	-11.25	0.005	0.001	0.71	[0.005-0.006]	[0.001-0.002]	[0.194-0.858]
124	-77.35	-11.25	0.002	0.002	0.835	[0.001-0.003]	[0.001-0.005]	[0.27-0.945]
125	-77.25	-11.25	0.005	0.001	0.914	[0.004-0.005]	[0.001-0.003]	[0.282-0.946]
126	-77.15	-11.25	0.017	0.006	0.844	[0.015-0.02]	[0.004-0.014]	[0.276-0.918]
127	-77.05	-11.25	0.053	0.012	0.743	[0.05-0.06]	[0.008-0.024]	[0.258-0.875]
128	-76.95	-11.25	0.15	0.053	0.381	[0.131-0.174]	[0.034-0.08]	[0.152-0.676]
129	-76.85	-11.25	0.31	0.113	0.16	[0.269-0.368]	[0.08-0.173]	[-0.058-0.442]
130	-76.75	-11.25	0.705	0.253	-0.208	[0.602-0.807]	[0.194-0.314]	[-0.509-0.105]
131	-76.65	-11.25	0.655	0.172	0.056	[0.591-0.727]	[0.127-0.232]	[-0.184-0.401]
132	-76.55	-11.25	0.827	0.196	-0.042	[0.75-0.907]	[0.144-0.269]	[-0.235-0.182]
133	-77.45	-11.35	0.004	0.002	0.614	[0.003-0.005]	[0.001-0.002]	[0.17-0.829]
134	-77.35	-11.35	0.004	0.002	0.704	[0.003-0.005]	[0.002-0.004]	[0.22-0.912]
135	-77.25	-11.35	0.006	0.002	0.793	[0.005-0.007]	[0.002-0.005]	[0.245-0.909]
136	-77.15	-11.35	0.021	0.007	0.801	[0.019-0.026]	[0.005-0.016]	[0.219-0.918]
137	-77.05	-11.35	0.057	0.027	0.533	[0.051-0.068]	[0.019-0.041]	[0.223-0.937]
138	-76.95	-11.35	0.115	0.051	0.438	[0.096-0.137]	[0.033-0.072]	[0.135-0.84]
139	-76.85	-11.35	0.335	0.141	0.095	[0.284-0.394]	[0.106-0.181]	[-0.118-0.407]
140	-76.75	-11.35	0.777	0.328	0.039	[0.644-0.91]	[0.254-0.434]	[-0.17-0.284]
141	-76.65	-11.35	0.676	0.223	-0.591	[0.579-0.749]	[0.165-0.329]	[-0.881--0.221]
142	-76.55	-11.35	0.908	0.228	-0.394	[0.827-0.988]	[0.172-0.363]	[-0.667--0.204]

id	Coordenadas geográficas:		Estimación de la media de la distribución GEV “a posteriori”			Intervalo de confianza al 95 por ciento de los parámetros de la distribución GEV “a posteriori”		
	Longitud	Latitud	μ_{24} [mm/h]	σ_{24} [mm/h]	ε	μ_{24} [mm/h]	σ_{24} [mm/h]	ε
143	-76.45	-11.35	0.82	0.162	0.217	[0.761-0.894]	[0.116-0.245]	[-0.069-0.748]
144	-77.35	-11.45	0.006	0.002	0.616	[0.005-0.007]	[0.002-0.004]	[0.169-0.821]
145	-77.25	-11.45	0.007	0.004	0.652	[0.006-0.01]	[0.003-0.007]	[0.159-0.856]
146	-77.15	-11.45	0.019	0.008	0.745	[0.016-0.023]	[0.006-0.017]	[0.237-0.895]
147	-77.05	-11.45	0.052	0.037	0.674	[0.039-0.072]	[0.027-0.056]	[0.323-1.063]
148	-76.95	-11.45	0.079	0.04	0.492	[0.067-0.093]	[0.027-0.054]	[0.138-0.913]
149	-76.85	-11.45	0.244	0.11	0.114	[0.202-0.285]	[0.081-0.143]	[-0.077-0.313]
