



Miércoles  
28/04

10  
hrs.

# Webinar cierre de proyecto FIC

Redes de monitoreo de calidad del aire de bajo costo para la región del Maule



REDES DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE  
DE BAJO COSTO PARA LA REGIÓN DEL MAULE

**Ricardo Baettig P.**

Director de Proyecto U de Talca  
(25 min)



GOBIERNO  
REGIONAL  
DEL MAULE

# Contexto

Múltiples estudios nacionales e internacionales han mostrado que existe una asociación entre el nivel de concentración de contaminantes en el aire como material particulado (MP), ozono (O<sub>3</sub>), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO) y la incidencia de muertes prematuras, junto con varias enfermedades cardiorrespiratorias, tanto en niños como en adultos.



## Red SINCA (Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire - MMA).

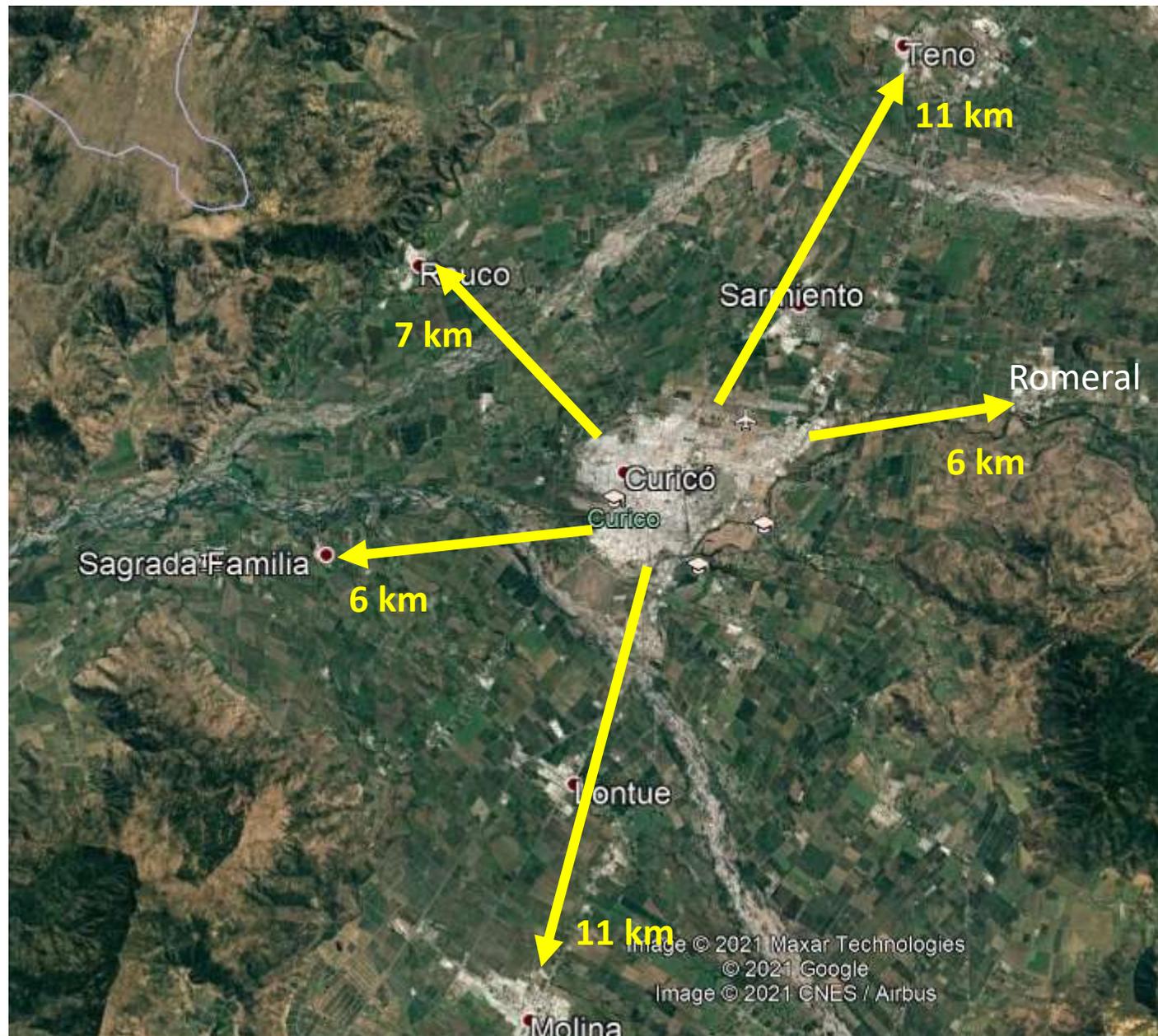
Este sistema funciona mediante la utilización de equipamiento normalizado que requiere altas inversiones y altos con costos de operación.



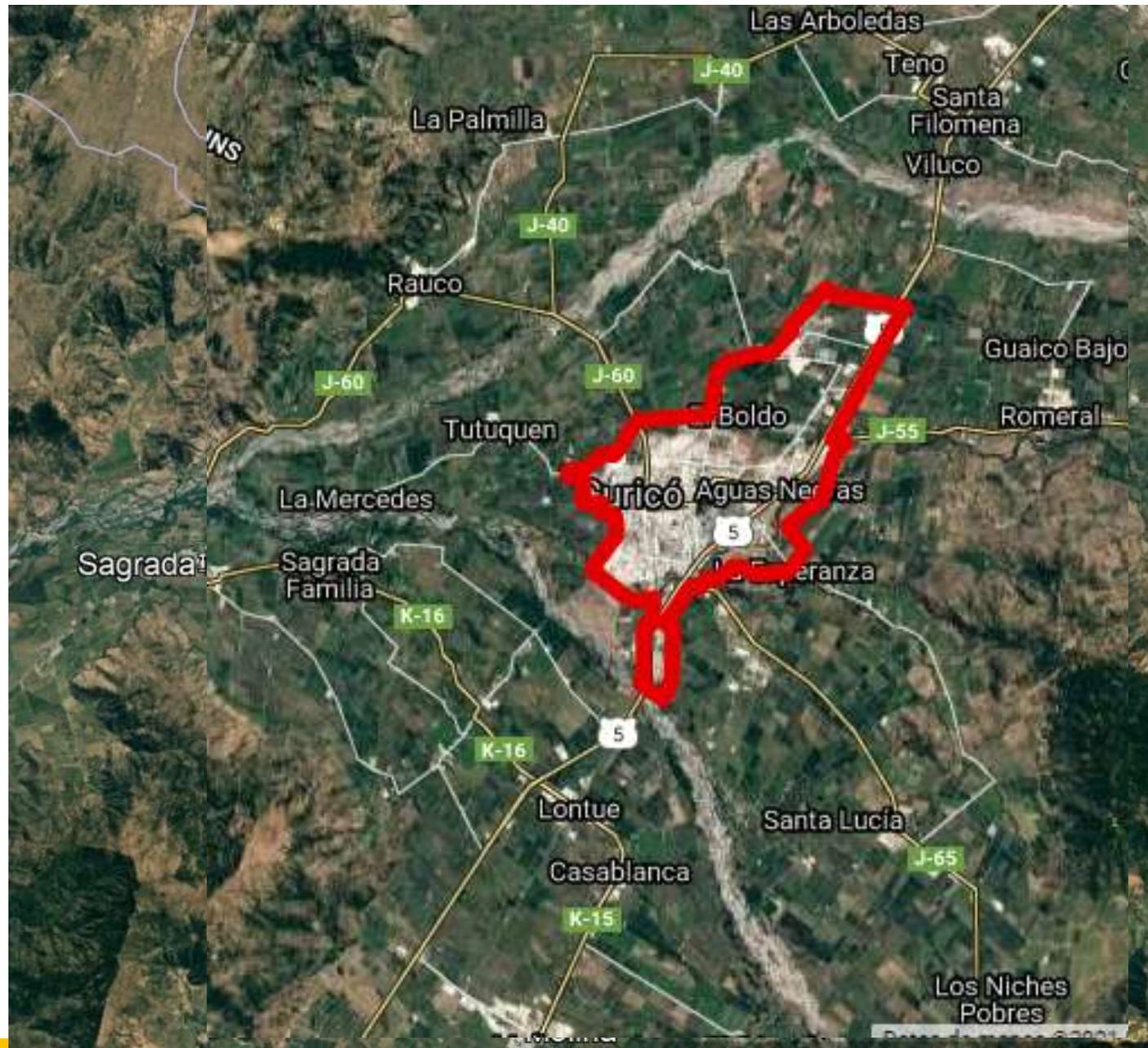
Curicó (1)  
Talca (3)  
Linares (1)



## PDA - Proximidad de comunas contiguas a Curicó



## PDA - Proximidad de comunas contiguas a Curicó



# Objetivos

Transferir a la SEREMI del Medio Ambiente del Maule un modelo de comportamiento de la contaminación por material particulado en función de las condiciones climáticas en todo el valle central de la provincia de Curicó.

Validar un prototipo de red de monitoreo de calidad del aire de bajo costo adaptado a las condiciones climáticas y de contaminación del aire invernal en Chile central.

