

Análisis de temperatura del aire y humedad relativa en una zona del ecosistema de manglar del humedal de la bahía de Panamá



Carlos Eduardo Guerra Sosa

Licenciatura en Ingeniería Ambiental

Facultad de Ingeniería Civil

Universidad Tecnológica de Panamá



SENACYT

Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación

Objetivos

Estudiar datos de temperatura del aire y la humedad relativa, provenientes de la torre meteorológica ubicada en la zona de manglar y analizar el papel que éstas variables tienen sobre el estado actual del ecosistema de la zona estudiada.

- Conducir una exhaustiva búsqueda bibliográfica referente al estado del arte de las investigaciones concernientes a los ecosistemas de manglar y a los posibles efectos del aumento de la temperatura sobre los mismos.
- Realizar giras al área de estudio para la recolección de datos de los sensores y reconocimiento de la zona.
- Utilizando métodos y técnicas propias de la estadística descriptiva, analizar los datos colectados de los sensores de temperatura del aire y humedad relativa y encontrar posibles correlaciones o variaciones significativas.



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PANAMÁ

Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas

LANZAMIENTO Y FORO - TALLER DEL PROYECTO FID-2016-30 ANÁLISIS DE FLUJOS DE CO₂ Y VAPOR DE AGUA DE UN ECOSISTEMA DE MANGLAR EN LA BAHÍA DE PANAMÁ

20-24 de noviembre de 2017

Hotel Wyndham
(Foro lunes 20 Nov.)
Campus Víctor Levi Sasso en UTP
(Taller semana 21-24 nov.)



INTRODUCCIÓN

Esta investigación se realizó en el marco del proyecto FID2016-30, auspiciado por la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT) y con la asistencia técnica del Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas (CIHH) de la Universidad Tecnológica de Panamá. Los objetivos del proyecto son crear metas que permitan verificar hipótesis científicas sobre las medidas para la valoración y conservación de manglares en Panamá, probar hipótesis específicas sobre las condiciones ecológicas y atmosféricas que controlan el estado y funcionamiento de estos ecosistemas, transferir conocimiento a estudiantes panameños de pregrado y maestría, de manera que se conviertan en multiplicadores de estudios similares y facilitar la colaboración entre pares, de científicos nacionales y de otras latitudes interesados en aprender de este ecosistema y los servicios ambientales que brindan al planeta, allí donde se encuentran (CIHH 2019).

A photograph of a mangrove forest in Bahía de Panamá, Panama. The image shows a dense thicket of mangrove trees with their characteristic prop roots extending into the water. The water is dark and still, reflecting the surrounding greenery. The sky is visible through the canopy, appearing bright and overcast. The image is framed by a green border on the right side, which has a geometric, layered design.

Humedal Bahía de Panamá

- ▶ Está conformado por bosques de manglares, fangales, estuarios, ciénagas adyacentes de agua dulce y las aguas marinas poco profundas que se encuentran entre Panamá La Vieja en el extremo este de la ciudad de Panamá, hacia el este hasta el golfo de San Miguel, sin incluir este último, en la provincia de Darién. (Kaufmann 2012).
- ▶ El humedal está dominado por 5 cuencas hidrológicas con deltas en los manglares de la Bahía de Panamá (la cuenca entre el río Caimito y el río Juan Díaz, la cuenca entre el río Juan Díaz y el río Pacora, la cuenca del río Pacora, la cuenca del río Bayano y la cuenca entre el río Bayano y Santa Bárbara) contando con otras 7 cuencas en contacto indirecto con el mismo (Cárdenas Castillero 2018).

La precipitación en dichas cuencas varía entre 3000 y 4000 mm/año, con una temperatura media de 27°C y variaciones intermensuales de menos de 2°C (D’Croz 1993; Kaufmann 2012).

Las especies de manglares dominantes dentro de todas las cuencas del humedal son: el mangle rojo (*Rhizophora mangle* y *R. racemosa*), mangle negro (*Avicennia germinans*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), mangle salado (*Avicennia bicolor*), mangle piñuelo (*Pelliciera rhizophorae*) y helechos de manglar (*Achrostichum aureum* y *A. danaeifolium*) (Kaufmann 2012; Cárdenas Castillero 2018).





Área protegida

El área protegida total tiene una extensión de 85664 ha + 5628.74 m², de las cuales 39703 + 6154.70 m² corresponden a superficie terrestre y 45960 ha + 9474 m² forman parte de la superficie marina de la bahía de Panamá, además de incluirse una zona de amortiguamiento de 50 m entre la superficie terrestre más extensa del área y los terrenos colindantes (Ley 1 de 2 de febrero de 2015). El mismo incluye 139 Km de línea costera y 297 Km² de manglares, lo cual representa el 21% de la cobertura total de manglares en Panamá (Kaufmann 2012; Suman 2014).



LEYENDA

- Coordenadas
- Humedal Bahía de Panamá

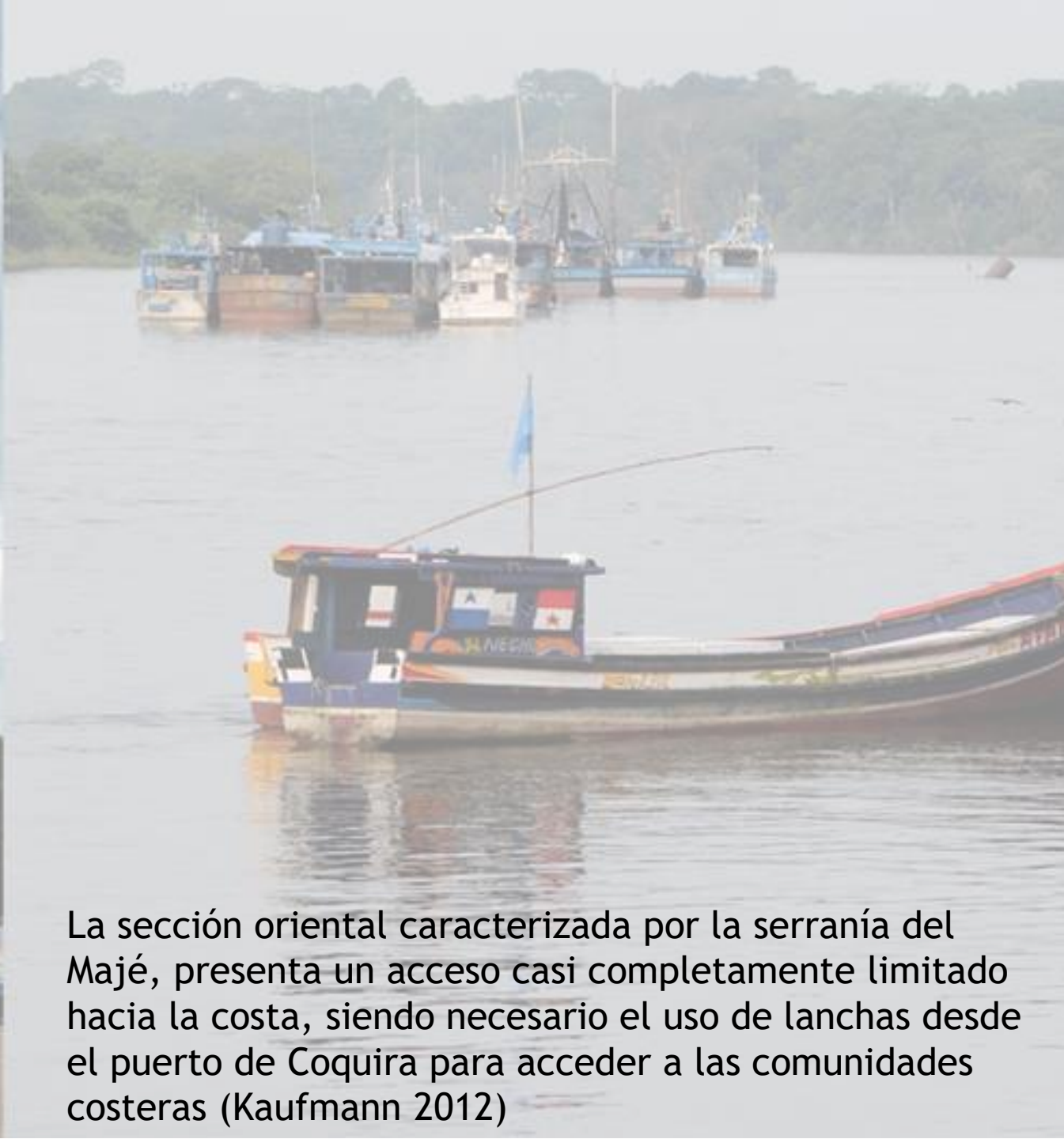


Sistema de Referencia Espacial:
Sistema Geodésico Mundial de 1984
Proyección Universal Transversal de Mercator
Zona 17 Norte

Fuente: - MiAmbiente



- La porción más occidental, adyacente a la ciudad de Panamá, se encuentra rodeada por urbanizaciones, el aeropuerto internacional de Tocumen, la planta de tratamiento de aguas residuales parte del Proyecto de Saneamiento de Panamá y el sitio de Panamá La Vieja.



La sección oriental caracterizada por la serranía del Majé, presenta un acceso casi completamente limitado hacia la costa, siendo necesario el uso de lanchas desde el puerto de Coquira para acceder a las comunidades costeras (Kaufmann 2012)



Importancia económica y ambiental de los manglares del HBP

Son el hogar de aproximadamente de 295 especies de plantas, 200 de aves, 74 de peces, 50 de mamíferos y 25 de moluscos y crustáceos. La gran diversidad de aves locales y migratorias se debe a la combinación única entre ecosistemas de manglares y fangales, junto con el afloramiento de gusanos marinos, moluscos y crustáceos. Entre los meses de enero y febrero principalmente, entre 1 y 2 millones de aves costeras migratorias, representando aproximadamente 30 especies visitan el humedal anualmente (Kaufmann 2012; Suman 2014).



Protonotaria citrea: Reinita protonotaria



Setophaga ruticilia: Candelita norteña

Especies de aves de importancia



Calidris mauri: Playero occidental



Seiurus noveboracensis: Reinita acuática norteña

Amenazas relacionadas con el cambio climático

- ▶ Los datos combinados y promediados a nivel global de temperatura superficiales en la tierra y los océanos indican un aumento en tendencia lineal de 0.85 (entre 0.65 y 1.06) °C durante el período de 1880 a 2012 (IPCC 2014).
- ▶ Se cree que es extremadamente probable que más de la mitad de los aumentos en temperaturas superficiales observados de 1951 a 2010 hayan sido causados por el aumento en la concentración de gases de efecto invernadero y otros factores antropogénicos. Debido a este aumento, en diversos escenarios se han proyectado cambios como aumento de las temperaturas superficiales, elevación del nivel del mar, acidificación de los océanos y el incremento en la frecuencia de eventos climáticos extremos y tempestades (IPCC 2014).
- ▶ Proyecciones recientes pronostican un aumento adicional de 90 a 130 cm para finales del siglo XXI (Grinsted, Moore y Jevrejeva 2010).



Aumento en la temperatura



Aumento en la productividad y en las tasas fotosintéticas (Rango óptimo entre 28 y 32 °C)

Alteraciones en los períodos de floración y fructificación

Modificaciones en su composición específica

Expansión hacia latitudes superiores (Temp. y sal. como limitantes)

Fuente: Clough, Andrews y Cowan 1982; Andrews, Clough y Muller 1984; Field 1995; Duke, Ball y Ellison 1998; Ellison 2000; Spalding, Kainuma y Lorna 2011.