150	-76.75	-11.45	0.516	0.195	0.094	[0.44-0.611]	[0.137-0.288]	[-0.117-0.351]
151	-76.65	-11.45	0.689	0.237	-0.37	[0.584-0.786]	[0.177-0.314]	[-0.646--0.097]
152	-76.55	-11.45	0.82	0.237	-0.132	[0.733-0.923]	[0.184-0.306]	[-0.317-0.159]
153	-76.45	-11.45	1.03	0.232	0.115	[0.928-1.12]	[0.17-0.327]	[-0.106-0.383]
154	-77.25	-11.55	0.009	0.006	0.722	[0.007-0.01]	[0.004-0.008]	[0.299-1.218]
155	-77.15	-11.55	0.019	0.014	0.541	[0.015-0.025]	[0.01-0.02]	[0.239-0.971]
156	-77.05	-11.55	0.029	0.024	0.693	[0.021-0.035]	[0.017-0.03]	[0.267-1.321]
157	-76.95	-11.55	0.105	0.062	0.381	[0.079-0.142]	[0.041-0.088]	[0.132-0.769]
158	-76.85	-11.55	0.233	0.11	0.271	[0.2-0.276]	[0.075-0.153]	[0.013-0.642]
159	-76.75	-11.55	0.574	0.185	0.267	[0.505-0.658]	[0.126-0.305]	[-0.08-0.762]
160	-76.65	-11.55	0.647	0.213	-0.241	[0.564-0.746]	[0.165-0.296]	[-0.517-0.059]
161	-76.55	-11.55	1.083	0.253	-0.272	[0.984-1.168]	[0.2-0.341]	[-0.448--0.014]
162	-76.45	-11.55	1.214	0.337	-0.006	[1.091-1.345]	[0.244-0.497]	[-0.219-0.236]
163	-76.35	-11.55	1.174	0.28	0.174	[1.066-1.32]	[0.205-0.406]	[-0.041-0.605]
164	-77.15	-11.65	0.014	0.011	0.556	[0.01-0.018]	[0.007-0.017]	[0.198-1.004]
165	-77.05	-11.65	0.033	0.023	0.549	[0.026-0.044]	[0.017-0.034]	[0.165-1.308]
166	-76.95	-11.65	0.11	0.057	0.47	[0.09-0.137]	[0.037-0.083]	[0.181-0.781]
167	-76.85	-11.65	0.134	0.063	0.329	[0.101-0.159]	[0.043-0.084]	[0.076-0.68]
168	-76.75	-11.65	0.364	0.167	0.216	[0.29-0.437]	[0.115-0.264]	[-0.08-0.643]
169	-76.65	-11.65	0.818	0.341	-0.08	[0.693-0.948]	[0.248-0.493]	[-0.421-0.23]

id	Coordenadas geográficas:		Estimación de la media de la distribución GEV “a posteriori”			Intervalo de confianza al 95 por ciento de los parámetros de la distribución GEV “a posteriori”		
	Longitud	Latitud	μ^{24} [mm/h]	σ^{24} [mm/h]	ε	μ^{24} [mm/h]	σ^{24} [mm/h]	ε
170	-76.55	-11.65	0.657	0.196	-0.408	[0.563-0.729]	[0.153-0.257]	[-0.633--0.123]
171	-76.45	-11.65	0.884	0.307	0.071	[0.765-1.004]	[0.236-0.401]	[-0.104-0.403]
172	-76.35	-11.65	0.926	0.244	0.043	[0.831-1.027]	[0.18-0.328]	[-0.24-0.382]
173	-76.25	-11.65	1.321	0.44	-0.085	[1.15-1.512]	[0.308-0.589]	[-0.358-0.25]
174	-77.15	-11.75	0.029	0.028	0.42	[0.016-0.038]	[0.019-0.04]	[0.088-0.777]
175	-77.05	-11.75	0.024	0.019	0.424	[0.02-0.03]	[0.014-0.025]	[0.09-0.846]
176	-76.95	-11.75	0.035	0.017	0.467	[0.032-0.042]	[0.013-0.022]	[0.197-0.863]