Algunas marcas de detectores "low-cost" de material particulado



ALPHASENSE



ECOLOGICSENSE



YAGUCHI



HONEYWELL



SENSIRION



PLANTOWER



AMPHENOL



WINSEN

# Auge de publicaciones



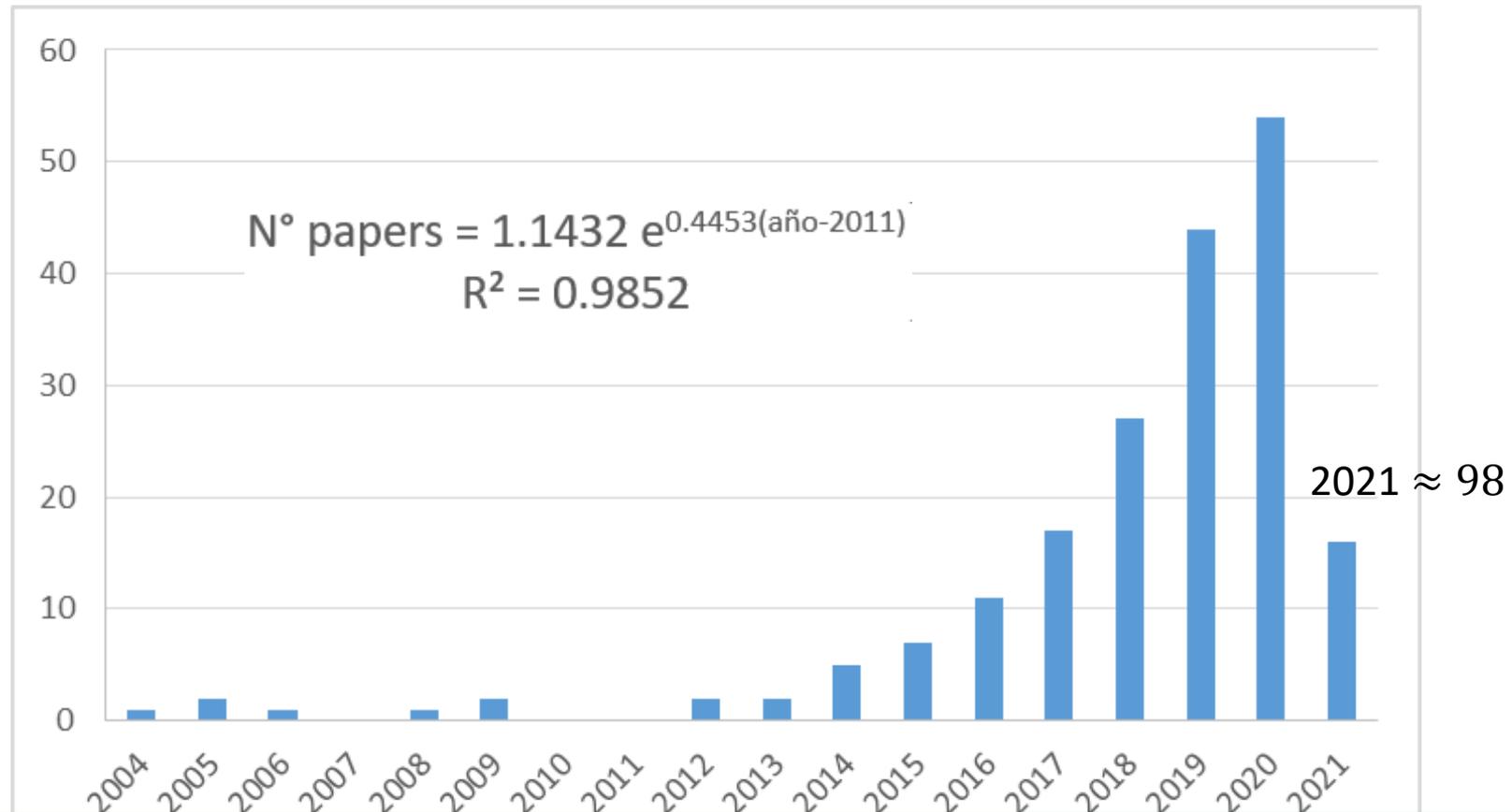
Scopus

Search Sources Lists SciVal ↗



## 193 document results

TITLE (( "low" AND "cost" ) AND ( "detector" OR "monitoring" OR "sensor" ) AND ( "air" AND ( "quality" OR "pollution" )))



# Auge de publicaciones



Scopus

Search

Sources

Lists

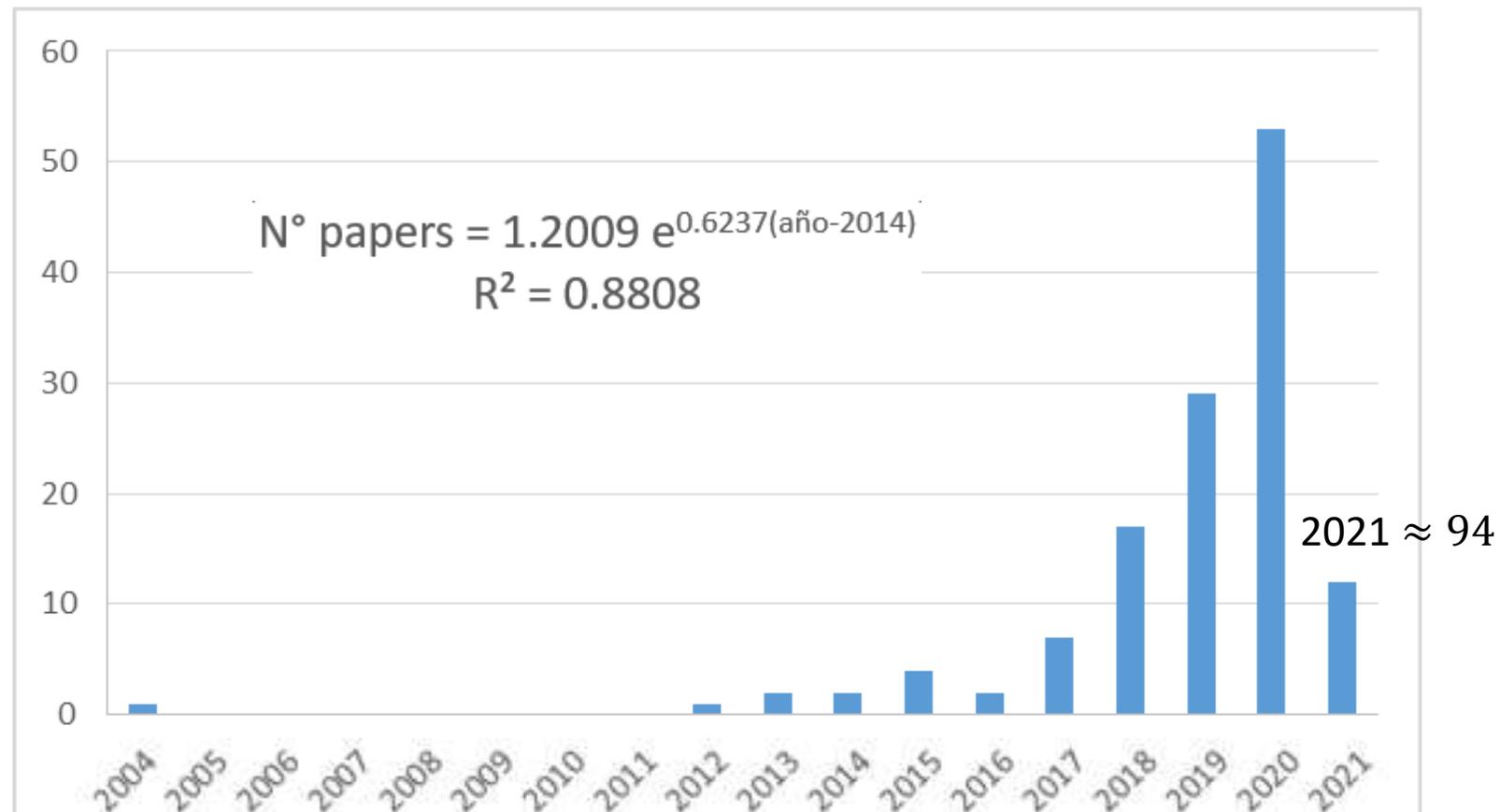
SciVal ↗



Creat

## 131 document results

TITLE (( "low" AND "cost" ) AND ( "detector" OR "monitoring" OR "sensor" ) AND ( "particulate" OR ( "PM" OR "PM2.5" OR "PM10" OR "PM1" ) ) )



## Registro de patentes

(Patentinspiration.com) “air pollution” AND “detector” “air quality” AND “detector”

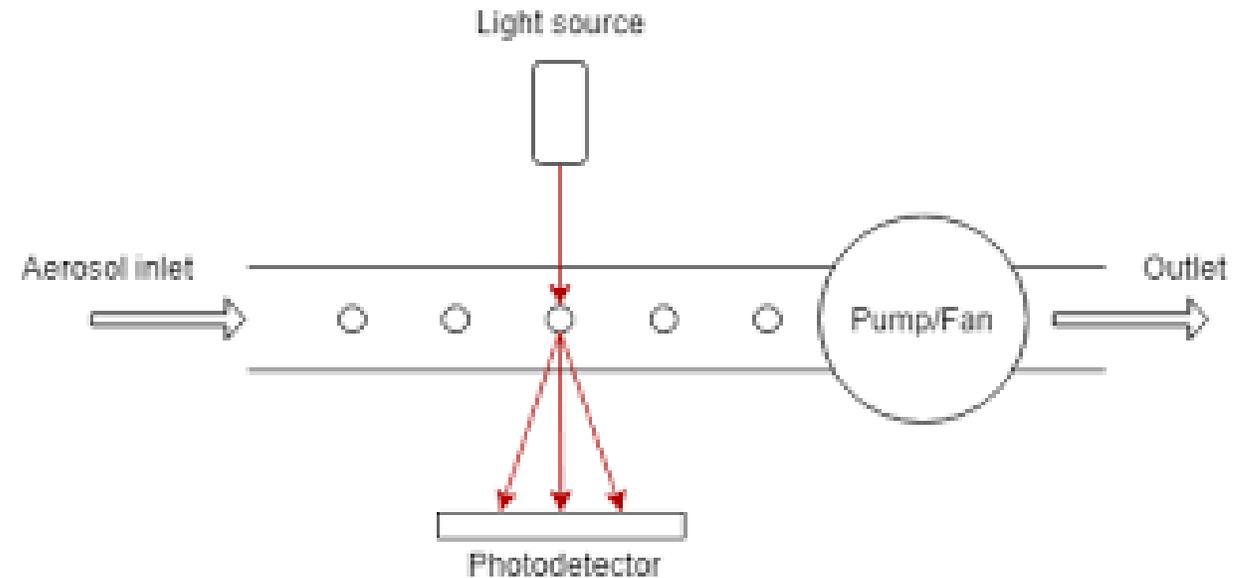
Año	N° de patentes
2020	16
2019	13
2018	11
2017	9
2016	11
2015	13
2014	2
2013	1
2012	1

## Marcas (19) y modelos (50)

Fabricante	N° de modelos
Alphasense	3
Amphenol Advanced	6
Bjhike	1
Cubic Sensor	11
Ecologicsense	1
Elstech	1
Grove Studio	1
Honeywell	3
NanoSense	1
Inovafitness	2
Panasonic	2
Plantower	3
Samyoung	2
Sensirion	1
Sharp	2
Shinyei	5
Tianjin Figaro isweek	1
Winsen	3
Yaguchi	1

## Low Cost PM Sensors (LCPMS)

LCPMS son Optical Particle Counters (OPCs) miniaturizados



Review

*Sensors* 2020, 20, 6819; doi:10.3390/s20236819

### A Review of Low-Cost Particulate Matter Sensors from the Developers' Perspectives

Brigida Alfano <sup>1</sup>, Luigi Barretta <sup>2,3</sup>, Antonio Del Giudice <sup>1</sup>, Saverio De Vito <sup>1,\*</sup>,  
 Girolamo Di Francia <sup>1</sup>, Elena Esposito <sup>1</sup>, Fabrizio Formisano <sup>1</sup>, Ettore Massera <sup>1</sup>,  
 Maria Lucia Miglietta <sup>1</sup> and Tiziana Polichetti <sup>1</sup>