An aerial photograph of a research site located in a dense forest. A tall, red and white lattice tower stands in the center, equipped with various antennas and sensors at the top. Two solar panels are mounted on the tower's structure. The surrounding area is a thick canopy of green trees. The image is framed by green geometric shapes on the left and right sides.

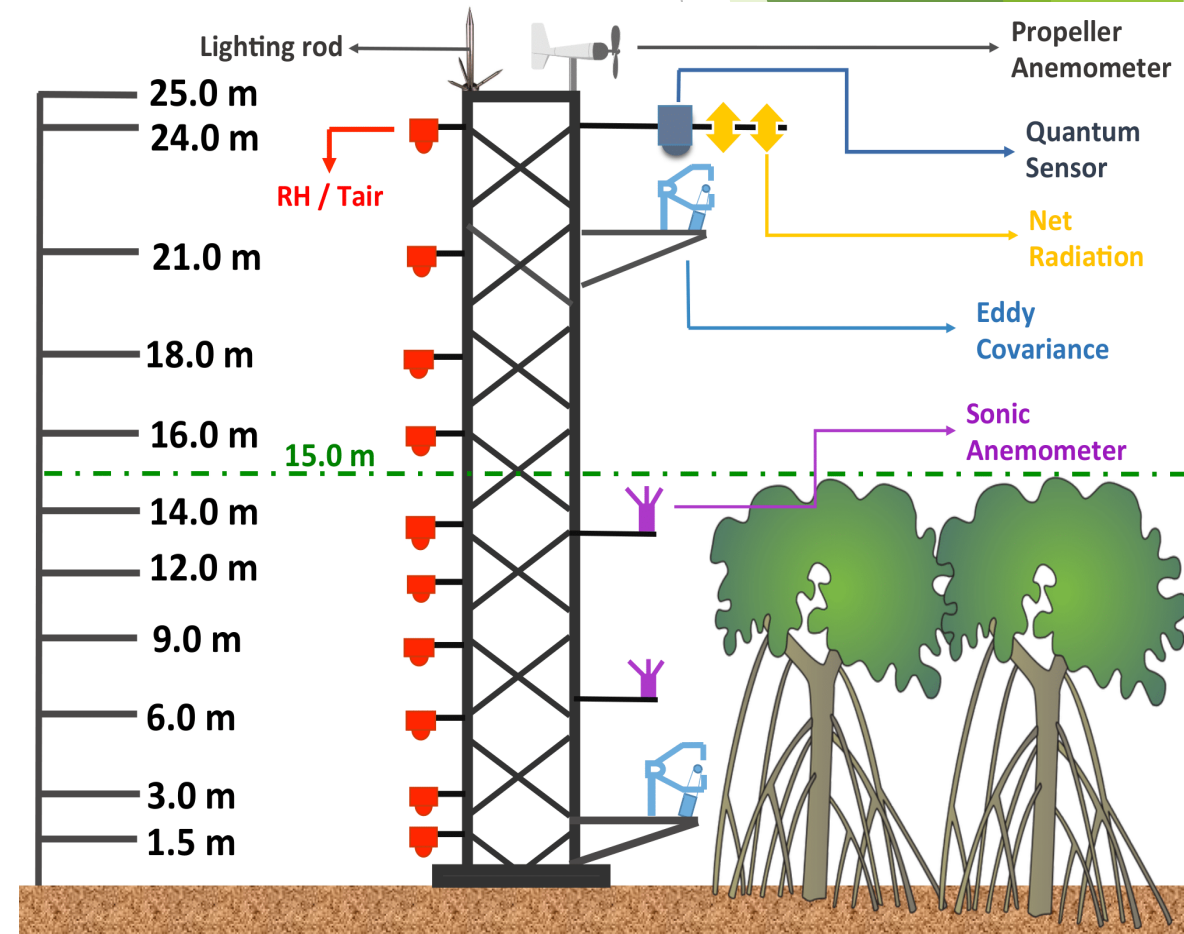
Sitio de estudio

Sistema de recolección de datos: Torre micrometeorológica Jay Zieman para la medición de covarianza de remolinos y dióxido de carbono

- ▶ La idea de contar con una torre para la medición de parámetros meteorológicos y carbono atmosférico fue concebida con la visita a Panamá en el año 2008 del doctor Joseph “Jay” Zieman por parte de la Universidad de Virginia; invitado por la Fundación Ciudad del Saber y la entonces Autoridad Nacional del Ambiente, hoy en día Ministerio de Ambiente para recorrer los manglares en las costas panameñas del Pacífico para así conocer sobre su estado y promover el estudio de este esencial ecosistema.
- ▶ A pesar de que al finalizar su visita las instituciones involucradas acordaron la construcción de una torre de este tipo para dar monitoreo constante a los manglares de la Bahía de Panamá, la iniciativa no fue concretada sino hasta el año 2014, cuando a través del proyecto de cooperación no reembolsable “Parque Urbano de Manglar de la Bahía de Panamá” se le da inicio formalmente (CIHH 2019).

La torre fue instalada en el año 2015 en una zona del humedal Bahía de Panamá cercana a la desembocadura del río Juan Díaz gracias a la colaboración entre el Banco de Desarrollo de América Latina (CAF), la constructora Norberto Odebrecht, el Ministerio de Salud, el Ministerio de Ambiente y la Universidad Tecnológica de Panamá, además de la experticia técnica prestada por expertos de las universidades de Virginia y Pensilvania.

Tiene una altura aproximada de 30 metros y se encuentra ubicada en las coordenadas $9^{\circ} 0' 51.82''$ N, $-79^{\circ} 27' 10.53''$ W. (CIHH 2019; Guerra Torres 2018).



El único acceso al sitio es a través de los terrenos de la planta de tratamiento de aguas residuales. Una vez se haya arribado por automóvil a un claro adyacente al área, es necesario continuar a pie atravesando una trocha para así adentrarse al ecosistema de manglar.

Urbanización Costa del Este

Torre Meteorológica

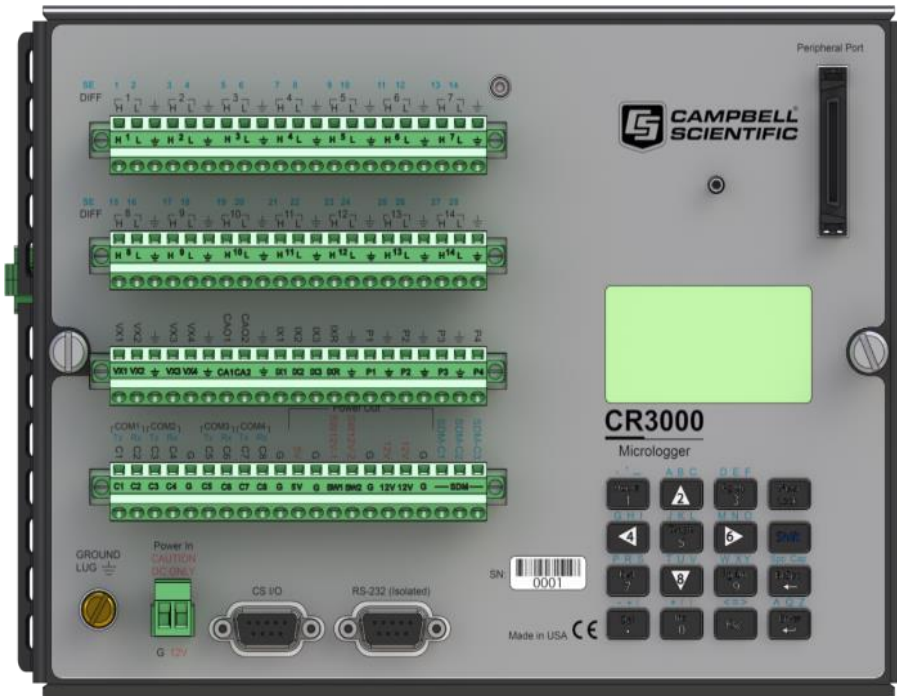
PTAR de Juan Díaz

El ecosistema de manglar en el sitio de estudio tiene un radio aproximado de 350 metros y está dominado por dos especies de manglar, *A. germinans* y *A. bicolor*, presentándose también otras especies como *Pelliciera rhizophorae* y *L. racemosa*. El dosel del bosque alcanza los 17m de elevación. Adicionalmente, recibe la influencia de las mareas cuatro veces al día (Guerra Torres 2018; Mc Rae y Reyna 2018).



Datalogger

Sensor de temperatura y humedad



La torre cuenta con 8 sensores de temperatura del aire y 2 sensores combinados para temperatura del aire y humedad; siendo ambos tipos de sensores de la marca R. M. Young Company. Dichos datos meteorológicos son registrados en un *datalogger* modelo CR3000 de marca Campbell Scientific (Guerra Torres 2018). Las mediciones ocurren cada diez minutos de manera consecutiva.

Instrumento	Altura desde el suelo (metros)	Altura desde la plataforma (metros)	Símbolo
Sonda de Temperatura	2.80	1.30	T2
	6.00	4.50	T3
	12.50	11.00	T4
	18.50	17.00	T5
	19.50	18.00	T6
	23.50	22.00	T7
	26.50	25.00	T8
	28.50	27.00	T9
Sonda de temperatura y humedad	2.80	1.30	T1-H1
	31.50	30.00	T10-H10

Metodología





Análisis estadístico de las variables con el uso de R

- ▶ R es un lenguaje de programación desarrollado por Ross Ihaka y Robert Gentleman a inicios de la década de los años 1990 en la Universidad de Auckland, Nueva Zelanda. El mismo está basado en un lenguaje anterior, conocido como S, habiendo sido desarrollado en 1976 por John Chambers y otros en 1976 (Zuur, Ieno y Meesters 2009).

A screenshot of the RStudio interface. The main window shows a script editor with a single line of code: '1 |'. The console at the bottom displays the R startup message for version 3.6.1 (2019-07-05). The right-hand side of the interface shows the Environment pane with a list of objects: CR3000.Mangrov... (121129 obs. of 26 variables), R (List of 13), R10 (List of 12), T&H (121129 obs. of 26 variables), TH (121125 obs. of 16 variables), and TH2 (78485 obs. of 16 variables). Below the Environment pane is the Packages pane, which lists various installed packages like askpass, assertthat, backports, BH, brew, callr, CampbellLogger, cellranger, cli, clipr, clisymbols, and colorspace.

Datos de entrada

- ▶ La investigación fue realizada con datos de los ocho sensores de temperatura del aire y los dos sensores combinados colectados durante los años 2017 y 2018. Los mismos eran recopilados en el *datalogger* y posteriormente, descargados manualmente por personal técnico del CIHH capacitado para el manejo de dichos instrumentos.
- ▶ Para facilitar la comprensión del documento y para permitir la adecuada lectura del archivo una vez sea introducido en R para su análisis, se removieron las columnas con información no concerniente a las variables estudiadas, además de modificar el formato de fechas.
- ▶ Durante gran parte del año 2017, el sensor T10-H10 presentó fallos en sus mediciones por problemas de calibración, ocasionando que sus datos resultasen falseados. Por esta razón se consideró pertinente eliminar de los análisis de temperatura de los años estudiados los datos de este sensor. Sin embargo, se utilizaron los datos de humedad relativa en el 2017 en su mayoría con propósitos ilustrativos.