177	-76.85	-11.75	0.066	0.027	0.393	[0.058-0.076]	[0.019-0.037]	[0.165-0.712]
178	-76.75	-11.75	0.134	0.056	0.292	[0.106-0.158]	[0.034-0.079]	[0.002-0.636]
179	-76.65	-11.75	0.234	0.114	-0.039	[0.193-0.272]	[0.083-0.153]	[-0.213-0.216]
180	-76.55	-11.75	0.342	0.141	-0.33	[0.277-0.396]	[0.107-0.205]	[-0.598--0.002]
181	-76.45	-11.75	0.665	0.231	-0.36	[0.568-0.762]	[0.171-0.335]	[-0.641--0.099]
182	-76.35	-11.75	0.848	0.252	-0.271	[0.733-0.941]	[0.197-0.347]	[-0.457--0.055]
183	-76.25	-11.75	0.74	0.178	-0.174	[0.679-0.814]	[0.135-0.232]	[-0.31-0.01]
184	-77.15	-11.85	0.028	0.029	0.181	[0.016-0.04]	[0.02-0.041]	[-0.148-0.639]
185	-77.05	-11.85	0.022	0.016	0.317	[0.017-0.031]	[0.011-0.023]	[-0.001-0.727]
186	-76.95	-11.85	0.018	0.009	0.482	[0.015-0.02]	[0.006-0.013]	[0.137-0.864]
187	-76.85	-11.85	0.026	0.013	0.435	[0.023-0.031]	[0.009-0.019]	[0.122-0.953]
188	-76.75	-11.85	0.049	0.026	0.406	[0.041-0.06]	[0.016-0.035]	[0.115-0.892]
189	-76.65	-11.85	0.122	0.063	0.178	[0.097-0.151]	[0.048-0.085]	[-0.057-0.55]
190	-76.55	-11.85	0.326	0.152	-0.062	[0.263-0.38]	[0.107-0.2]	[-0.344-0.39]
191	-76.45	-11.85	0.491	0.245	-0.046	[0.398-0.589]	[0.187-0.317]	[-0.304-0.265]
192	-76.35	-11.85	0.867	0.22	-0.16	[0.782-0.961]	[0.172-0.279]	[-0.313-0.046]
193	-76.25	-11.85	0.79	0.2	-0.337	[0.702-0.874]	[0.148-0.275]	[-0.628--0.104]
194	-76.15	-11.85	0.826	0.191	-0.176	[0.749-0.897]	[0.145-0.248]	[-0.363-0.056]
195	-77.05	-11.95	0.008	0.006	0.223	[0.006-0.009]	[0.004-0.009]	[-0.044-0.613]
196	-76.95	-11.95	0.008	0.004	0.54	[0.007-0.008]	[0.003-0.006]	[0.227-1.073]

id	Coordenadas geográficas:		Estimación de la media de la distribución GEV “a posteriori”			Intervalo de confianza al 95 por ciento de los parámetros de la distribución GEV “a posteriori”		
	Longitud	Latitud	μ_{24} [mm/h]	σ_{24} [mm/h]	ε	μ_{24} [mm/h]	σ_{24} [mm/h]	ε
197	-76.85	-11.95	0.012	0.007	0.437	[0.01-0.015]	[0.005-0.01]	[0.194-0.773]
198	-76.75	-11.95	0.016	0.01	0.372	[0.011-0.02]	[0.008-0.014]	[0.145-0.689]
199	-76.65	-11.95	0.18	0.104	0.206	[0.142-0.227]	[0.066-0.143]	[-0.064-0.525]
200	-76.55	-11.95	0.223	0.116	0.027	[0.175-0.27]	[0.084-0.171]	[-0.222-0.403]
201	-76.45	-11.95	0.545	0.269	-0.054	[0.44-0.655]	[0.212-0.348]	[-0.227-0.175]
202	-76.35	-11.95	0.546	0.223	-0.281	[0.454-0.625]	[0.175-0.283]	[-0.515-0.025]