## Redes mundiales de calidad del aire

WAQI.INFO: WORLD AIR QUALITY INDEX

Pollution.org

GAHP  
GLOBAL ALLIANCE ON  
HEALTH AND POLLUTION



BreezoMeter

World Air Map

plume labs

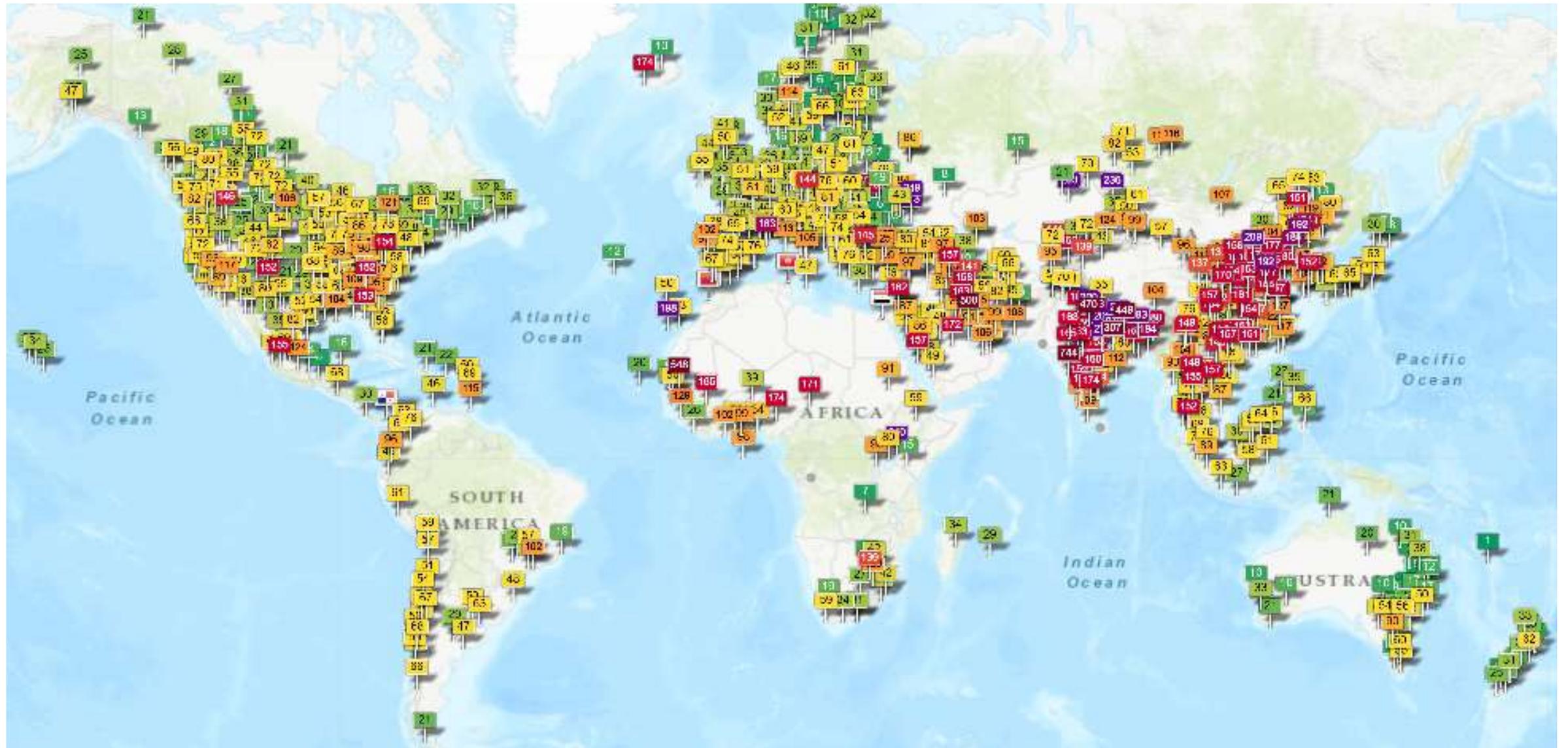
 IQAir

World Air Quality



  
openaq

# WAQI.INFO: WORLD AIR QUALITY INDEX



## Empresas chilenas de monitoreo MP bajo costo

Airflux



Model N 001

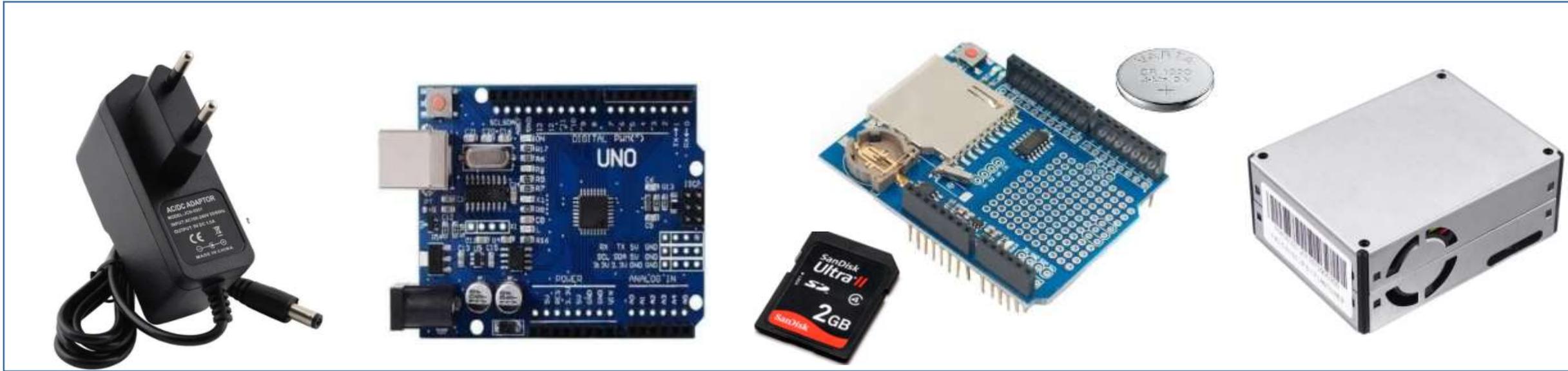
Proyecto “¿Qué Respiras?”

**MAIT**  
Química y Tecnología

42

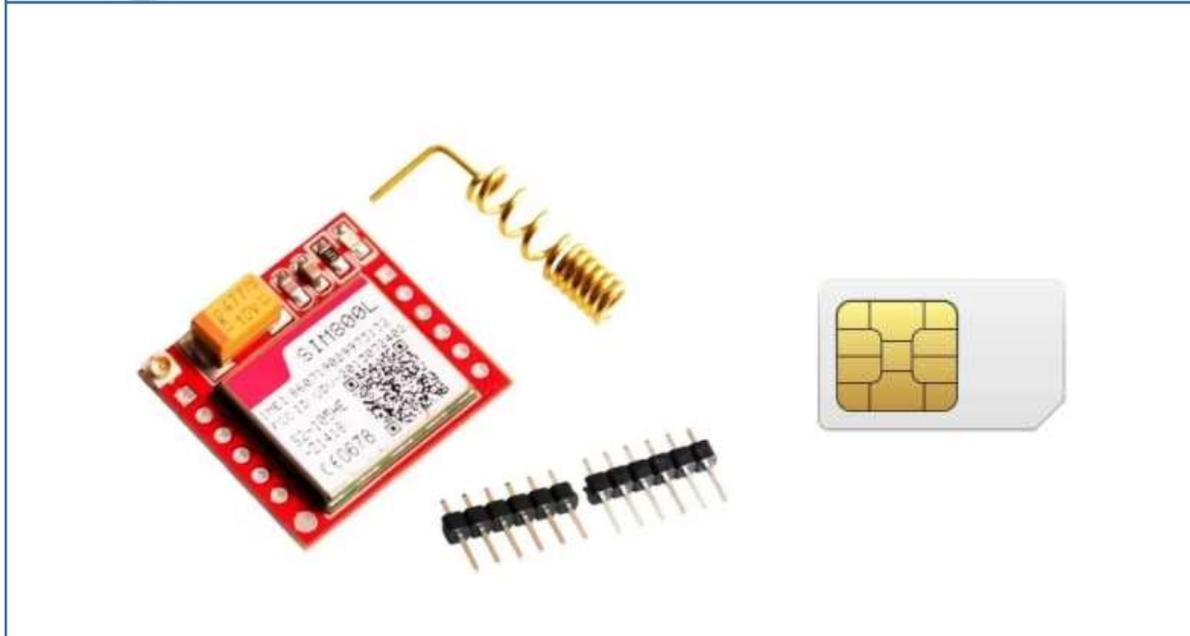
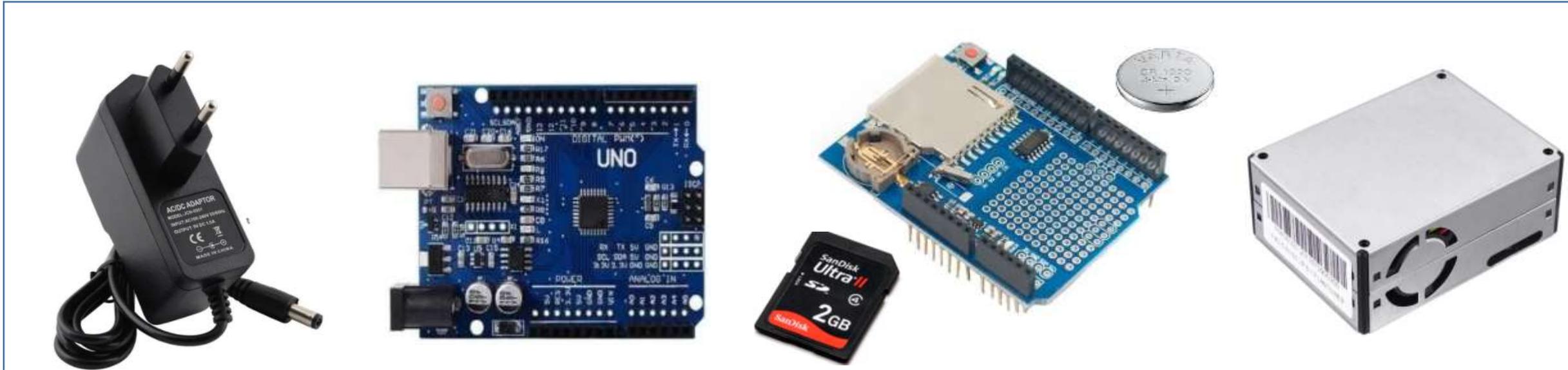
Micro estaciones instaladas

# Estación de monitoreo de bajo costo están al alcance de mucha gente



Configuración básica

# Estación de monitoreo de bajo costo están al alcance de mucha gente



Configuración incluyendo comunicación inalámbrica

# 2021: en plataformas de comercio online



PM1.0 PM2.5 Módulo detector PM10 Calidad del aire  
Inch LCD Pantalla para monitoreo de oficina en casa