Análisis de variables

	A	B	C	D	E							K	L	M	N	O	P
1	Day	Month	Year	Hour	temp1_Avg	temp2_Avg	temp3_Avg	temp4_Avg	temp5_Avg	temp6_Avg	temp7_Avg	temp8_Avg	temp9_Avg	temp10_Avg	RH1_Avg	RH10_Avg	
2	22	8	2016	12:40:00	33,66	33,96	34,01	33,47	33,46	33,21	33,39	33,17	33,3	32,88	66	69,66	
3	22	8	2016	12:50:00	33,98	34,13	34,01	33,71	33,81	33,6	33,77	33,53	33,67	33,28	65,48	68,81	
4				0	34,37												
5				0	34,42												
6				0	34,24												
7				0	34,02												
8				0	25,05												
9				0	25,13												
10				0	25,11												
11				0	25,24												
12	23	8	2016	8:10:00	25,4	25,41	25,64	25,43	25,92	26,38	25,97	26,41	26,18	26,13	89,1	86	
13	23	8	2016	8:20:00	25,53	25,43	25,64	25,57	26,14	26,69	26,21	26,74	26,45	26,48	89,5	82	
14	23	8	2016	8:30:00	25,38	25,39	25,68	25,63	26,32	26,8	26,36	26,86	26,59	26,58	91,7	81,1	
15	23	8	2016	8:40:00	25,4	25,4	25,67	25,68	26,16	26,58	26,21	26,63	26,4	26,36	91,7	83,3	
16	23	8	2016	8:50:00	25,74	25,76	26,02	25,91	26,31	26,73	26,39	26,77	26,55	26,5	86,4	82,1	
17	23	8	2016	9:00:00	26,03	26,09	26,38	26,3	26,71	27,15	26,78	27,2	26,96	26,93	84,1	79,55	
18	23	8	2016	9:10:00	26,03	26,15	26,58	26,49	26,91	27,3	26,97	27,35	27,12	27,09	87,5	80,9	
19	23	8	2016	9:20:00	26,39	26,46	26,77	26,68	27,07	27,42	27,11	27,45	27,25	27,19	85,9	83	
20	23	8	2016	9:30:00	26,69	26,72	26,94	26,77	27,13	27,45	27,17	27,47	27,29	27,19	83,2	82,7	
21	23	8	2016	9:40:00	26,79	26,76	27,01	26,86	27,21	27,51	27,28	27,52	27,36	27,25	83,9	82,1	
22	23	8	2016	9:50:00	26,89	26,92	27,14	26,99	27,34	27,64	27,4	27,65	27,48	27,37	83,8	83	
23	23	8	2016	10:00:00	27,09	27,1	27,32	27,12	27,45	27,69	27,54	27,68	27,55	27,4	82,4	82,4	
24	23	8	2016	10:10:00	27,38	27,33	27,55	27,35	27,68	27,93	27,73	27,94	27,75	27,63	81,3	80	

Gráficas de línea (Promedios mensuales/estación)

Boxplots (Promedios mensuales estaciones combinadas)

Mapa de calor

Temperatura y humedad modificad

Regresión lineal simple

La regresión lineal modela una variable de respuesta numérica y por una o varias variables predictoras x_j , para $j = 1, \dots, p$. Los valores ajustados son la suma de los coeficientes β_j que multiplican cada una de las variables x_j , usualmente acompañados de un intercepto β_0 . El modelo para la i -ava observación está descrito de la siguiente manera según la teoría estadística estándar de modelos lineares:

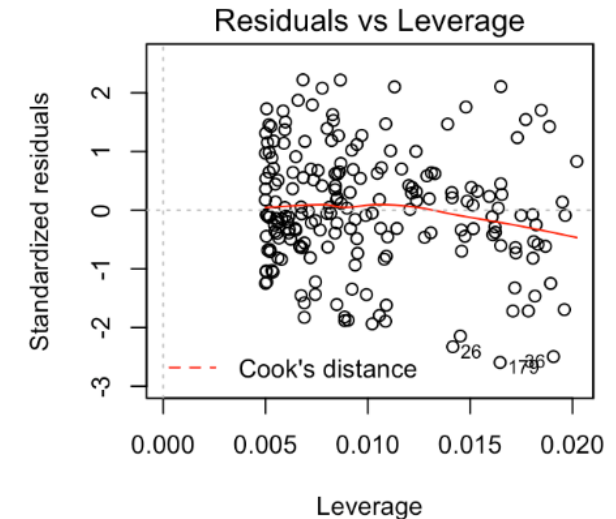
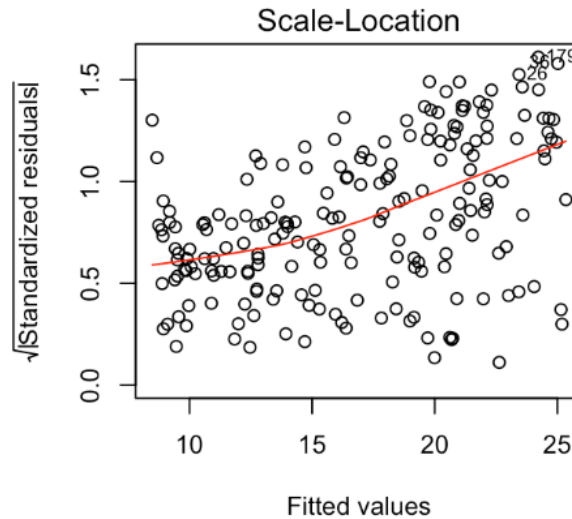
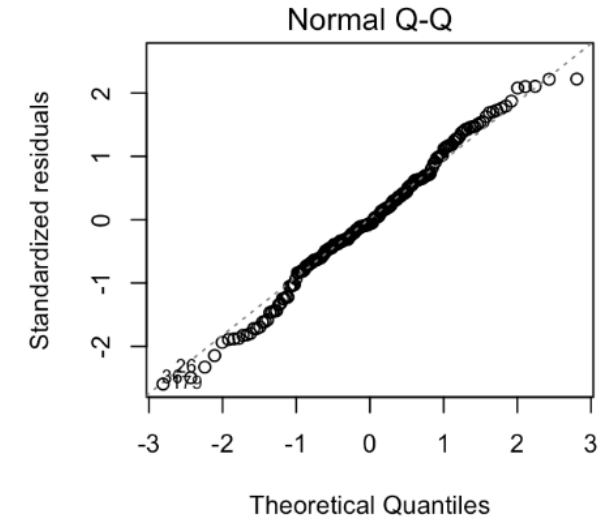
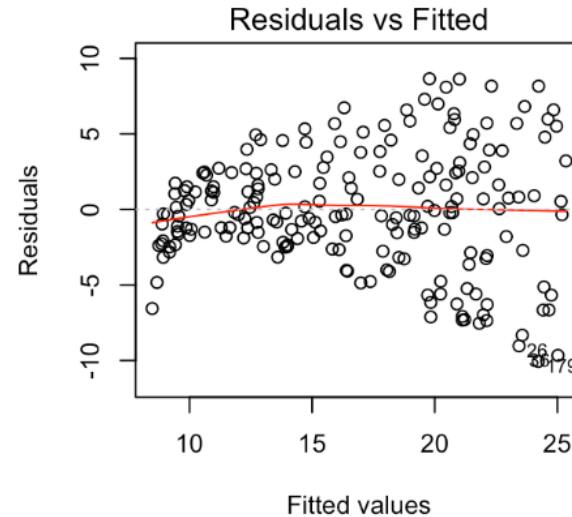
$$y_i = \beta_0 + \sum_{j=1}^p \beta_j x_{ij} + \varepsilon_i$$

Además, se hacen las siguientes asunciones para ε_i :

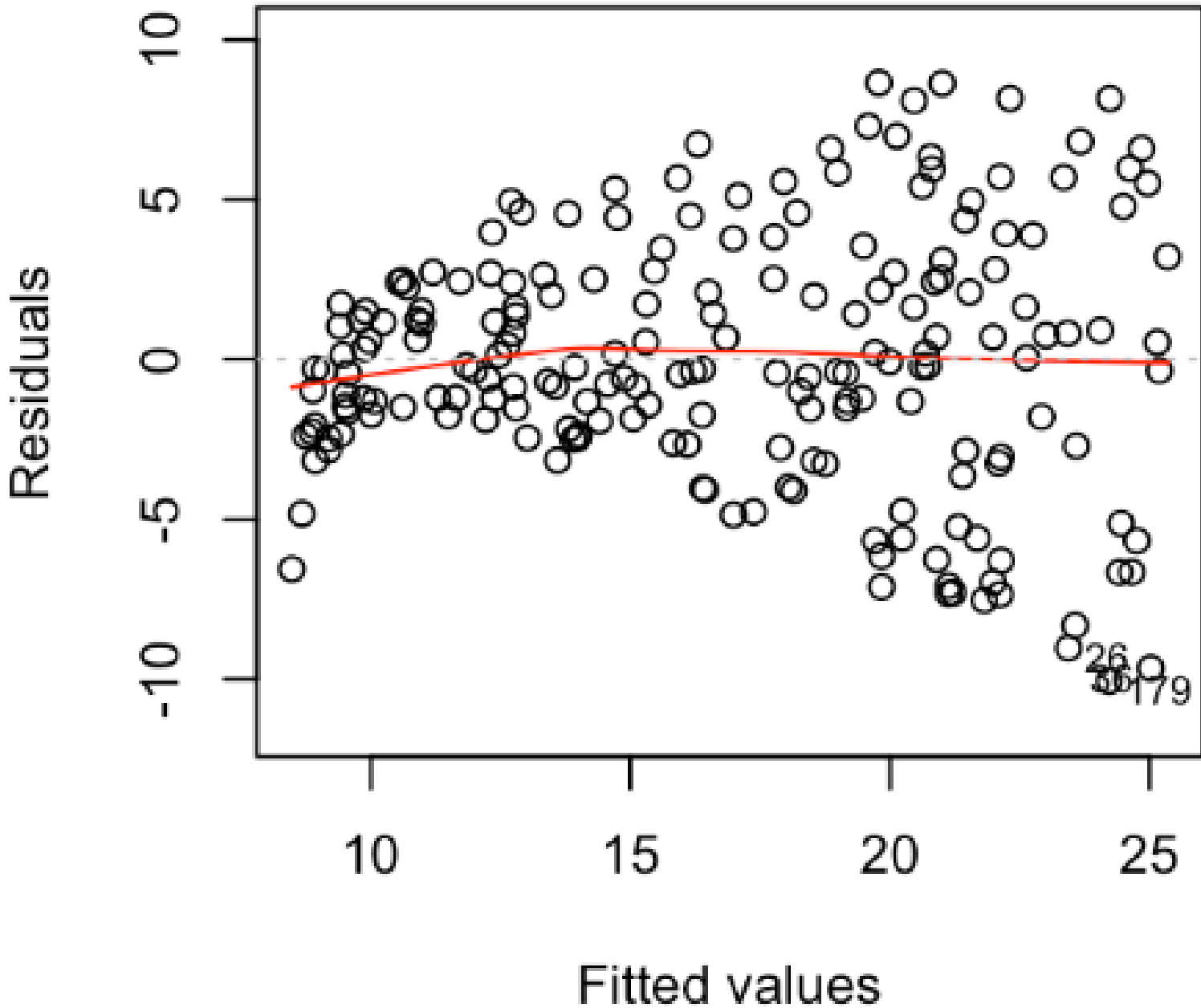
- Covarianza nula o independencia (en el caso de una regresión múltiple).
- Media cero.
- Homoscedasticidad o varianza constante a lo largo de las observaciones.
- Normalidad.
- (Chambers y Hastie 1992).

Análisis de residuales

- ▶ Para determinar si el ajuste del modelo es adecuado para los datos introducidos, se utilizaron métodos gráficos destinados a la evaluación de los residuales. Las gráficas en cuestión son gráficas de residuales versus valores ajustados, para determinar si existen o no relaciones no lineares; gráficas cuantil-cuantil, para la evaluación de la normalidad; gráficas *scale-location*, para la homocedasticidad y gráficas de residuales versus influencia, las cuales se utilizan para encontrar valores extremos.