203	-76.25	-11.95	0.995	0.274	-0.313	[0.885-1.09]	[0.204-0.375]	[-0.537--0.119]
204	-76.15	-11.95	1.026	0.231	-0.142	[0.924-1.121]	[0.173-0.305]	[-0.332-0.078]
205	-76.05	-11.95	0.828	0.167	-0.07	[0.772-0.896]	[0.13-0.214]	[-0.33-0.244]
206	-77.05	-12.05	0.011	0.008	0.095	[0.009-0.015]	[0.006-0.012]	[-0.156-0.381]
207	-76.95	-12.05	0.007	0.005	0.284	[0.004-0.009]	[0.004-0.007]	[0.022-0.56]
208	-76.85	-12.05	0.006	0.005	0.421	[0.005-0.008]	[0.003-0.007]	[0.18-0.724]
209	-76.75	-12.05	0.007	0.006	0.35	[0.006-0.008]	[0.004-0.008]	[0.139-0.579]
210	-76.65	-12.05	0.024	0.015	0.219	[0.02-0.03]	[0.011-0.019]	[0.021-0.506]
211	-76.55	-12.05	0.098	0.049	0.123	[0.073-0.122]	[0.036-0.068]	[-0.06-0.435]
212	-76.45	-12.05	0.303	0.157	-0.196	[0.237-0.361]	[0.126-0.205]	[-0.43-0.141]
213	-76.35	-12.05	0.654	0.234	-0.291	[0.544-0.736]	[0.173-0.351]	[-0.54--0.014]
214	-76.25	-12.05	1.16	0.363	-0.203	[0.992-1.309]	[0.259-0.526]	[-0.457-0.034]
215	-76.15	-12.05	0.748	0.195	-0.119	[0.67-0.823]	[0.149-0.262]	[-0.325-0.131]
216	-76.05	-12.05	0.789	0.166	0.096	[0.725-0.85]	[0.128-0.216]	[-0.149-0.38]
217	-75.95	-12.05	0.784	0.198	-0.069	[0.697-0.866]	[0.14-0.259]	[-0.362-0.272]
218	-75.85	-12.05	0.875	0.282	-0.052	[0.759-1.037]	[0.2-0.388]	[-0.34-0.261]
219	-75.75	-12.05	0.682	0.193	0.049	[0.605-0.762]	[0.131-0.273]	[-0.309-0.52]
220	-76.95	-12.15	0.009	0.005	0.454	[0.008-0.011]	[0.004-0.008]	[0.171-0.761]
221	-76.85	-12.15	0.005	0.002	0.504	[0.004-0.006]	[0.002-0.004]	[0.089-0.784]
222	-76.75	-12.15	0.005	0.004	0.207	[0.005-0.005]	[0.003-0.005]	[0.046-0.376]
223	-76.65	-12.15	0.013	0.007	0.221	[0.01-0.014]	[0.006-0.009]	[0.013-0.579]

id	Coordenadas geográficas:		Estimación de la media de la distribución GEV “a posteriori”			Intervalo de confianza al 95 por ciento de los parámetros de la distribución GEV “a posteriori”		
	Longitud	Latitud	μ_{24} [mm/h]	σ_{24} [mm/h]	ε	μ_{24} [mm/h]	σ_{24} [mm/h]	ε
224	-76.55	-12.15	0.066	0.033	0.11	[0.053-0.078]	[0.025-0.042]	[-0.081-0.341]
225	-76.45	-12.15	0.303	0.131	-0.041	[0.253-0.356]	[0.09-0.193]	[-0.38-0.313]
226	-76.35	-12.15	0.679	0.216	0.023	[0.584-0.787]	[0.144-0.306]	[-0.346-0.475]
227	-76.25	-12.15	0.983	0.252	0.048	[0.887-1.086]	[0.177-0.339]	[-0.159-0.277]
228	-76.15	-12.15	0.88	0.223	0.025	[0.803-0.976]	[0.17-0.298]	[-0.136-0.284]
229	-76.05	-12.15	0.909	0.193	0.109	[0.828-0.991]	[0.141-0.263]	[-0.089-0.344]