Marca: Geekcreit ★★★★★ 245 Comentarios | 2

**\$24,025** ~~\$36,799~~ -35%

Venta de promoción de abr 6 a abr 18

**\$1,457 Asignación para nuevos usuarios**

Enviar desde: CN

CN  USA

**Envío: \$3,408**

a Chile via Linea Sudamerica ▼

# Perspectivas en monitoreo de calidad del aire de bajo costo

**DIY**  
DO IT YOURSELF



Aeroflex (Elen et al., 2013)



<https://www.publichealth.columbia.edu/>



(Barkjohn et al., 2020)

[doi.org/10.4209/aqr.2018.11.0394](https://doi.org/10.4209/aqr.2018.11.0394)

## Versión campaña 2019

MICROCONTROLADOR

TARJETA MICRO SD

RELOJ-CALENDARIO

SENSOR MATERIAL  
PARTICULADO



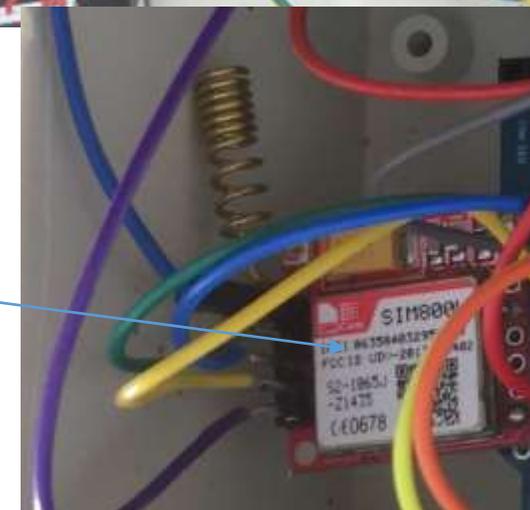
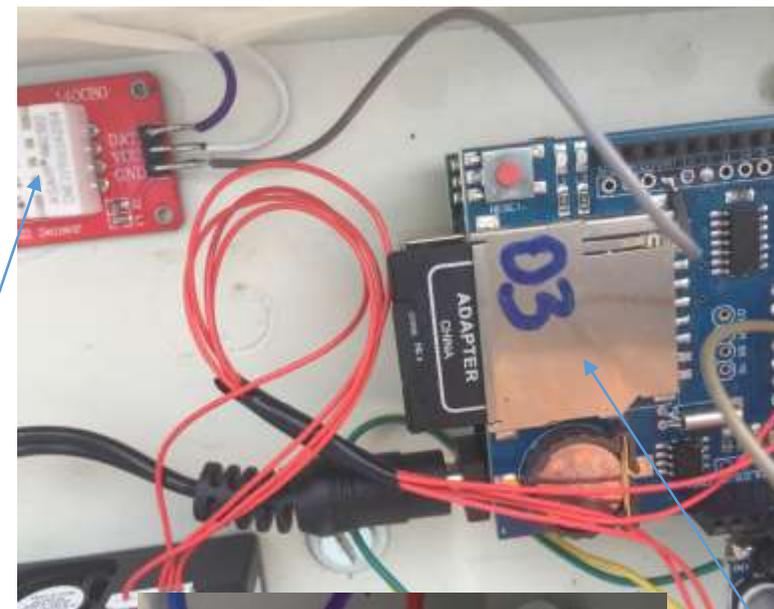
## Versión campaña 2020

SENSOR DE  
T° y HR%

TARJETA SD

GSM CON  
ANTENA

SMS



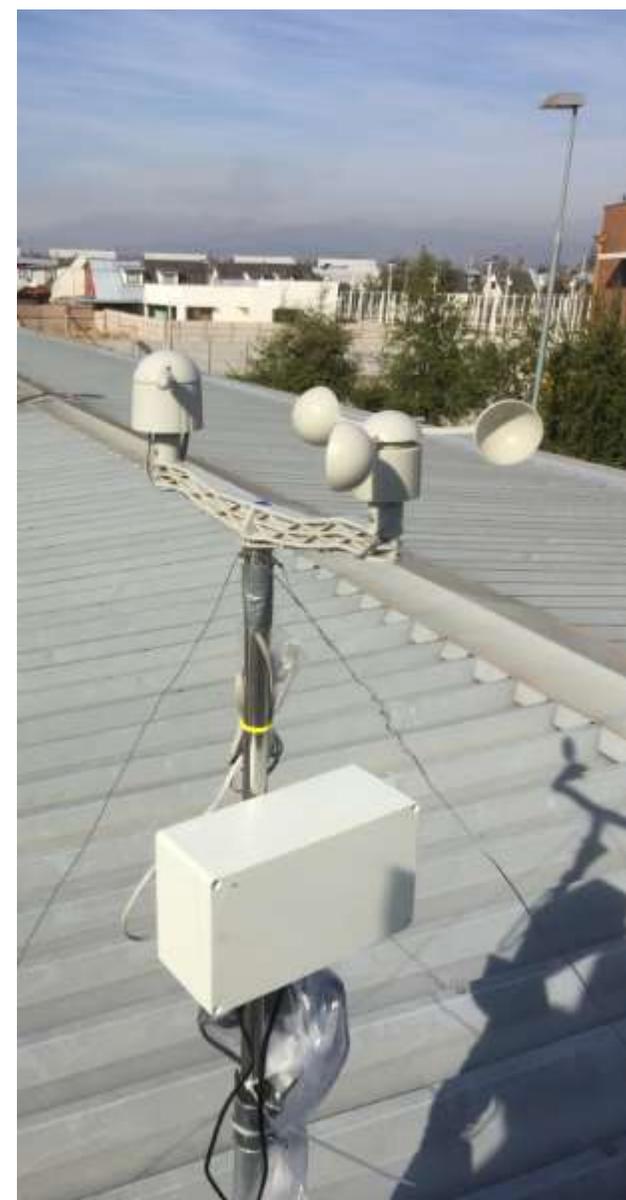
# Localización en conjunto con estación meteorológica para dirección y velocidad del viento