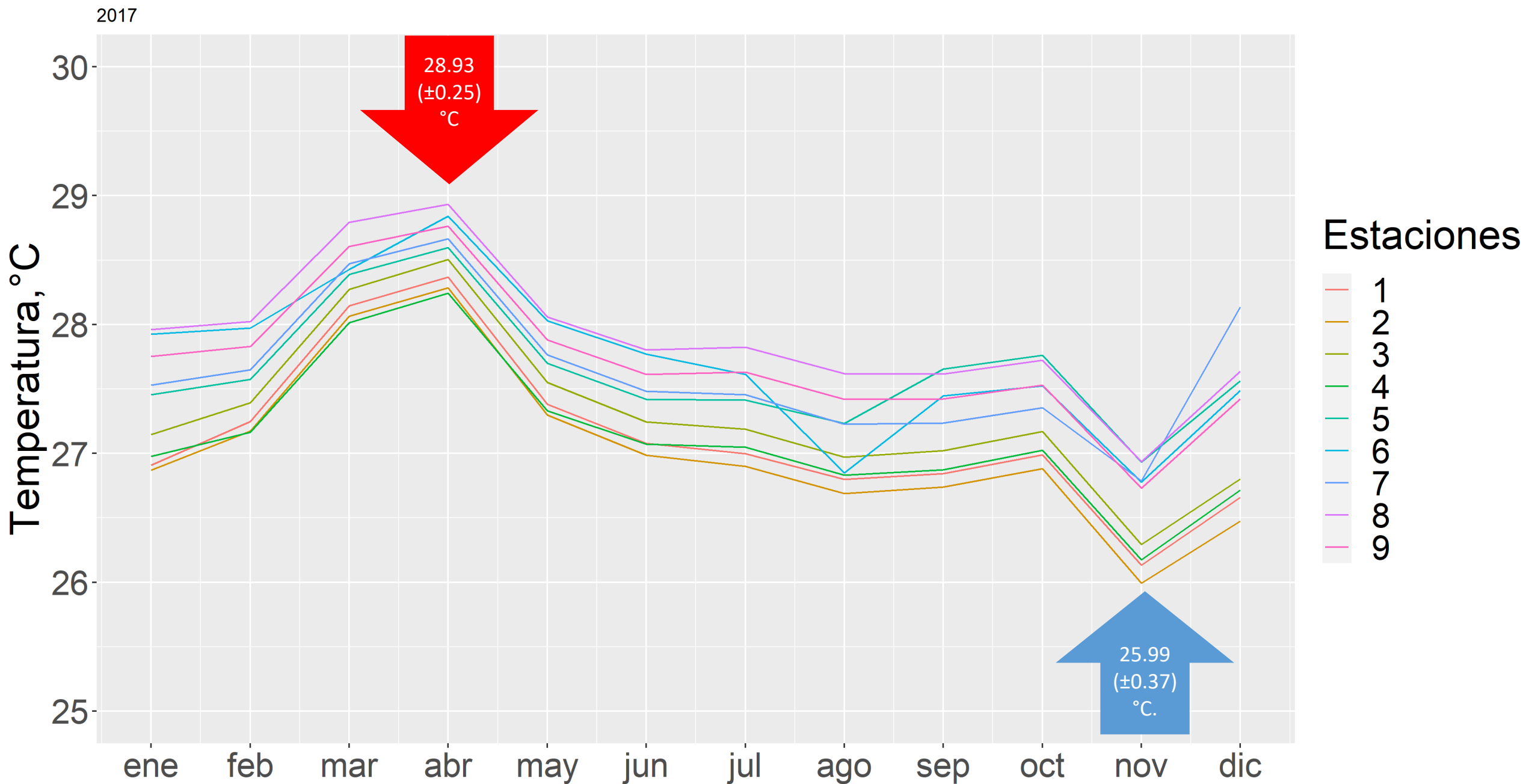


Residuals vs Fitted

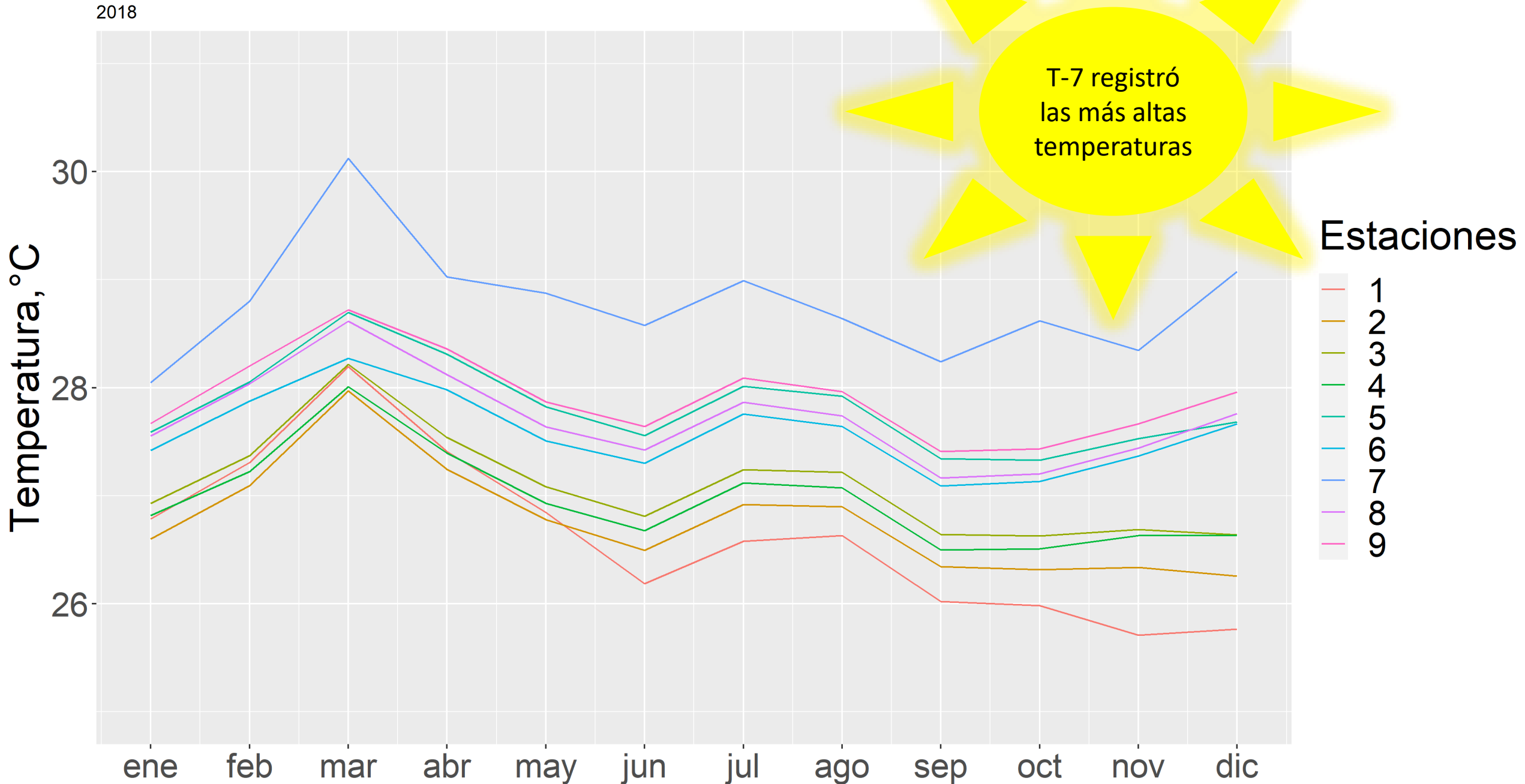


Análisis de
resultados

Temperatura del aire a 9 elevaciones

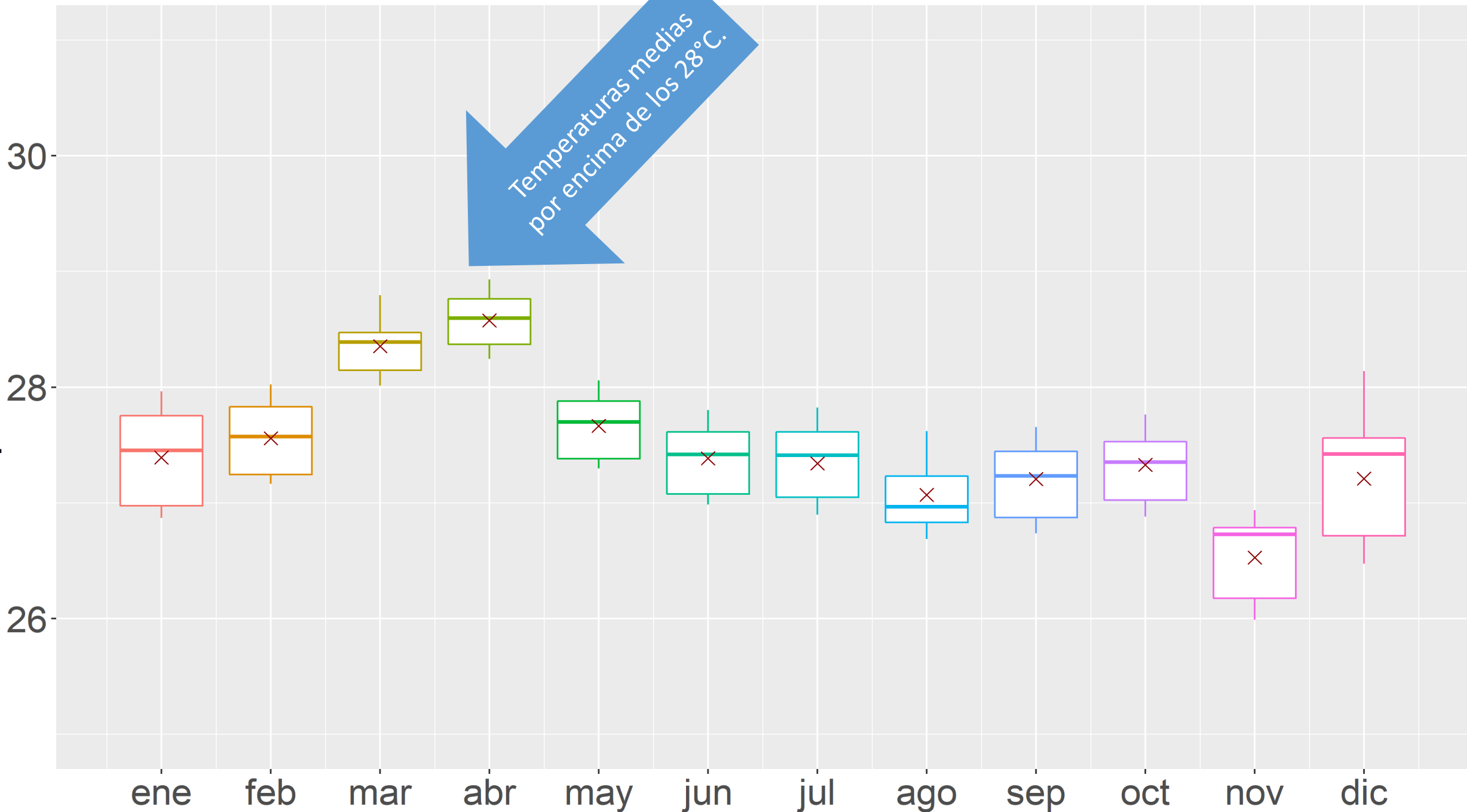


Temperatura del aire a 9 elevaciones



2017

Temperatura, °C



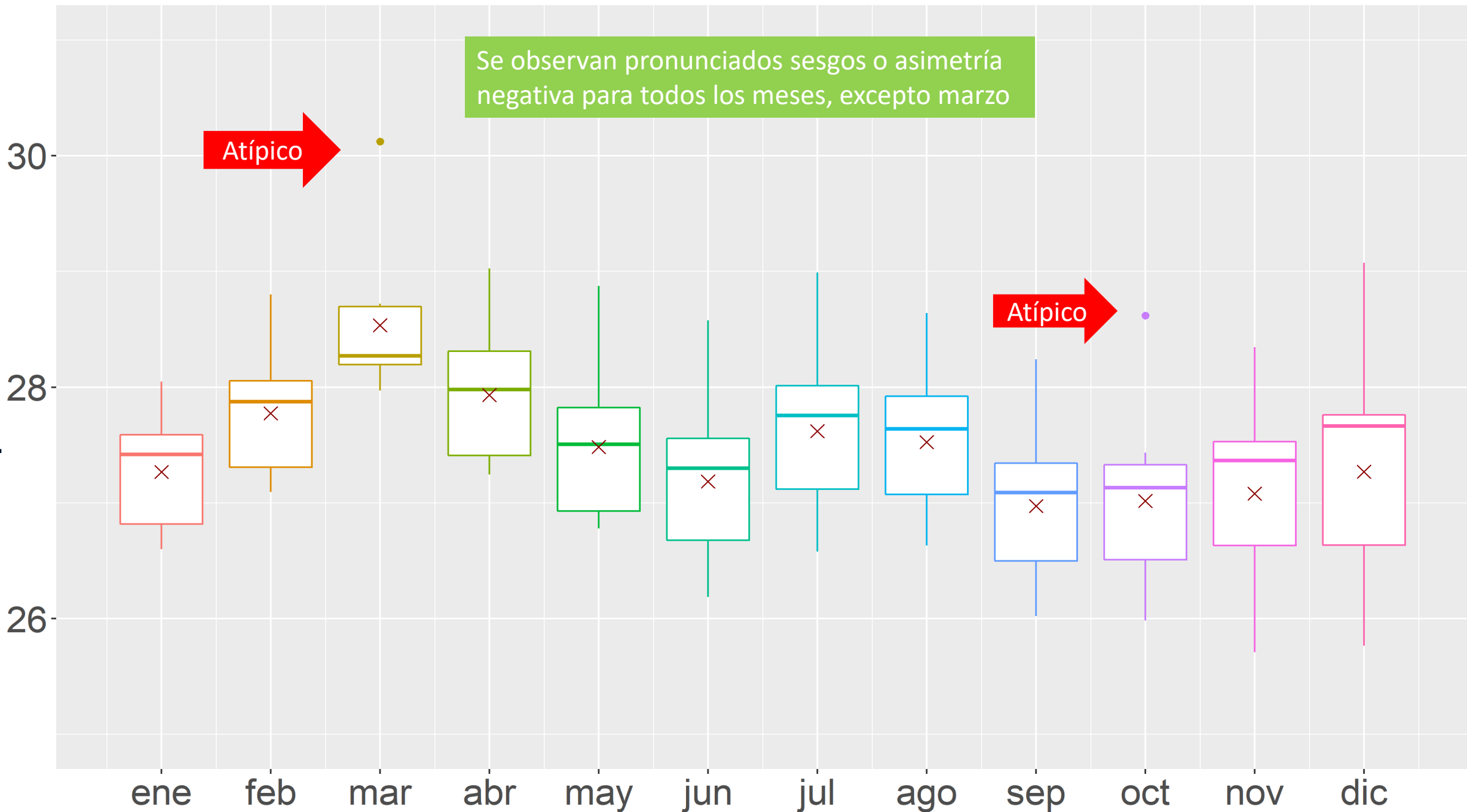
Mes	Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
Enero	26.87	27.96	27.46	27.39	0.43
Febrero	27.16	28.02	27.57	27.56	0.34
Marzo	28.01	28.79	28.39	28.35	0.26
Abril	28.24	28.93	28.60	28.58	0.25
Mayo	27.30	28.06	27.70	27.67	0.29
Junio	26.99	27.80	27.42	27.39	0.31
Julio	26.90	27.82	27.41	27.34	0.32
Agosto	26.69	27.62	26.97	27.07	0.32
Septiembre	26.74	27.65	27.24	27.21	0.35
Octubre	26.88	27.76	27.35	27.33	0.33
Noviembre	25.99	26.94	26.73	26.53	0.37