230	-75.95	-12.15	1.213	0.254	0.264	[1.124-1.304]	[0.186-0.368]	[0.033-0.574]
231	-75.85	-12.15	1.166	0.304	0.095	[1.038-1.289]	[0.22-0.411]	[-0.137-0.391]
232	-75.75	-12.15	0.879	0.224	-0.04	[0.793-0.977]	[0.163-0.302]	[-0.279-0.257]
233	-75.65	-12.15	0.612	0.141	-0.01	[0.56-0.687]	[0.086-0.207]	[-0.418-0.295]
234	-76.85	-12.25	0.008	0.006	0.187	[0.007-0.01]	[0.005-0.008]	[-0.036-0.426]
235	-76.75	-12.25	0.008	0.006	0.121	[0.006-0.01]	[0.004-0.008]	[-0.071-0.384]
236	-76.65	-12.25	0.012	0.004	1.005	[0.011-0.012]	[0.003-0.006]	[0.353-1.67]
237	-76.55	-12.25	0.042	0.017	0.103	[0.037-0.05]	[0.012-0.022]	[-0.208-0.622]
238	-76.45	-12.25	0.147	0.046	0.099	[0.128-0.17]	[0.033-0.062]	[-0.211-0.487]
239	-76.35	-12.25	0.371	0.1	0.073	[0.328-0.407]	[0.075-0.145]	[-0.294-0.531]
240	-76.25	-12.25	0.727	0.211	0.048	[0.648-0.806]	[0.163-0.283]	[-0.128-0.291]
241	-76.15	-12.25	1.06	0.287	0.122	[0.941-1.179]	[0.213-0.432]	[-0.042-0.411]
242	-76.05	-12.25	1.019	0.247	0.1	[0.926-1.111]	[0.182-0.326]	[-0.055-0.328]
243	-75.95	-12.25	1.02	0.237	0.236	[0.926-1.125]	[0.158-0.371]	[-0.209-0.617]
244	-75.85	-12.25	0.898	0.194	0.142	[0.815-0.996]	[0.137-0.286]	[-0.196-0.605]
245	-75.75	-12.25	0.643	0.143	-0.121	[0.577-0.706]	[0.102-0.201]	[-0.448-0.268]
246	-75.65	-12.25	0.699	0.115	0.059	[0.654-0.746]	[0.085-0.156]	[-0.221-0.34]
247	-76.75	-12.35	0.016	0.015	0.28	[0.011-0.023]	[0.011-0.02]	[-0.038-0.687]
248	-76.65	-12.35	0.016	0.011	0.096	[0.012-0.021]	[0.008-0.016]	[-0.21-0.52]
249	-76.55	-12.35	0.04	0.022	0.202	[0.03-0.049]	[0.016-0.034]	[-0.285-0.97]
250	-76.45	-12.35	0.083	0.035	0.146	[0.069-0.095]	[0.025-0.044]	[-0.283-0.783]

id	Coordenadas geográficas:		Estimación de la media de la distribución GEV “a posteriori”			Intervalo de confianza al 95 por ciento de los parámetros de la distribución GEV “a posteriori”		
	Longitud	Latitud	μ_{24} [mm/h]	σ_{24} [mm/h]	ε	μ_{24} [mm/h]	σ_{24} [mm/h]	ε
251	-76.35	-12.35	0.183	0.054	0.264	[0.165-0.203]	[0.039-0.078]	[-0.064-0.791]
252	-76.25	-12.35	0.646	0.228	0.139	[0.549-0.748]	[0.15-0.332]	[-0.113-0.418]
253	-76.15	-12.35	1.097	0.31	0.267	[0.989-1.257]	[0.222-0.432]	[-0.053-0.696]
254	-76.05	-12.35	0.976	0.321	0.104	[0.849-1.104]	[0.224-0.438]	[-0.128-0.467]
255	-75.95	-12.35	0.951	0.24	-0.069	[0.857-1.034]	[0.178-0.321]	[-0.384-0.244]