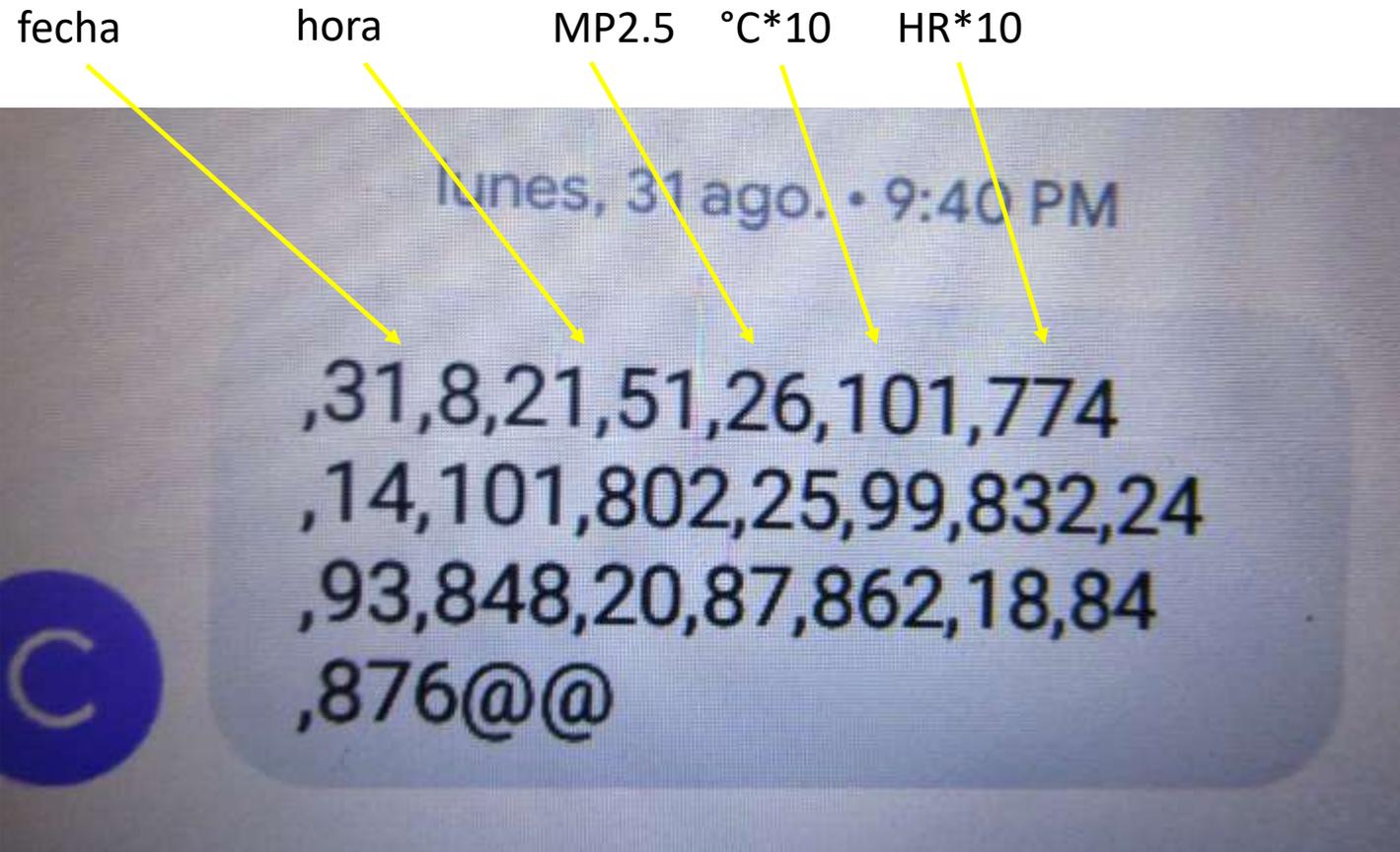
FWS-20



# Localización en conjunto con estación meteorológica para dirección y velocidad del viento

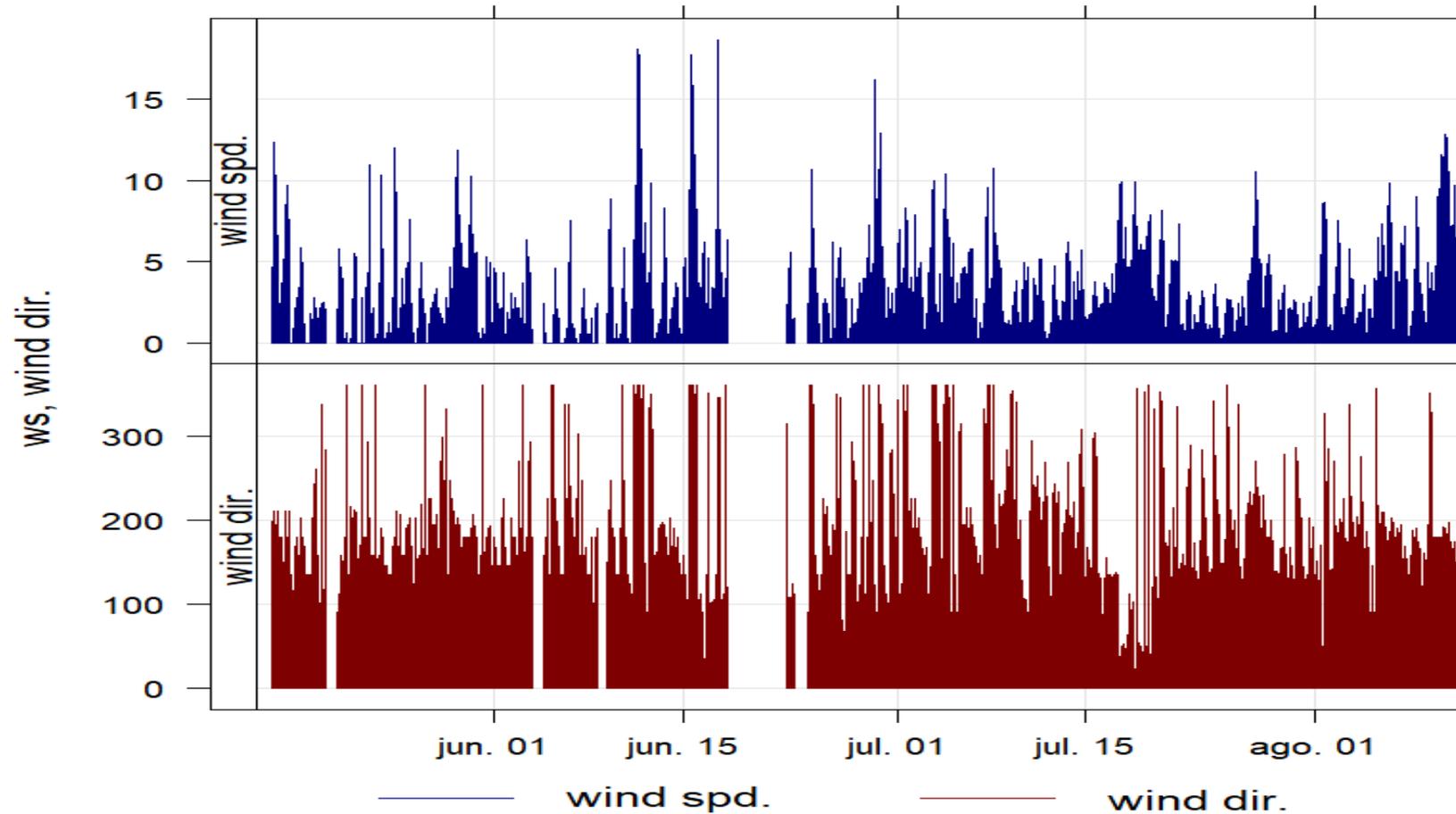


## Ejemplo de un SMS codificando 6 registros



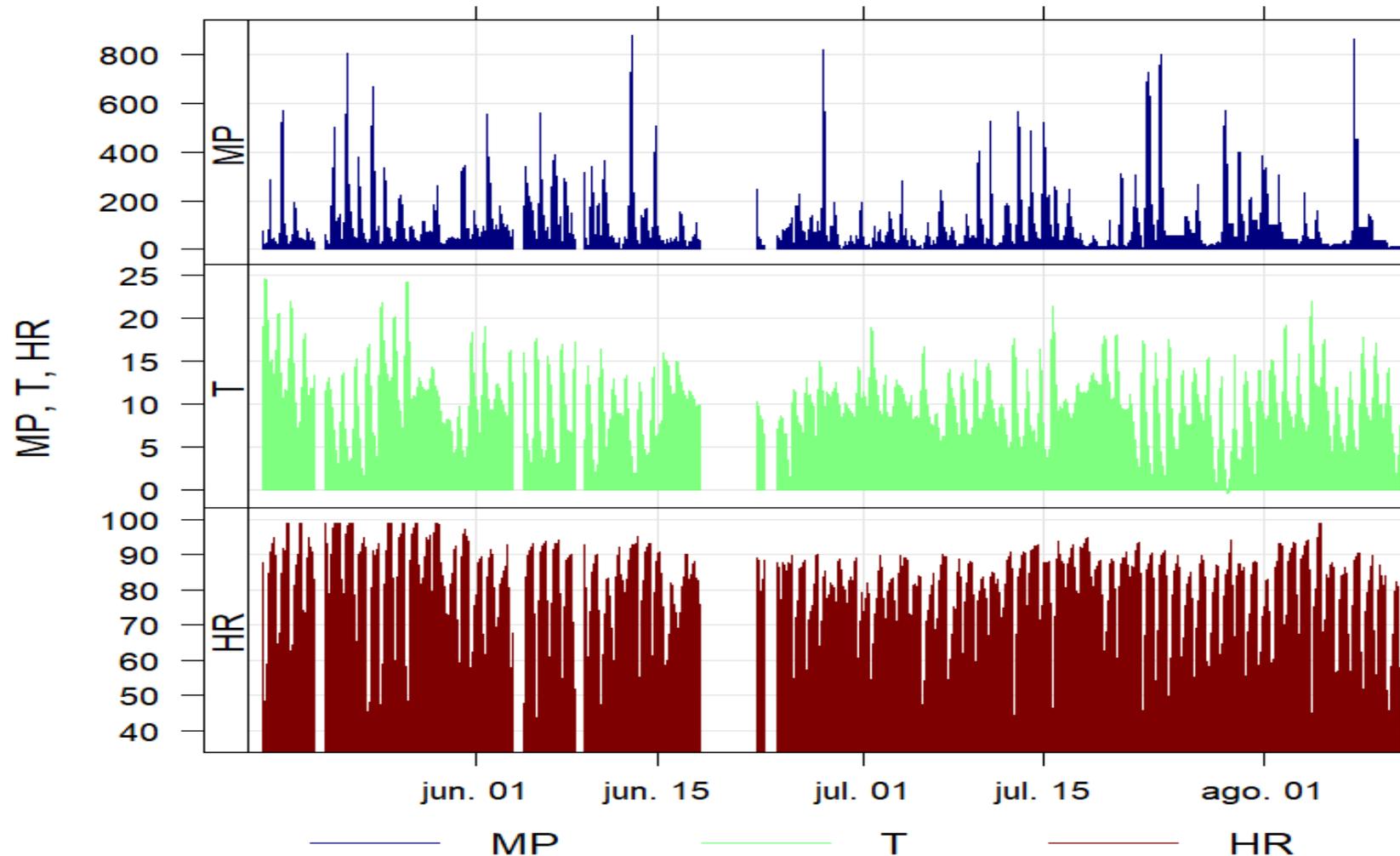
# Monitoreo meteorológico low-cost durante inviernos 2019 y 2020 (abril-agosto)

## Registro de dirección y velocidad del viento



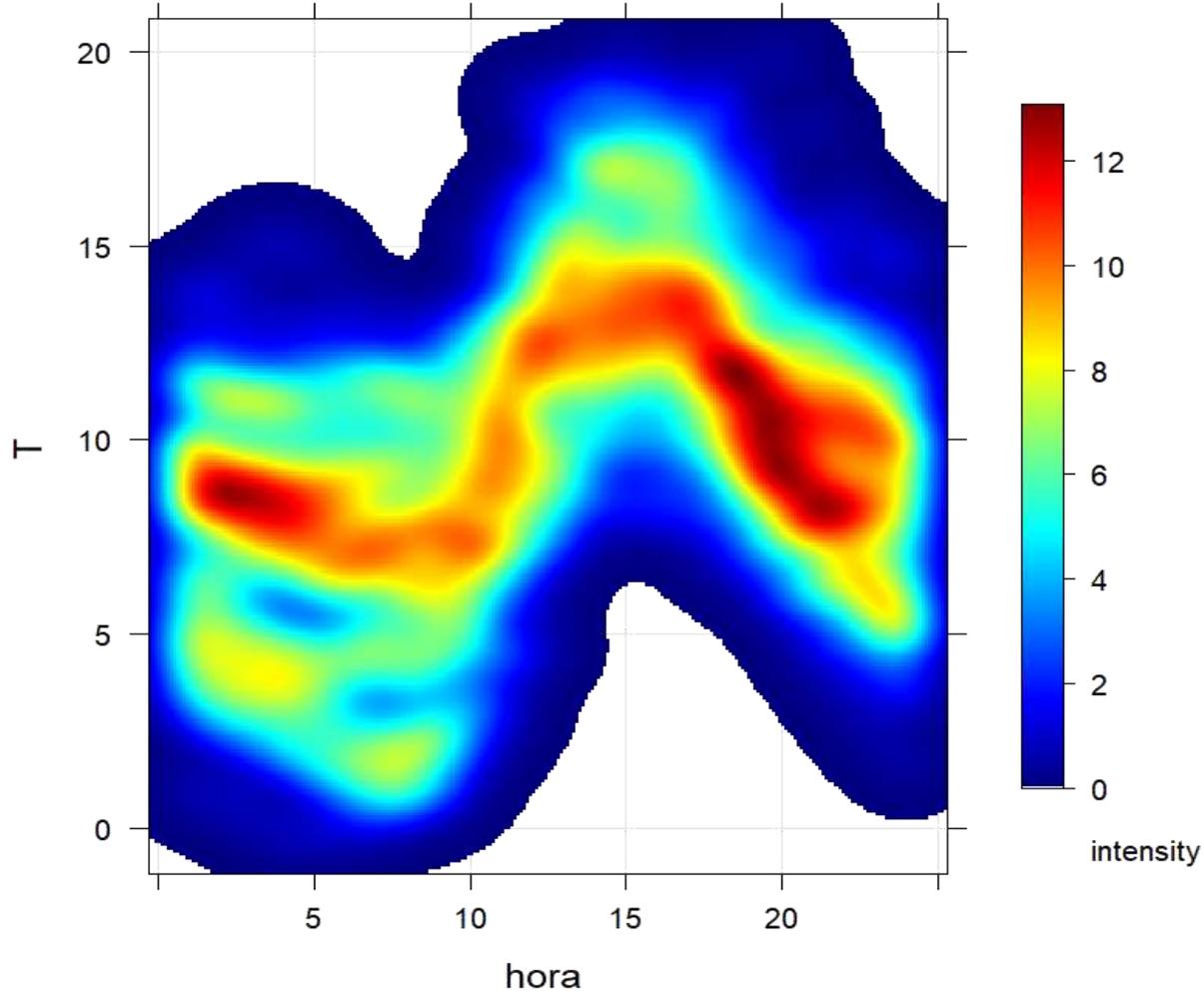
# Monitoreo meteorológico low-cost durante inviernos 2019 y 2020 (abril-agosto)