Diciembre	26.47	28.14	27.42	27.21	0.56

2017

Temperatura Anual Media: 27.47 (±0.32) °C

2018

Temperatura, °C

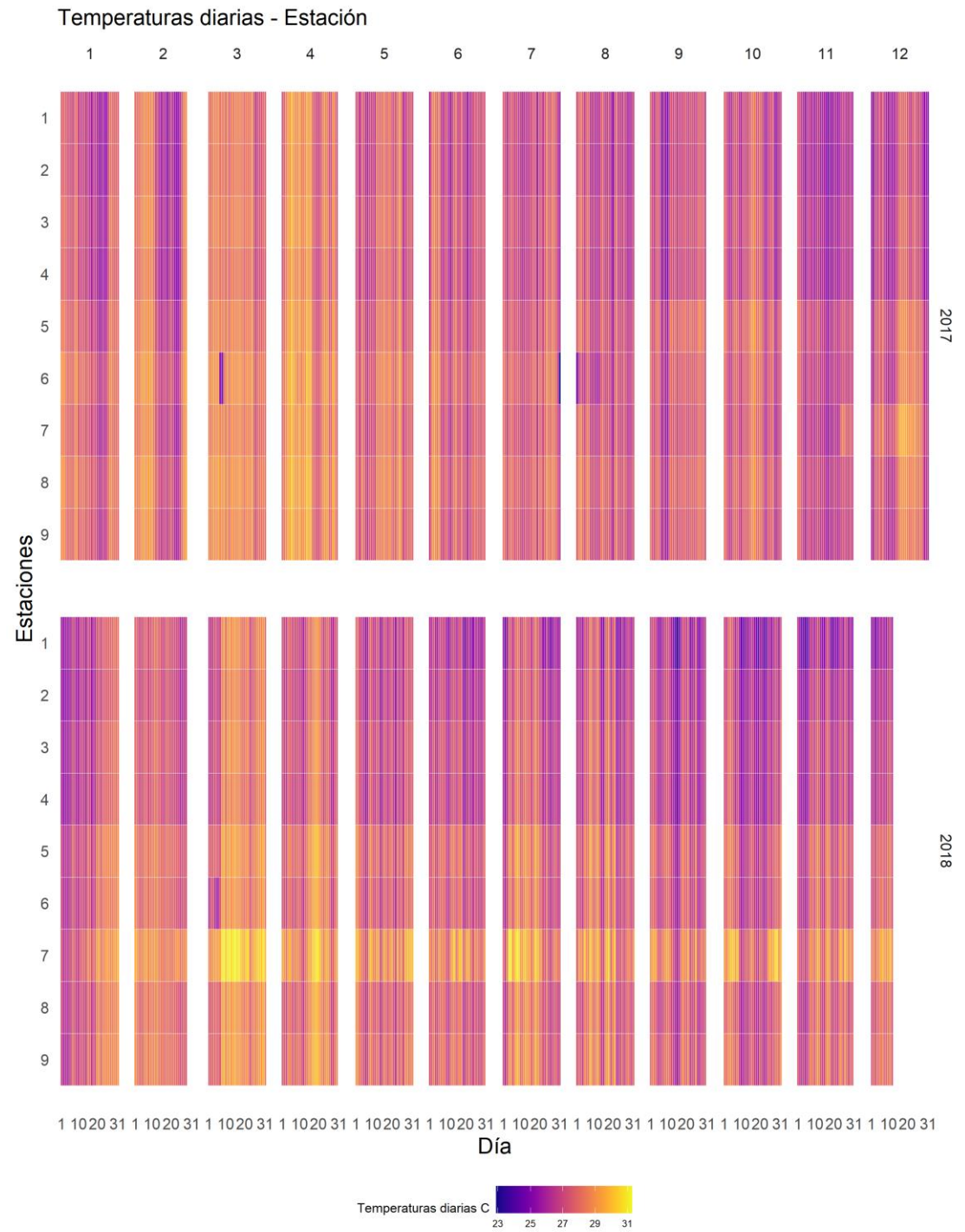


Mes	Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
Enero	26.60	28.05	27.42	27.27	0.50
Febrero	27.09	28.80	27.88	27.77	0.56
Marzo	27.97	30.12	28.27	28.54	0.66
Abril	27.25	29.03	27.98	27.93	0.59
Mayo	26.78	28.87	27.51	27.48	0.67
Junio	26.19	28.58	27.30	27.19	0.73
Julio	26.58	28.99	27.76	27.62	0.73
Agosto	26.63	28.64	27.64	27.52	0.63
Septiembre	26.02	28.24	27.09	26.97	0.67
Octubre	25.98	28.62	27.13	27.02	0.78
Noviembre	25.71	28.35	27.37	27.08	0.80
Diciembre	25.77	29.07	27.66	27.27	1.02

2018

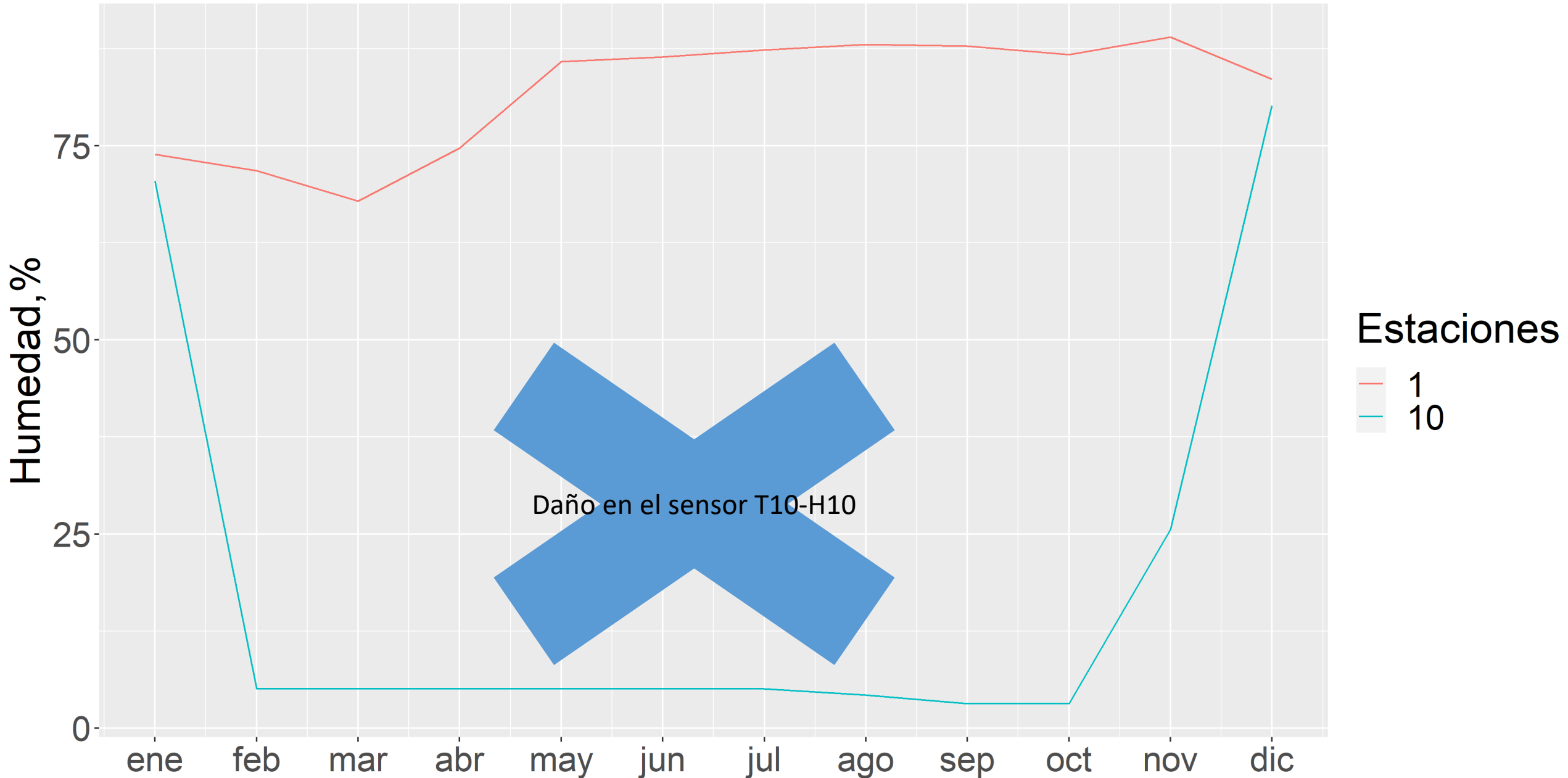
Temperatura Anual Media: 27.48 (±0.67) °C