256	-75.85	-12.35	0.939	0.225	0.051	[0.852-1.056]	[0.165-0.341]	[-0.3-0.513]
257	-75.75	-12.35	0.759	0.212	-0.309	[0.653-0.848]	[0.156-0.293]	[-0.624-0.288]
258	-75.65	-12.35	0.993	0.257	-0.072	[0.88-1.097]	[0.186-0.365]	[-0.291-0.184]
259	-76.75	-12.45	0.009	0.007	-0.153	[0.007-0.011]	[0.005-0.01]	[-0.401-0.113]
260	-76.65	-12.45	0.01	0.007	0.205	[0.008-0.012]	[0.004-0.009]	[-0.125-0.561]
261	-76.55	-12.45	0.02	0.012	0.292	[0.015-0.024]	[0.008-0.018]	[0.029-0.697]
262	-76.45	-12.45	0.041	0.021	0.579	[0.034-0.059]	[0.013-0.036]	[0.117-1.03]
263	-76.35	-12.45	0.104	0.041	0.232	[0.087-0.122]	[0.028-0.058]	[-0.16-0.579]
264	-76.25	-12.45	0.339	0.124	0.542	[0.297-0.402]	[0.073-0.251]	[0.037-1.272]
265	-76.15	-12.45	0.673	0.215	0.245	[0.594-0.77]	[0.156-0.286]	[-0.048-0.619]
266	-76.05	-12.45	0.753	0.212	0.168	[0.661-0.848]	[0.146-0.313]	[-0.119-0.499]
267	-75.95	-12.45	0.729	0.207	-0.153	[0.637-0.812]	[0.157-0.299]	[-0.412-0.105]
268	-75.85	-12.45	0.527	0.134	-0.248	[0.483-0.574]	[0.101-0.18]	[-0.408--0.029]
269	-75.75	-12.45	0.563	0.119	-0.223	[0.521-0.608]	[0.091-0.165]	[-0.438-0.065]
270	-75.65	-12.45	0.831	0.168	-0.105	[0.766-0.897]	[0.124-0.235]	[-0.396-0.27]
271	-76.65	-12.55	0.006	0.005	-0.08	[0.004-0.008]	[0.003-0.007]	[-0.4-0.243]
272	-76.55	-12.55	0.011	0.008	0.248	[0.008-0.012]	[0.005-0.01]	[-0.202-0.679]
273	-76.45	-12.55	0.042	0.037	0.091	[0.028-0.056]	[0.028-0.049]	[-0.283-0.581]
274	-76.35	-12.55	0.037	0.018	-0.01	[0.031-0.045]	[0.014-0.024]	[-0.256-0.255]
275	-76.25	-12.55	0.094	0.036	0.096	[0.081-0.109]	[0.025-0.053]	[-0.236-0.467]
276	-76.15	-12.55	0.213	0.079	0.174	[0.183-0.256]	[0.052-0.124]	[-0.203-0.601]
277	-76.05	-12.55	0.307	0.103	0.017	[0.266-0.347]	[0.07-0.134]	[-0.28-0.404]

id	Coordenadas geográficas:		Estimación de la media de la distribución GEV “a posteriori”			Intervalo de confianza al 95 por ciento de los parámetros de la distribución GEV “a posteriori”		
	Longitud	Latitud	μ^{24} [mm/h]	σ^{24} [mm/h]	ε	μ^{24} [mm/h]	σ^{24} [mm/h]	ε
278	-75.95	-12.55	0.357	0.09	-0.181	[0.314-0.391]	[0.068-0.119]	[-0.395-0.073]
279	-75.85	-12.55	0.535	0.146	-0.404	[0.475-0.591]	[0.107-0.193]	[-0.682--0.038]
280	-75.75	-12.55	0.515	0.117	-0.11	[0.468-0.562]	[0.081-0.176]	[-0.443-0.21]
281	-75.65	-12.55	0.678	0.162	0.033	[0.615-0.748]	[0.124-0.214]	[-0.149-0.299]
282	-76.65	-12.65	0.005	0.004	-0.062	[0.004-0.006]	[0.003-0.005]	[-0.27-0.291]