## Registro de concentración de MP, temperatura y humedad relativa

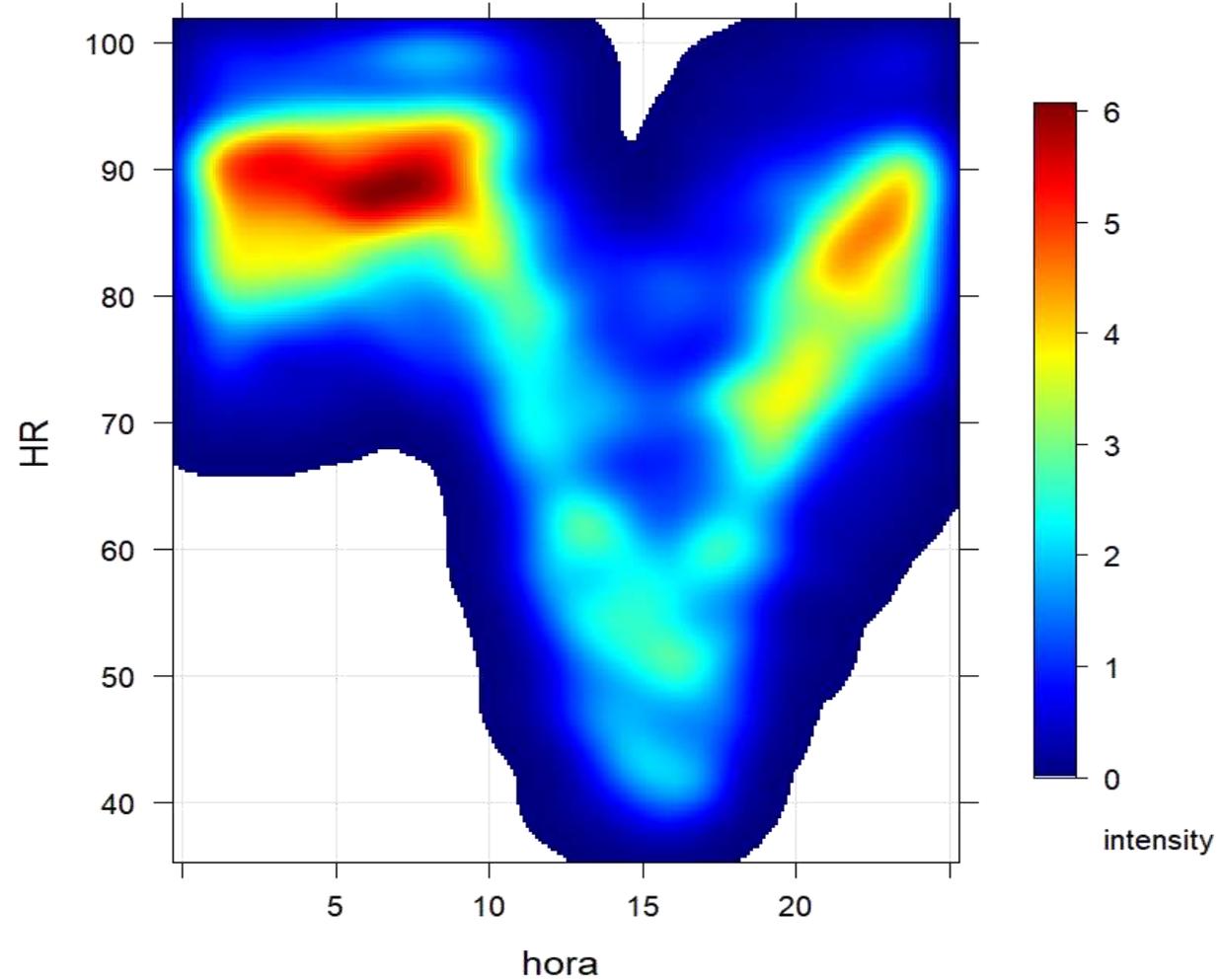


# Monitoreo meteorológico low-cost durante inviernos 2019 y 2020 (abril-agosto)

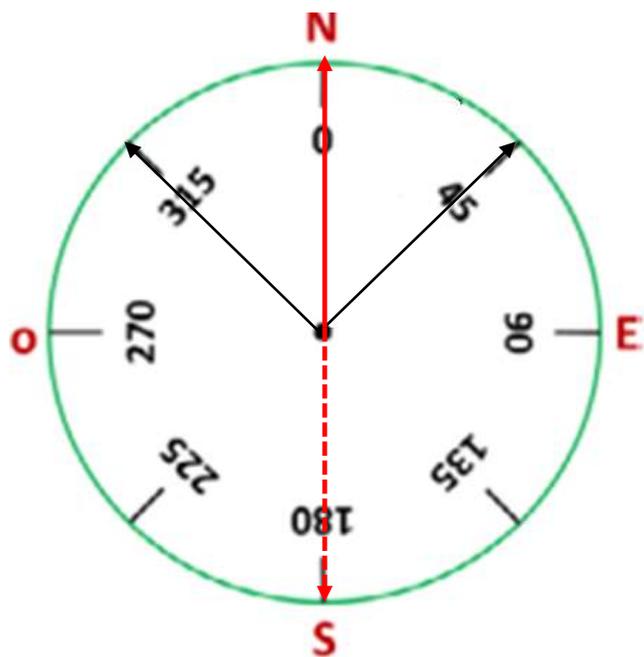
## Temperatura horaria (°C)



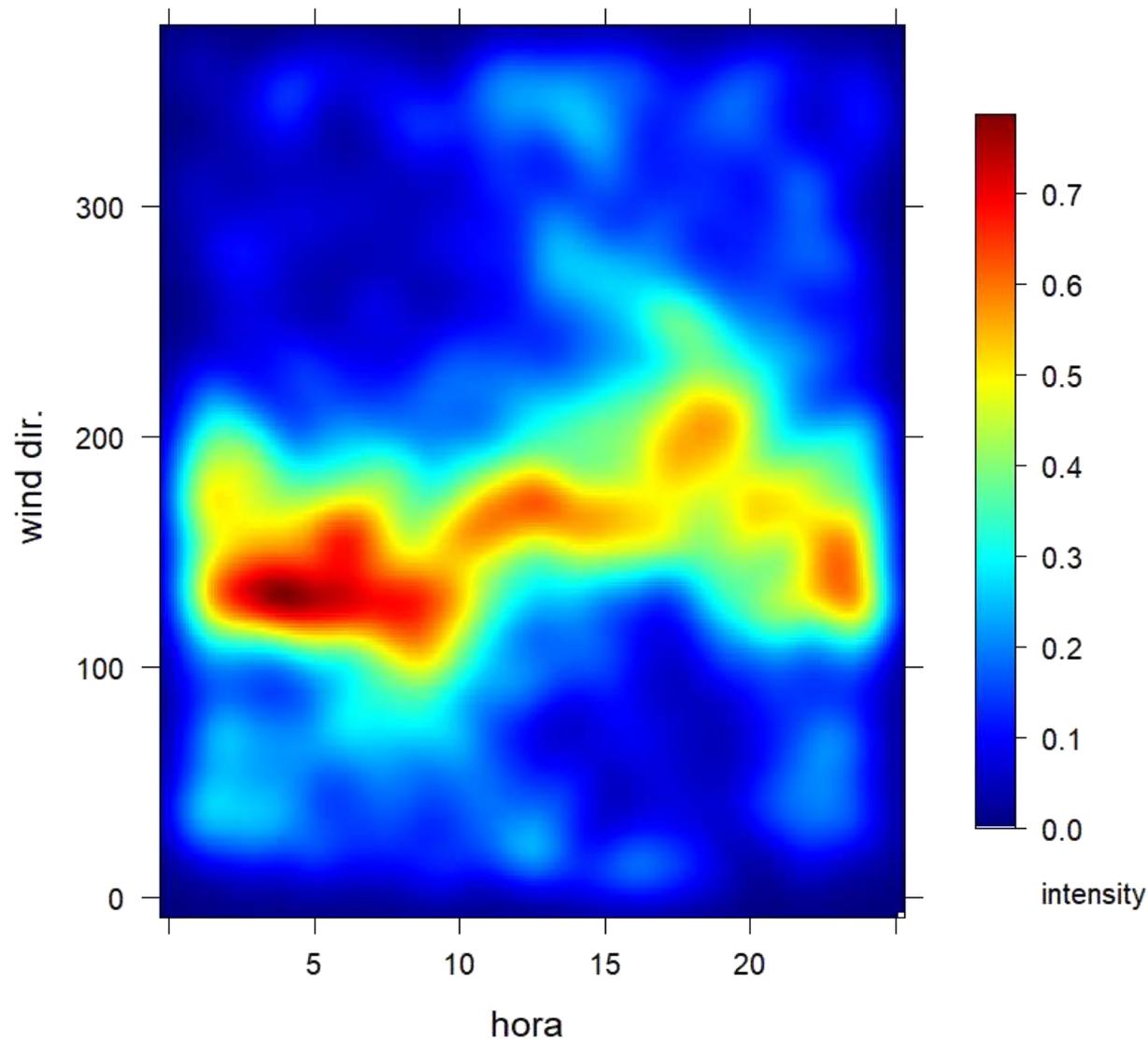
## Humedad relativa horaria (%)