Mapa de calor



Humedad relativa a 2 elevaciones

2017



Estaciones

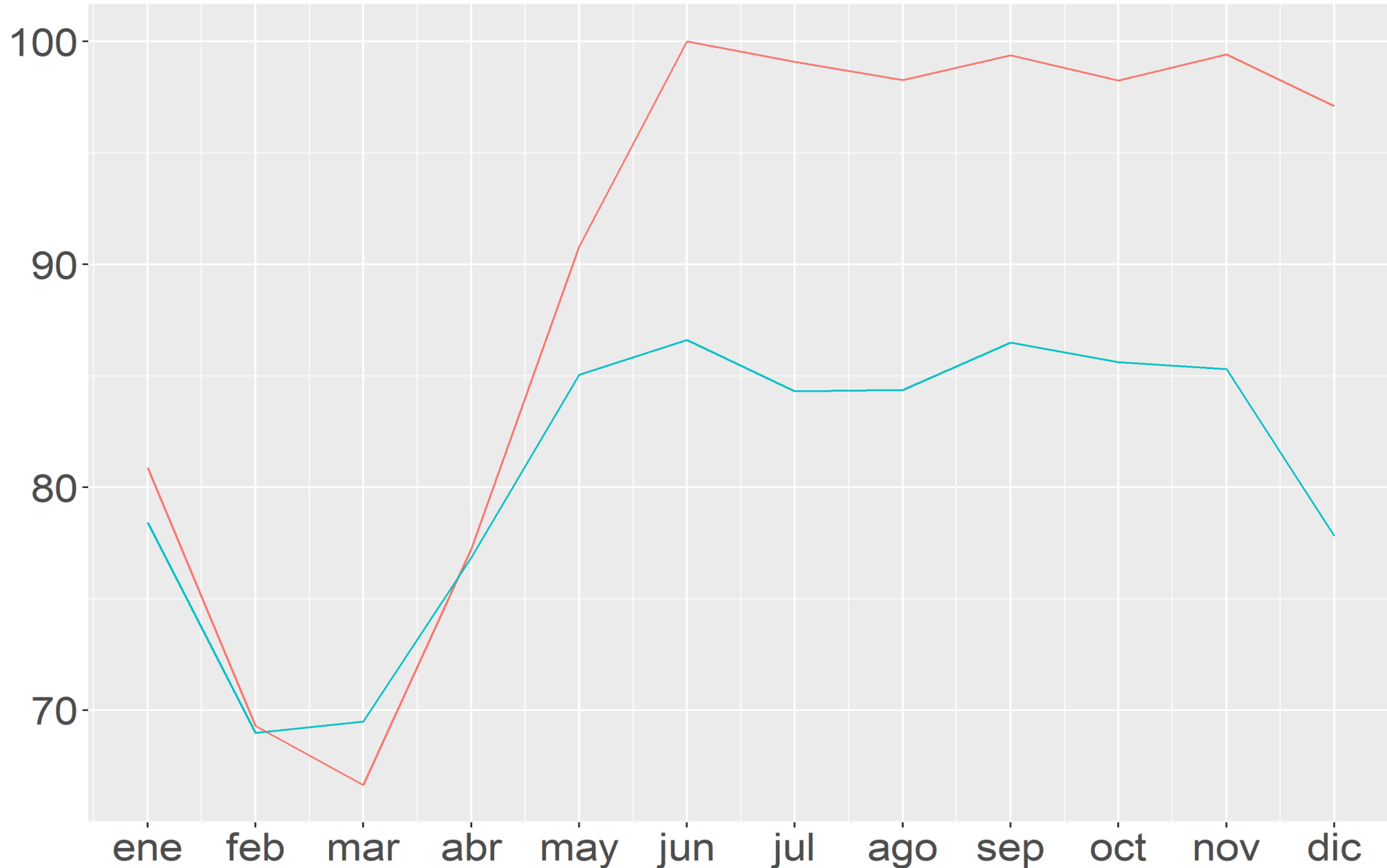
- 1
- 10

Daño en el sensor T10-H10

Mes	Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
Enero	70.48	73.92	72.20	72.20	2.44
Febrero	5.07	71.81	38.44	38.44	47.19
Marzo	5.08	67.89	36.48	36.48	44.41
Abril	5.06	74.72	39.89	39.89	49.26
Mayo	5.08	85.86	45.47	45.47	57.12
Junio	5.08	86.44	45.76	45.76	57.54
Julio	5.07	87.38	46.22	46.22	58.20
Agosto	4.26	88.07	46.16	46.16	59.26
Septiembre	3.12	87.87	45.50	45.50	59.93
Octubre	3.13	86.74	44.94	44.94	59.12
Noviembre	25.59	89.03	57.31	57.31	44.86
Diciembre	80.16	83.61	81.89	81.89	2.44