283	-76.55	-12.65	0.008	0.006	0.113	[0.005-0.01]	[0.004-0.008]	[-0.183-0.497]
284	-76.45	-12.65	0.009	0.006	0.132	[0.007-0.011]	[0.004-0.008]	[-0.15-0.379]
285	-76.35	-12.65	0.014	0.007	-0.014	[0.01-0.017]	[0.005-0.01]	[-0.342-0.354]
286	-76.25	-12.65	0.038	0.015	-0.101	[0.034-0.043]	[0.012-0.021]	[-0.36-0.221]
287	-76.15	-12.65	0.064	0.024	0.071	[0.056-0.072]	[0.019-0.03]	[-0.193-0.334]
288	-76.05	-12.65	0.086	0.03	0.105	[0.078-0.098]	[0.022-0.044]	[-0.16-0.583]
289	-75.95	-12.65	0.164	0.052	-0.101	[0.139-0.18]	[0.04-0.073]	[-0.341-0.203]
290	-75.85	-12.65	0.293	0.094	-0.199	[0.261-0.323]	[0.069-0.133]	[-0.459-0.07]
291	-75.75	-12.65	0.449	0.142	0.078	[0.378-0.51]	[0.105-0.193]	[-0.181-0.415]
292	-75.65	-12.65	0.6	0.181	-0.082	[0.523-0.688]	[0.132-0.262]	[-0.348-0.188]
293	-76.55	-12.75	0.013	0.01	0.123	[0.01-0.016]	[0.007-0.014]	[-0.152-0.404]
294	-76.45	-12.75	0.009	0.006	0.413	[0.008-0.01]	[0.004-0.007]	[-0.137-1.376]
295	-76.35	-12.75	0.016	0.007	0.114	[0.015-0.018]	[0.005-0.009]	[-0.095-0.487]
296	-76.25	-12.75	0.015	0.005	0	[0.015-0.016]	[0.004-0.007]	[-0.248-0.286]
297	-76.15	-12.75	0.03	0.012	0.157	[0.025-0.035]	[0.009-0.016]	[-0.059-0.505]
298	-76.05	-12.75	0.044	0.018	0.206	[0.038-0.049]	[0.013-0.024]	[-0.02-0.47]
299	-75.95	-12.75	0.17	0.058	0.151	[0.149-0.189]	[0.045-0.079]	[-0.046-0.369]
300	-75.85	-12.75	0.279	0.1	0.065	[0.242-0.323]	[0.076-0.134]	[-0.179-0.323]
301	-75.75	-12.75	0.305	0.127	-0.085	[0.257-0.36]	[0.092-0.185]	[-0.4-0.37]
302	-75.65	-12.75	0.482	0.163	-0.02	[0.411-0.564]	[0.114-0.227]	[-0.271-0.298]
303	-75.55	-12.75	0.893	0.278	-0.04	[0.788-1.019]	[0.22-0.383]	[-0.261-0.264]
304	-76.45	-12.85	0.007	0.005	-0.011	[0.005-0.008]	[0.004-0.007]	[-0.213-0.257]

id	Coordenadas geográficas:		Estimación de la media de la distribución GEV “a posteriori”			Intervalo de confianza al 95 por ciento de los parámetros de la distribución GEV “a posteriori”		
	Longitud	Latitud	μ_{24} [mm/h]	σ_{24} [mm/h]	ε	μ_{24} [mm/h]	σ_{24} [mm/h]	ε
305	-76.35	-12.85	0.007	0.005	-0.075	[0.006-0.009]	[0.004-0.006]	[-0.263-0.198]
306	-76.25	-12.85	0.012	0.006	-0.047	[0.011-0.012]	[0.004-0.008]	[-0.291-0.267]
307	-76.15	-12.85	0.026	0.011	0.249	[0.021-0.03]	[0.007-0.016]	[-0.003-0.689]
308	-76.05	-12.85	0.06	0.03	0.373	[0.047-0.07]	[0.02-0.046]	[0.106-0.763]