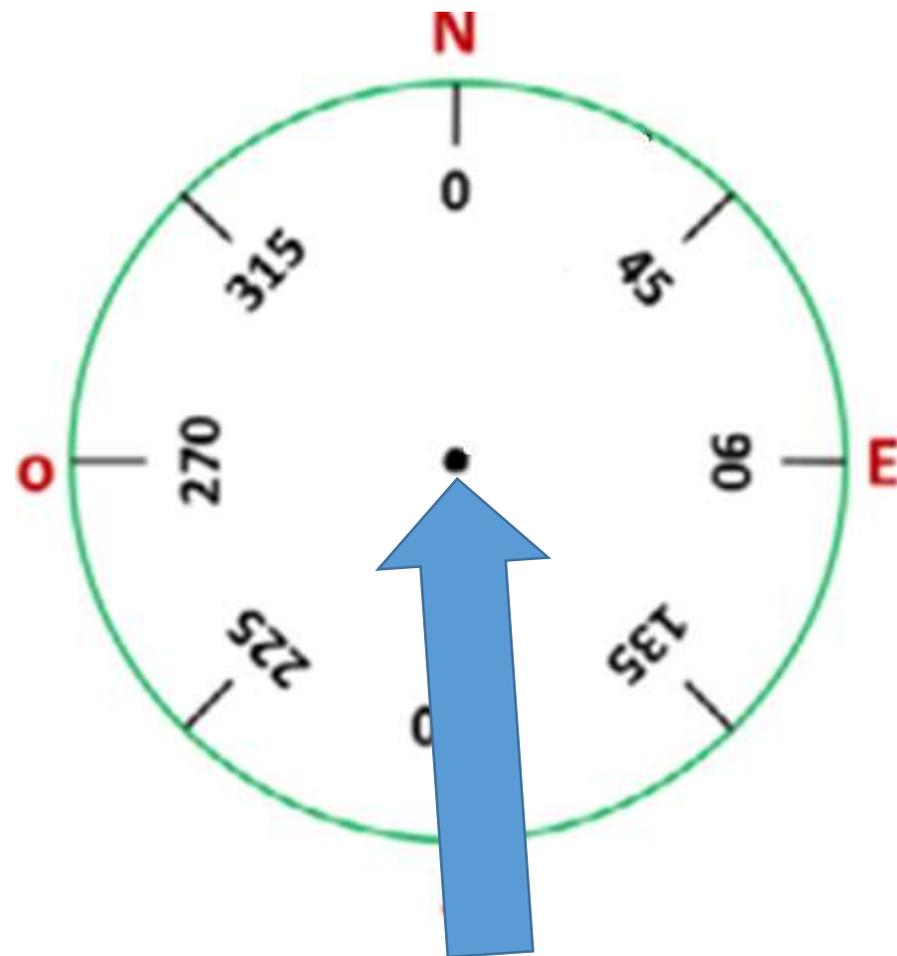
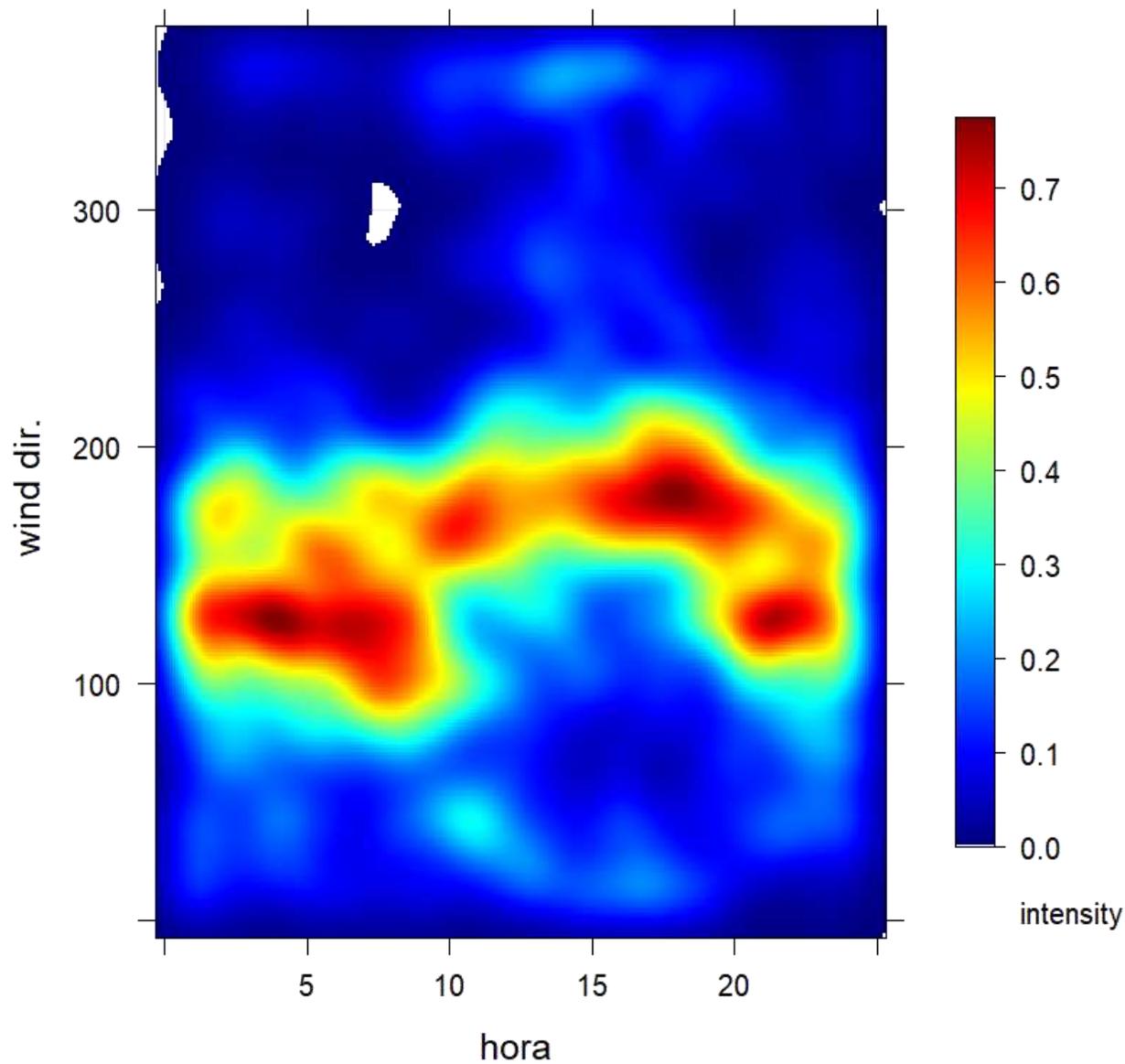
# Dirección de viento



“Estadística circular”

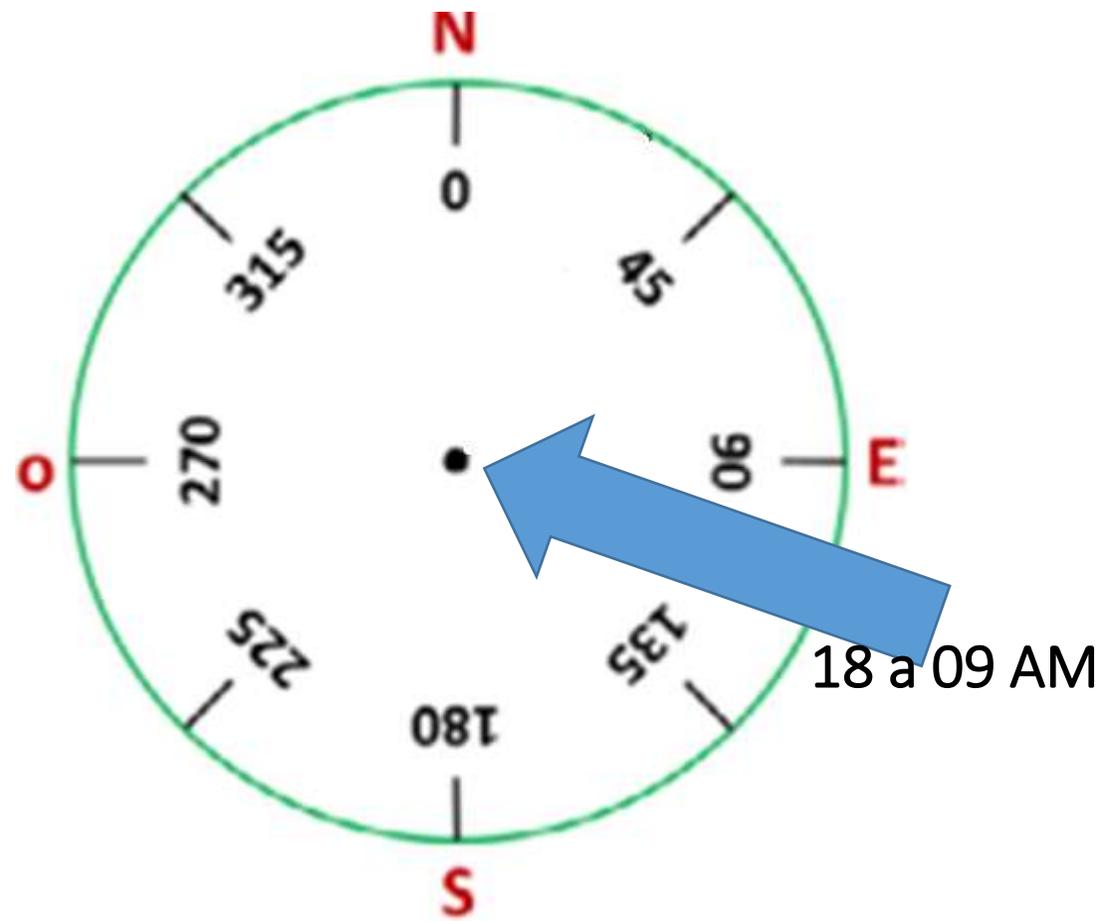
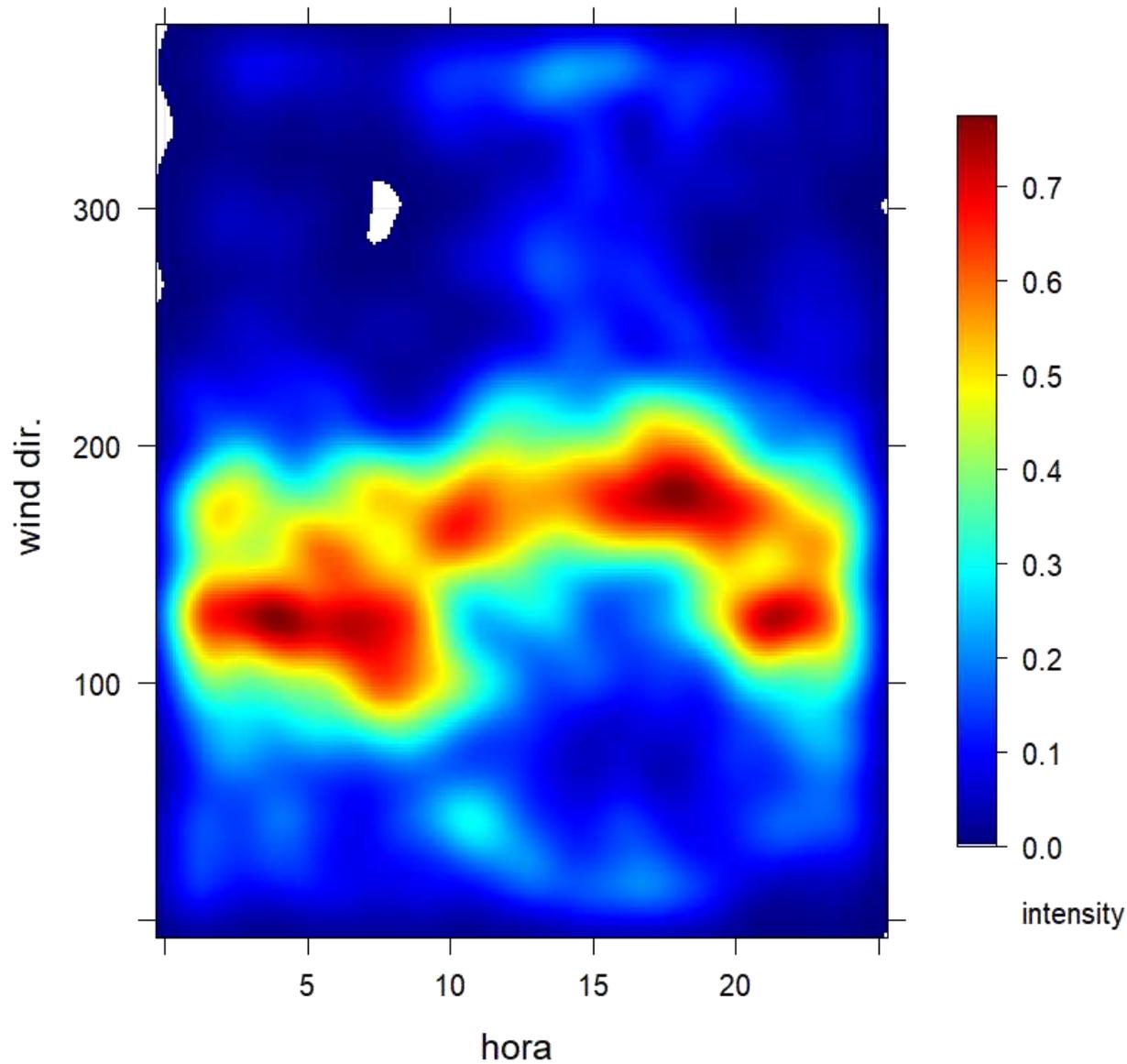