Humedad relativa a 2 elevaciones

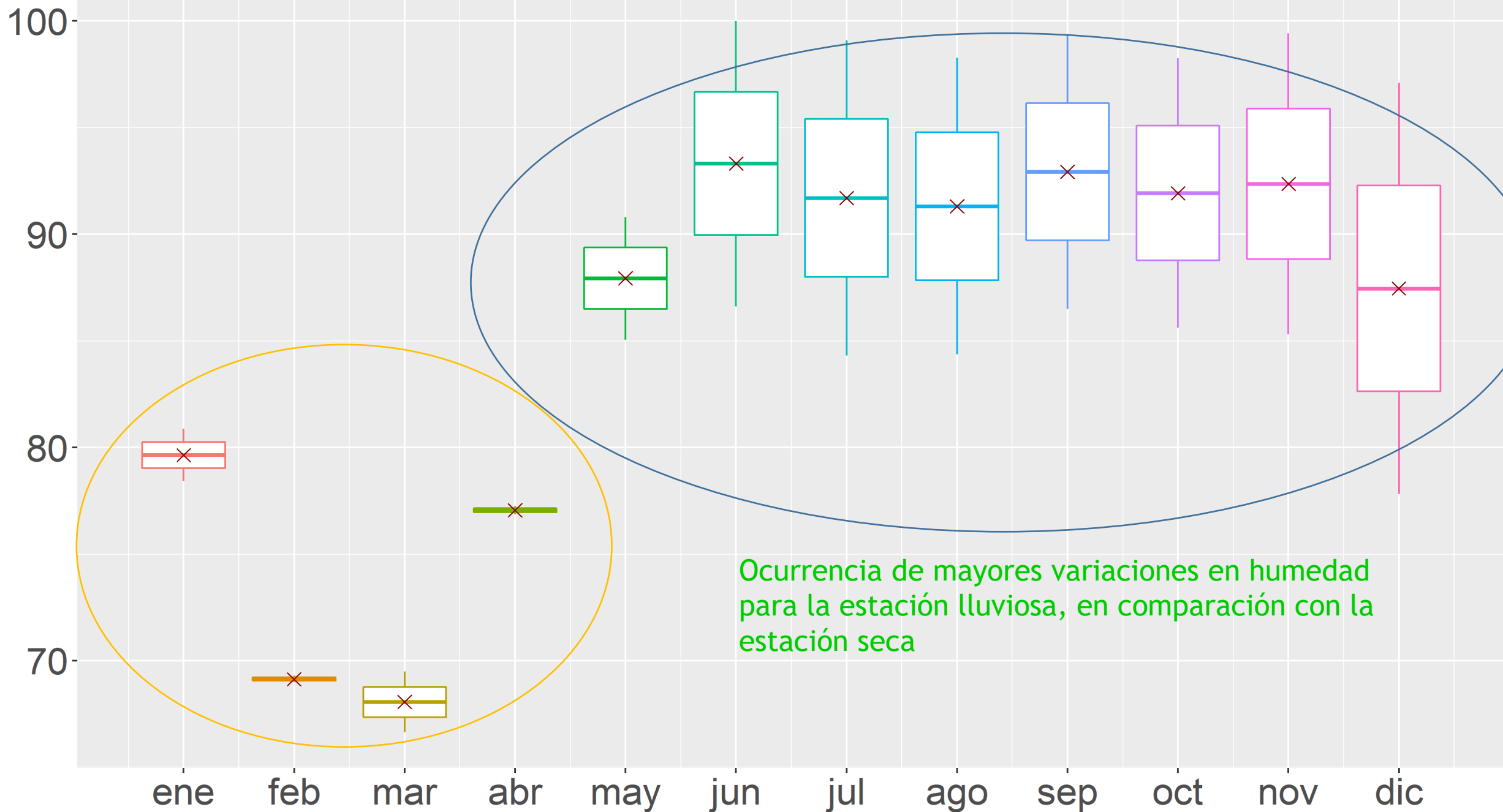
2018



Estaciones
1
10

2018

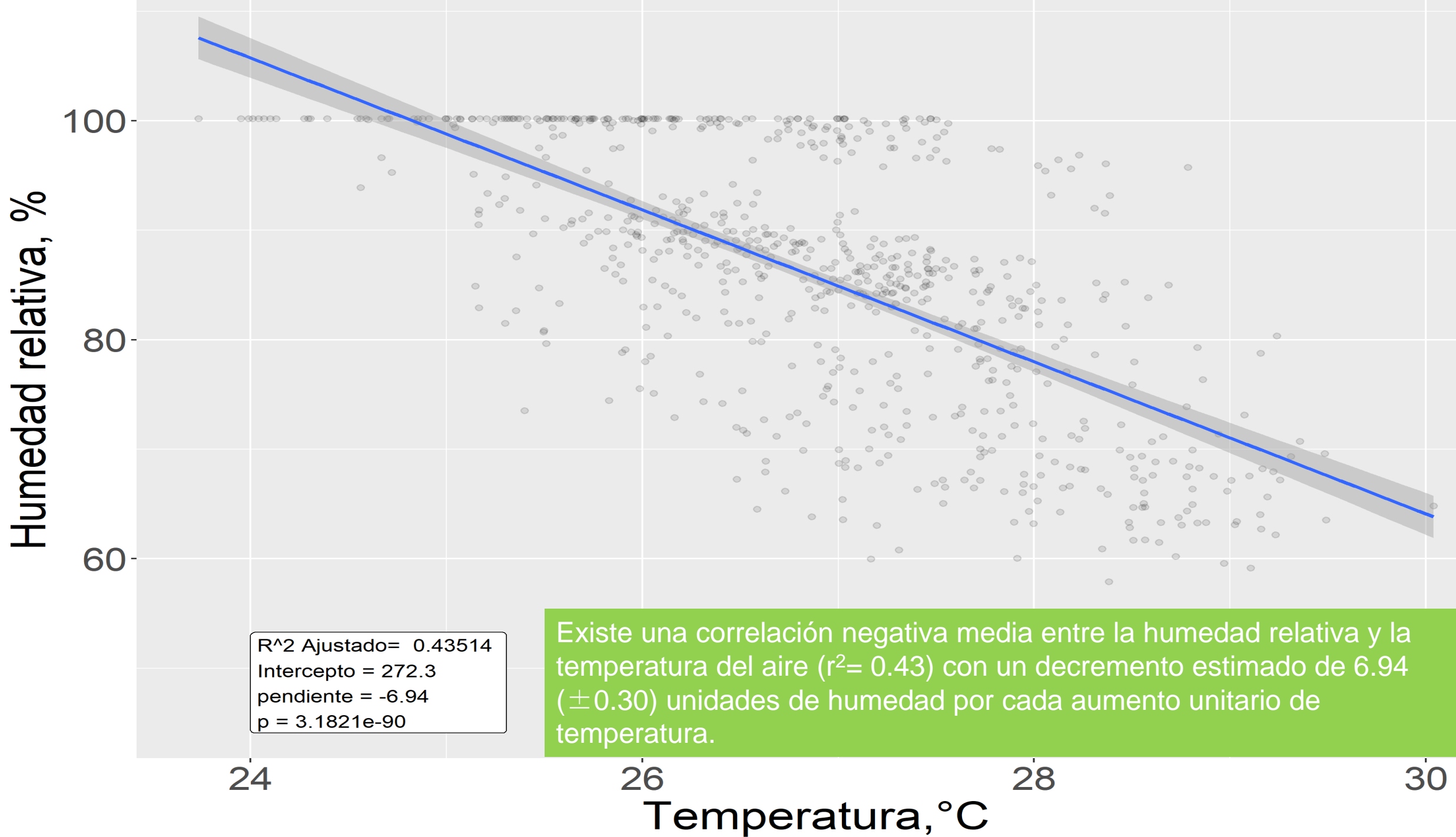
Humedad, %

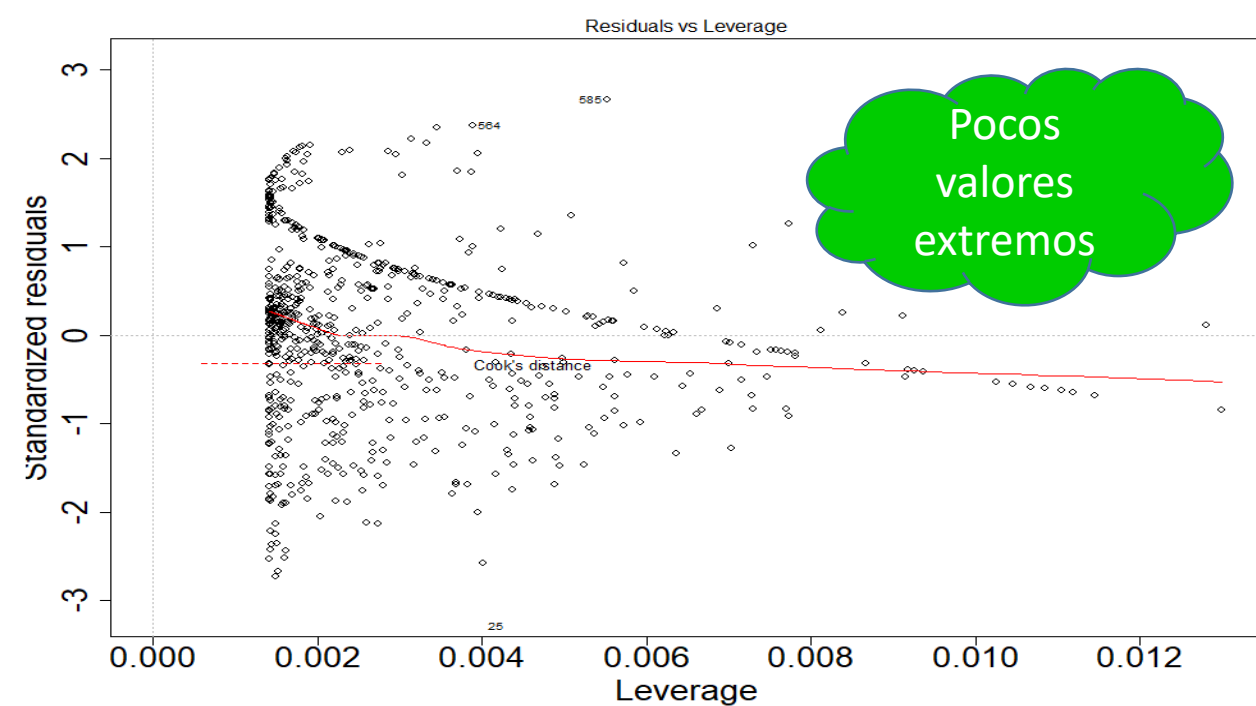
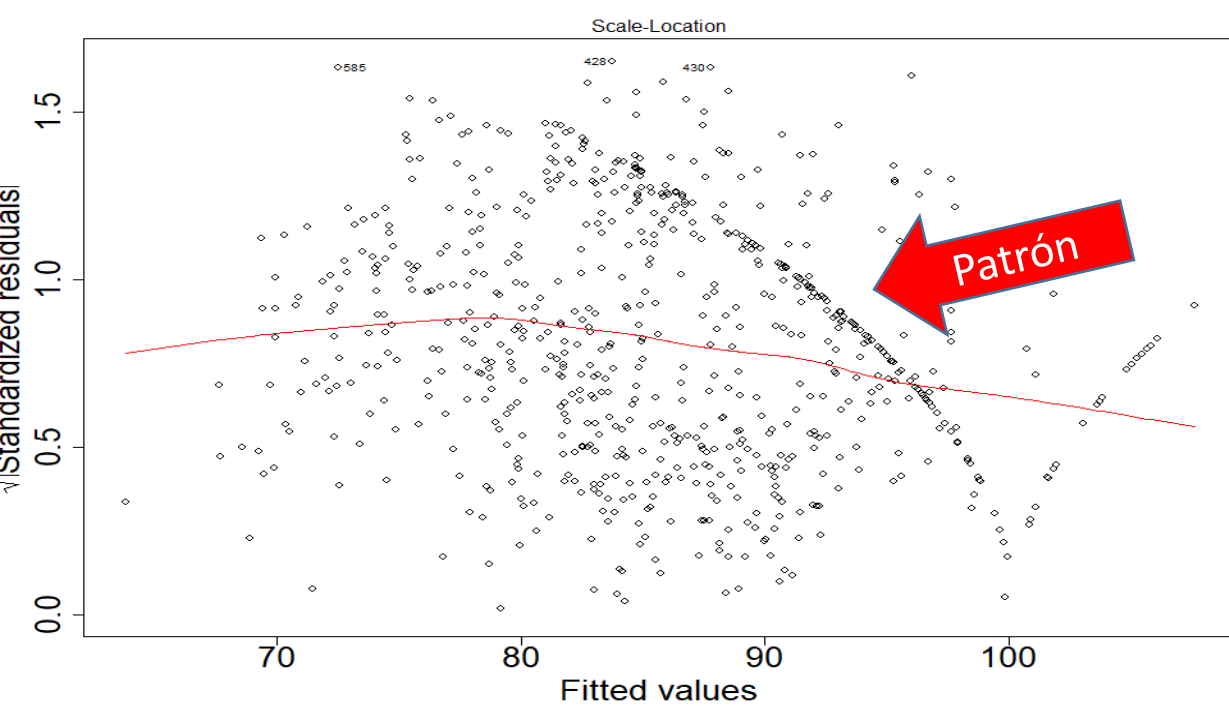
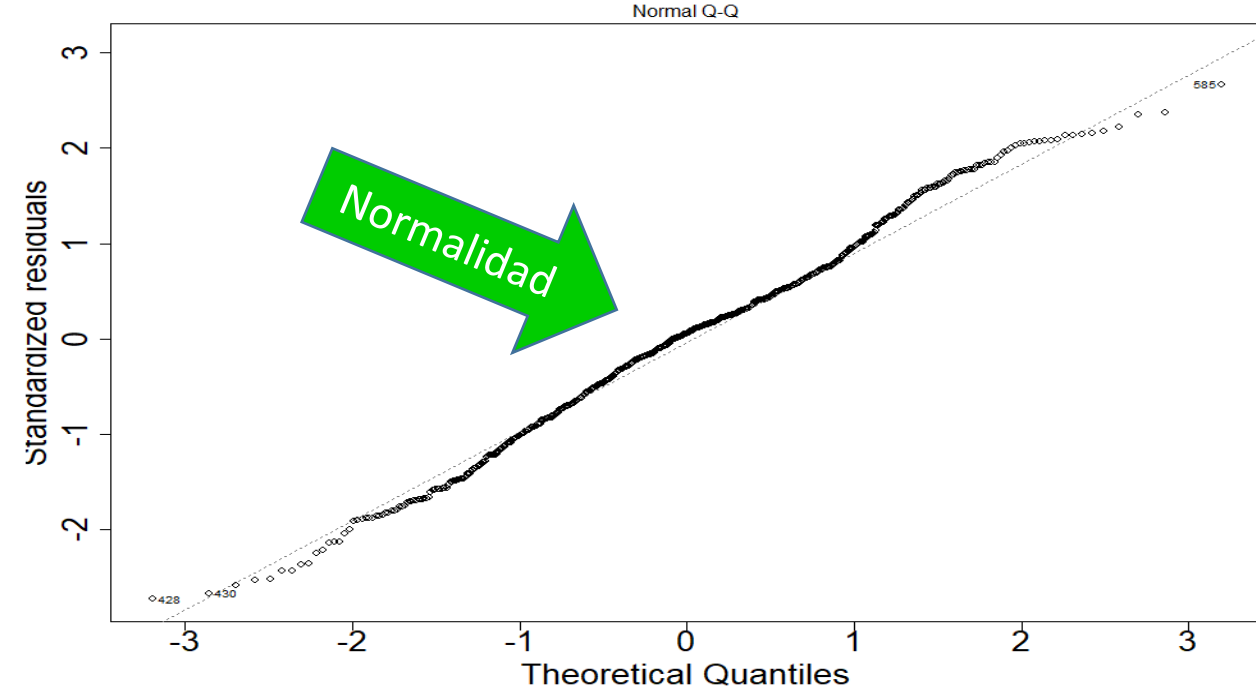
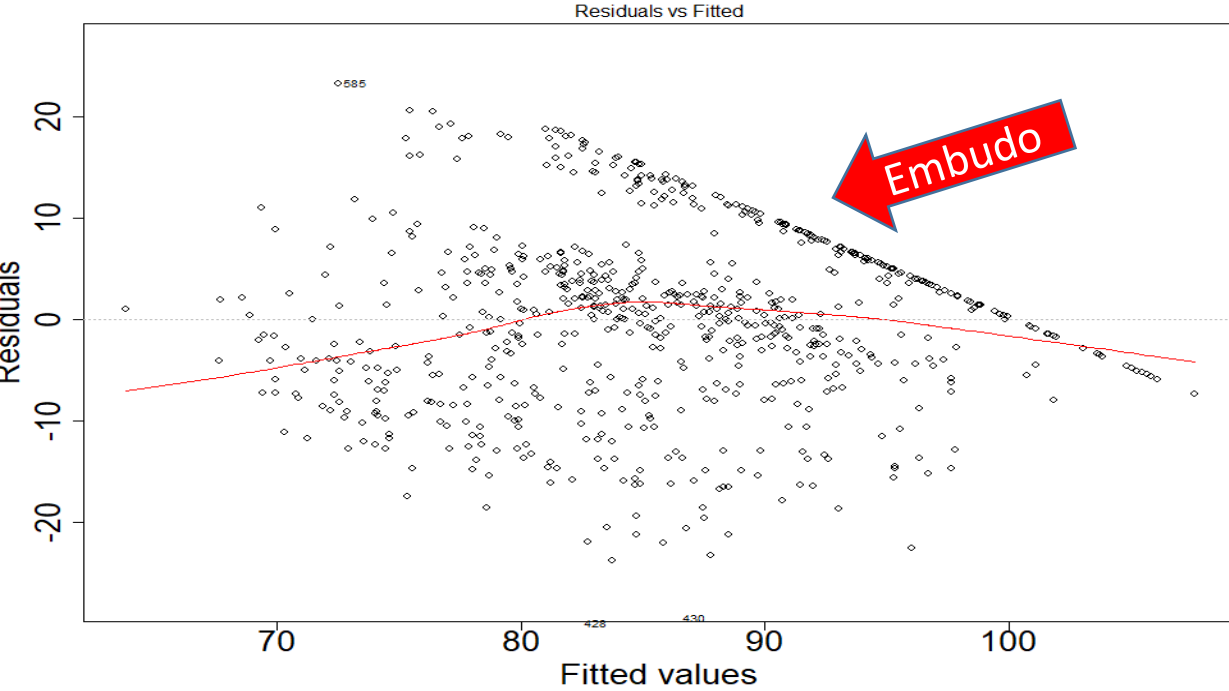