309	-75.95	-12.85	0.134	0.051	0.413	[0.105-0.164]	[0.033-0.082]	[0.152-0.759]
310	-75.85	-12.85	0.373	0.133	0.179	[0.323-0.445]	[0.096-0.207]	[-0.095-0.473]
311	-75.75	-12.85	0.492	0.171	0.17	[0.423-0.586]	[0.116-0.246]	[-0.104-0.495]
312	-75.65	-12.85	0.526	0.19	0.09	[0.449-0.604]	[0.136-0.253]	[-0.211-0.612]
313	-76.45	-12.95	0.006	0.005	-0.001	[0.004-0.007]	[0.003-0.007]	[-0.208-0.255]
314	-76.35	-12.95	0.007	0.004	0.049	[0.005-0.008]	[0.003-0.006]	[-0.222-0.363]
315	-76.25	-12.95	0.014	0.006	-0.173	[0.012-0.017]	[0.005-0.008]	[-0.368-0.087]
316	-76.15	-12.95	0.017	0.008	0.229	[0.013-0.02]	[0.006-0.011]	[-0.052-0.769]
317	-76.05	-12.95	0.036	0.017	0.308	[0.028-0.044]	[0.011-0.025]	[0.056-0.592]
318	-75.95	-12.95	0.09	0.033	0.307	[0.078-0.115]	[0.023-0.054]	[0.057-0.585]
319	-75.85	-12.95	0.383	0.146	0.186	[0.331-0.448]	[0.098-0.22]	[-0.044-0.446]
320	-75.75	-12.95	0.565	0.211	0.055	[0.48-0.649]	[0.139-0.281]	[-0.245-0.375]
321	-75.65	-12.95	0.518	0.213	-0.054	[0.437-0.605]	[0.155-0.309]	[-0.326-0.273]
322	-76.45	-13.05	0.01	0.007	-0.101	[0.008-0.012]	[0.005-0.009]	[-0.301-0.142]
323	-76.35	-13.05	0.012	0.009	0.065	[0.009-0.015]	[0.007-0.012]	[-0.218-0.37]
324	-76.25	-13.05	0.019	0.01	-0.04	[0.017-0.021]	[0.007-0.014]	[-0.349-0.26]
325	-76.15	-13.05	0.014	0.006	0.146	[0.012-0.016]	[0.005-0.008]	[-0.031-0.414]
326	-76.05	-13.05	0.027	0.011	0.227	[0.024-0.03]	[0.008-0.015]	[-0.017-0.671]
327	-75.95	-13.05	0.067	0.024	0.261	[0.06-0.082]	[0.018-0.035]	[-0.061-0.737]
328	-75.85	-13.05	0.197	0.07	0.291	[0.173-0.233]	[0.049-0.101]	[-0.001-0.82]
329	-76.35	-13.15	0.015	0.011	0.028	[0.013-0.02]	[0.008-0.014]	[-0.461-1.032]
330	-76.25	-13.15	0.015	0.011	0.071	[0.012-0.018]	[0.008-0.015]	[-0.173-0.433]
331	-76.15	-13.15	0.013	0.007	0.04	[0.011-0.015]	[0.005-0.009]	[-0.275-0.572]

id	Coordenadas geográficas:		Estimación de la media de la distribución GEV “a posteriori”			Intervalo de confianza al 95 por ciento de los parámetros de la distribución GEV “a posteriori”		
	Longitud	Latitud	μ^{24} [mm/h]	σ^{24} [mm/h]	ε	μ^{24} [mm/h]	σ^{24} [mm/h]	ε
332	-76.05	-13.15	0.02	0.008	0.203	[0.017-0.022]	[0.006-0.01]	[-0.112-0.528]
333	-75.95	-13.15	0.049	0.015	0.173	[0.041-0.055]	[0.011-0.022]	[-0.138-0.492]
334	-76.25	-13.25	0.01	0.007	-0.069	[0.008-0.013]	[0.005-0.01]	[-0.343-0.208]
335	-76.15	-13.25	0.013	0.007	0.078	[0.01-0.015]	[0.005-0.01]	[-0.299-0.399]