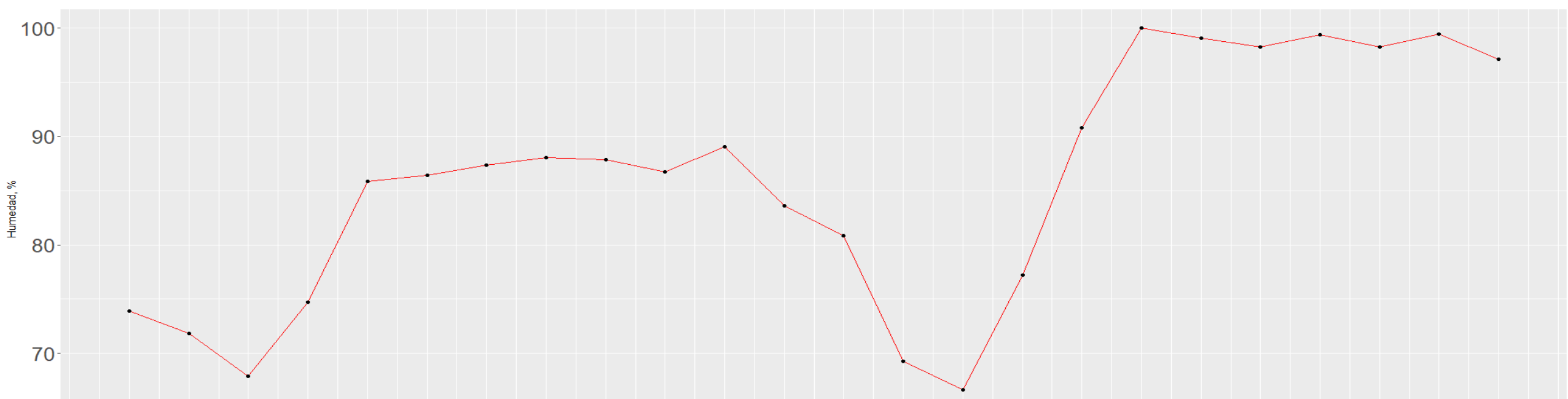
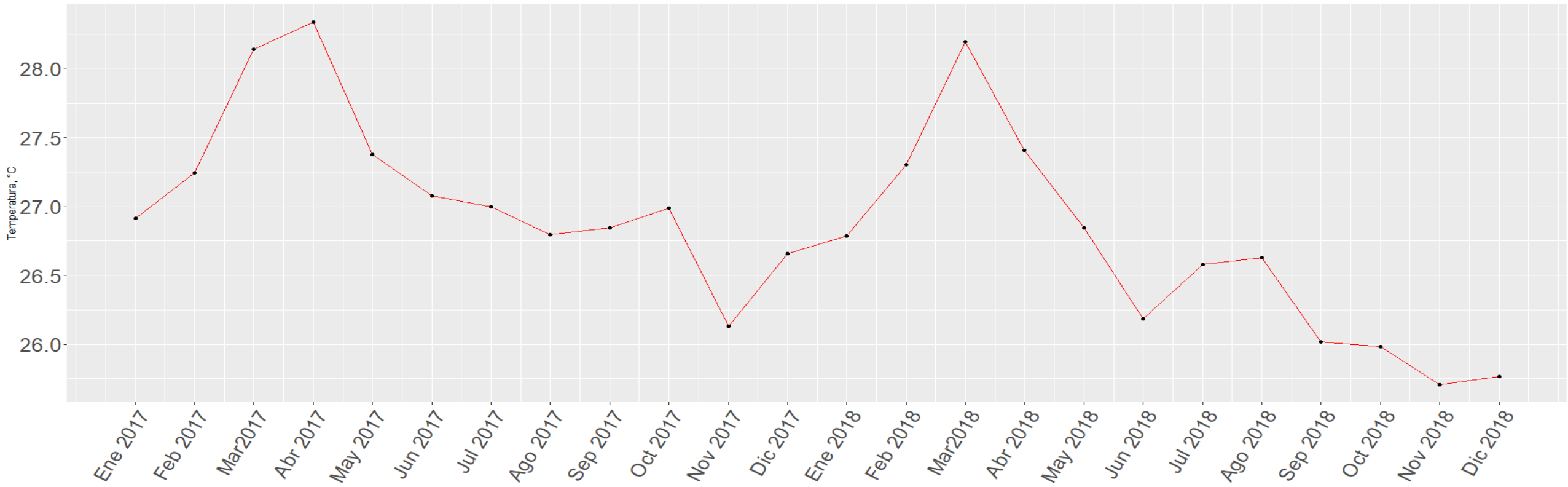
Mes	Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
Enero	78.42	80.87	79.64	79.64	1.73
Febrero	68.98	69.29	69.14	69.14	0.22
Marzo	66.64	69.49	68.07	68.07	2.02
Abril	76.86	77.24	77.05	77.05	0.27
Mayo	85.06	90.81	87.93	87.93	4.07
Junio	86.61	100.01	93.31	93.31	9.47
Julio	84.30	99.09	91.70	91.70	10.46
Agosto	84.36	98.26	91.31	91.31	9.83
Septiembre	86.48	99.37	92.93	92.93	9.11
Octubre	85.61	98.24	91.92	91.92	8.94
Noviembre	85.30	99.43	92.36	92.36	9.99
Diciembre	77.81	97.10	87.46	87.46	13.64

2
0
1
8

**Humedad
Rel. Anual
Media:
85.21
(±5.94) %.**







Limitantes

The image features a white background with abstract green geometric shapes. On the left, a solid green vertical bar is partially visible. On the right, there are several overlapping, semi-transparent green triangles of various shades, creating a layered effect. A solid green horizontal bar spans the width of the page, positioned below the word 'Limitantes'. The word 'Limitantes' is centered in a green, sans-serif font.

- El principal limitante para un análisis más extenso de las variables estudiadas fue el daño sufrido por ciertos sensores a causa de las aves de rapiña; las cuales al posarse en o cerca de múltiples sensores por períodos prolongados causaron que estos se descalibraran. Inicialmente estaba planeada la utilización de los datos del año 2019, sin embargo, se siguieron presentando problemas con las aves de rapiña durante la mayoría de los meses, con lo cual se desistió del uso de los datos para tal año, pues no se contaría con un perfil completo de los cambios en temperatura y humedad relativa con el aumento en la elevación. No fue sino hasta el mes de septiembre de 2019 que se logró remediar esta problemática con la instalación de medidas disuasorias en los sensores .



Conclusiones

The slide features a white background with abstract green geometric shapes in the corners. A solid green horizontal bar spans the width of the slide, positioned below the main title.

1. Se logró obtener un perfil de la temperatura del aire casi perfectamente completo a lo largo de la elevación de la torre para ambos años estudiados. Dicho perfil no solo permite analizar las variaciones térmicas en función de la altura, sino que, además, puede utilizarse en estudios de respuesta estomática y de covarianza de remolinos.

2. La temperatura media del sitio de estudio se mantiene acorde a lo observado por D'Croze (1993) y Kaufmann (2012), con ligeros picos durante la estación seca, siendo el mes más caliente abril para el 2017 y marzo en el 2018. Sin embargo, no se alcanzaron temperaturas que por sí solas pudiesen inducir estrés de consideración en los manglares.

3. Las variaciones de temperatura entre las estaciones mes a mes, aunque apreciables a la vista gráficamente, se consideran despreciables debido a los bajos valores de desviación estándar.
4. A pesar de no haber contado con las mediciones de humedad relativa para una de las estaciones durante el 2017, fue posible observar que la humedad disminuye con la elevación, a causa de la mayor incidencia de la radiación solar gracias a los datos recabados en el 2018.
5. Se confirmó que existe una correlación negativa media entre la temperatura del aire y la humedad relativa, obteniéndose un coeficiente de determinación igual a 0.43, sin embargo, en análisis de residuales arrojó resultados que parecen indicar la necesidad de realizar transformaciones a los datos utilizados o a la inclusión de otras variables.

6. Desde el año 2016 y durante los meses donde la estación seca suele ser más pronunciada se ha observado gracias a imágenes satelitales la degradación en una franja del manglar cercana a la torre y a la planta de tratamiento de aguas residuales en comparación con los meses correspondientes a la temporada lluviosa. No es posible atribuirle directamente a alguno de los factores estudiados este fenómeno, pero es probable que la influencia de variables naturales y antropogénicas esté incidiendo en este suceso, entre ellas las construcciones en áreas aledañas al manglar, como la ampliación de la planta de tratamientos de aguas residuales y diversos proyectos urbanísticos.



Estación
lluviosa 2017



Estación seca
2018

Recomendaciones

1. Se recomienda continuar con el monitoreo de las variables estudiadas, ya que el estudio de parámetros climáticos en zonas de importancia ecológica como lo son los humedales requiere de mediciones constantes. Adicionalmente, se sugiere se realicen investigaciones enfocadas a medir la respuesta estomática de los manglares del área, para mejorar así el entendimiento del estado de la asimilación de CO₂ de los mismos.
2. Se sugiere realizar un nuevo ajuste considerando múltiples variables adicionales como la precipitación, radiación neta, meses del año, entre otras, para así ofrecer una mejor visualización de sus interacciones y correlaciones.
3. Adicionalmente, se sugiere se realicen investigaciones enfocadas a temas como la medición de la respuesta estomática de los manglares del área, para mejorar así el entendimiento del estado de la asimilación de CO₂ de los mismos. Llevar a cabo experimentos de manipulación de variables se considera de igual forma importante, pues permitirían asesorar la respuesta de estos ecosistemas a posibles escenarios futuros.
4. Finalmente, es recomendado dar mantenimiento constante a todos los equipos de la torre y verificar que la disposición de los mismos no cause distorsiones en las mediciones de parámetros como la temperatura.

Muchas gracias