# Dirección de viento

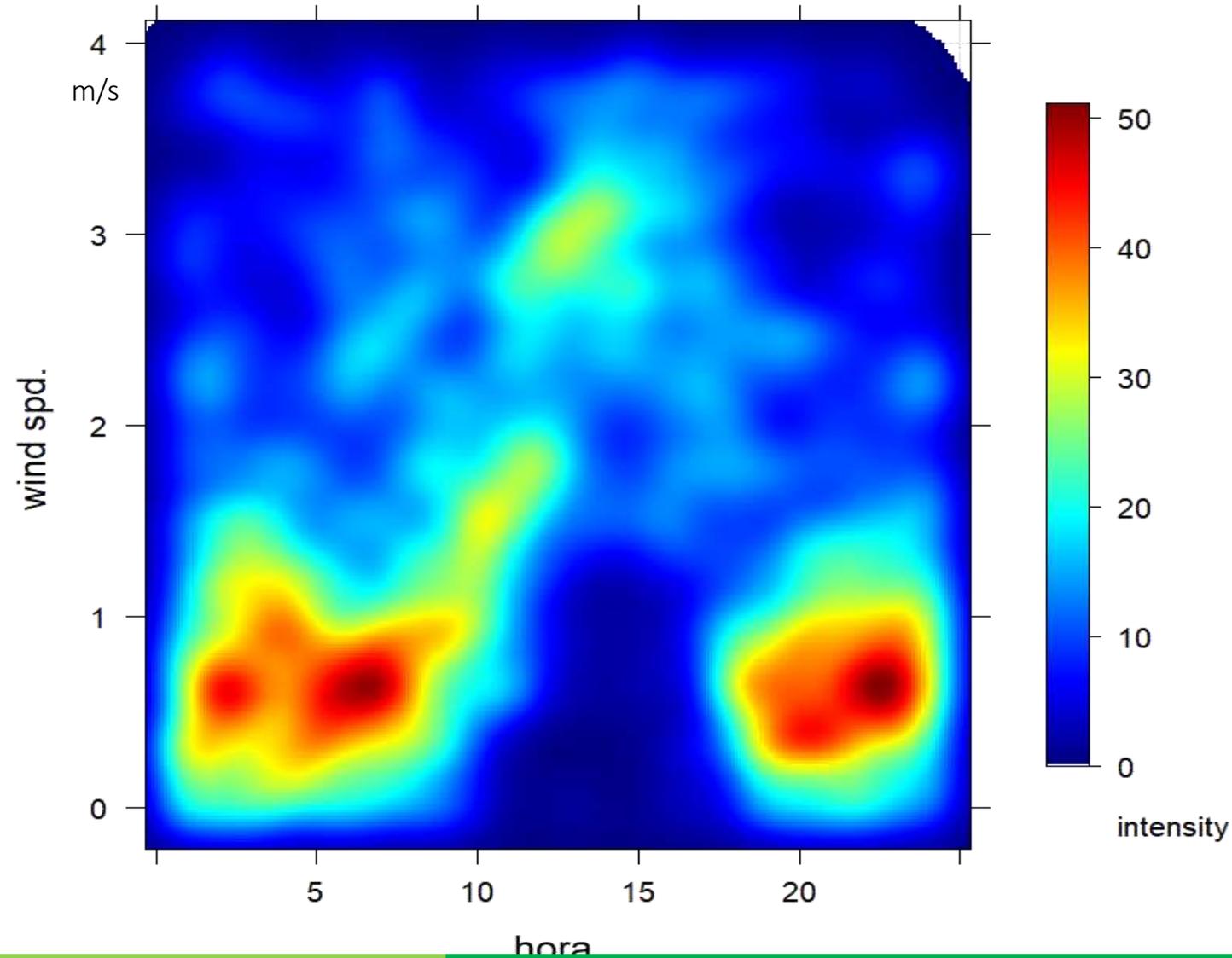
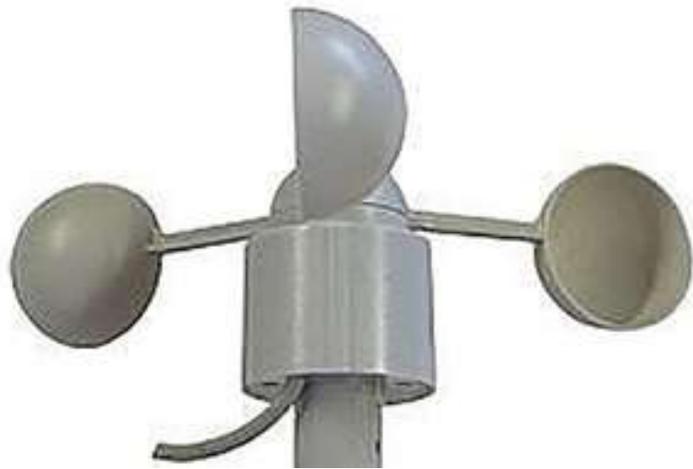


10AM a 18 horas

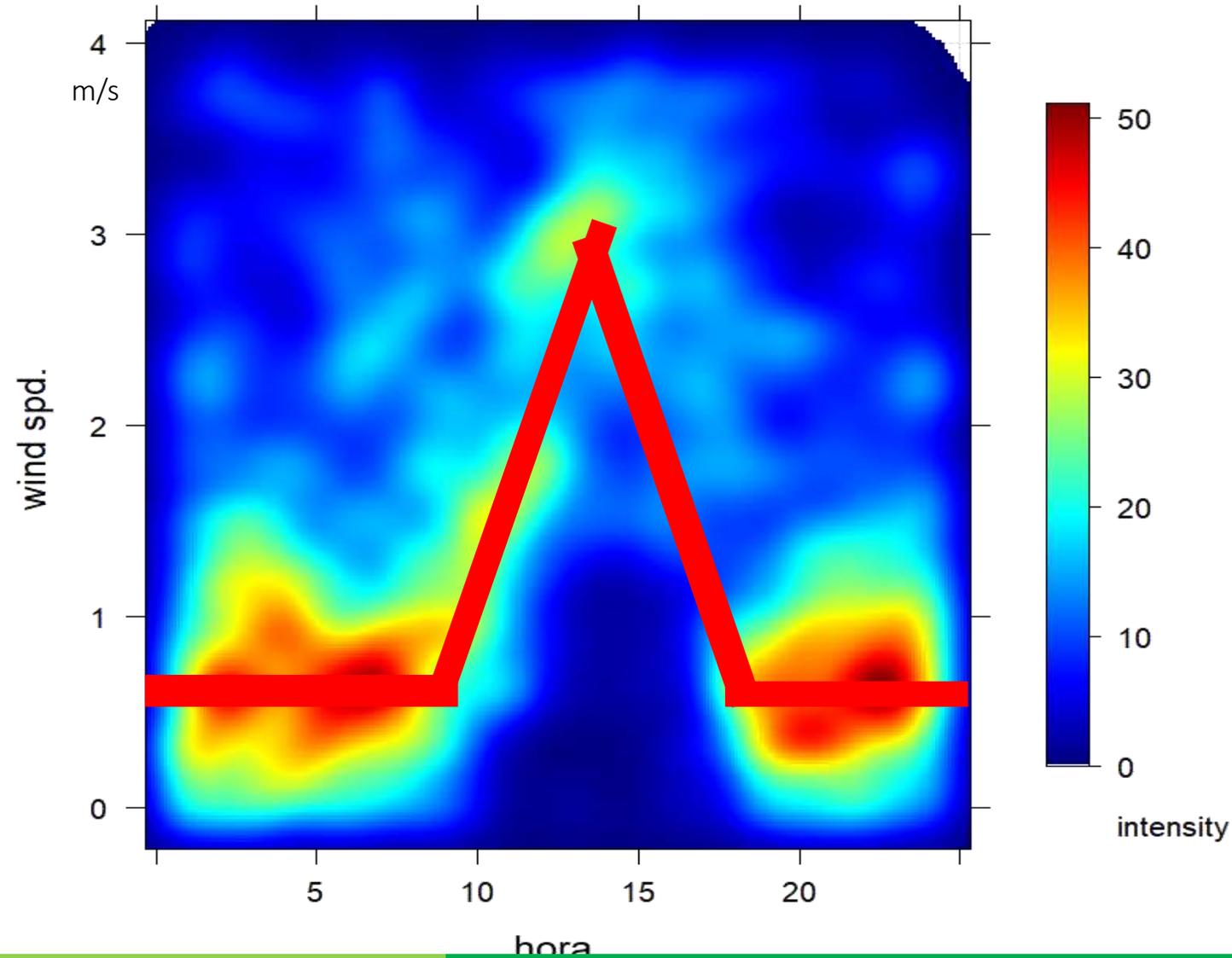
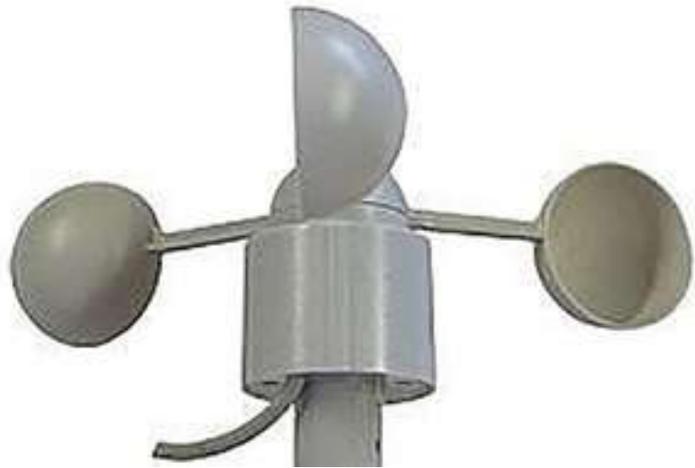
# Dirección de viento



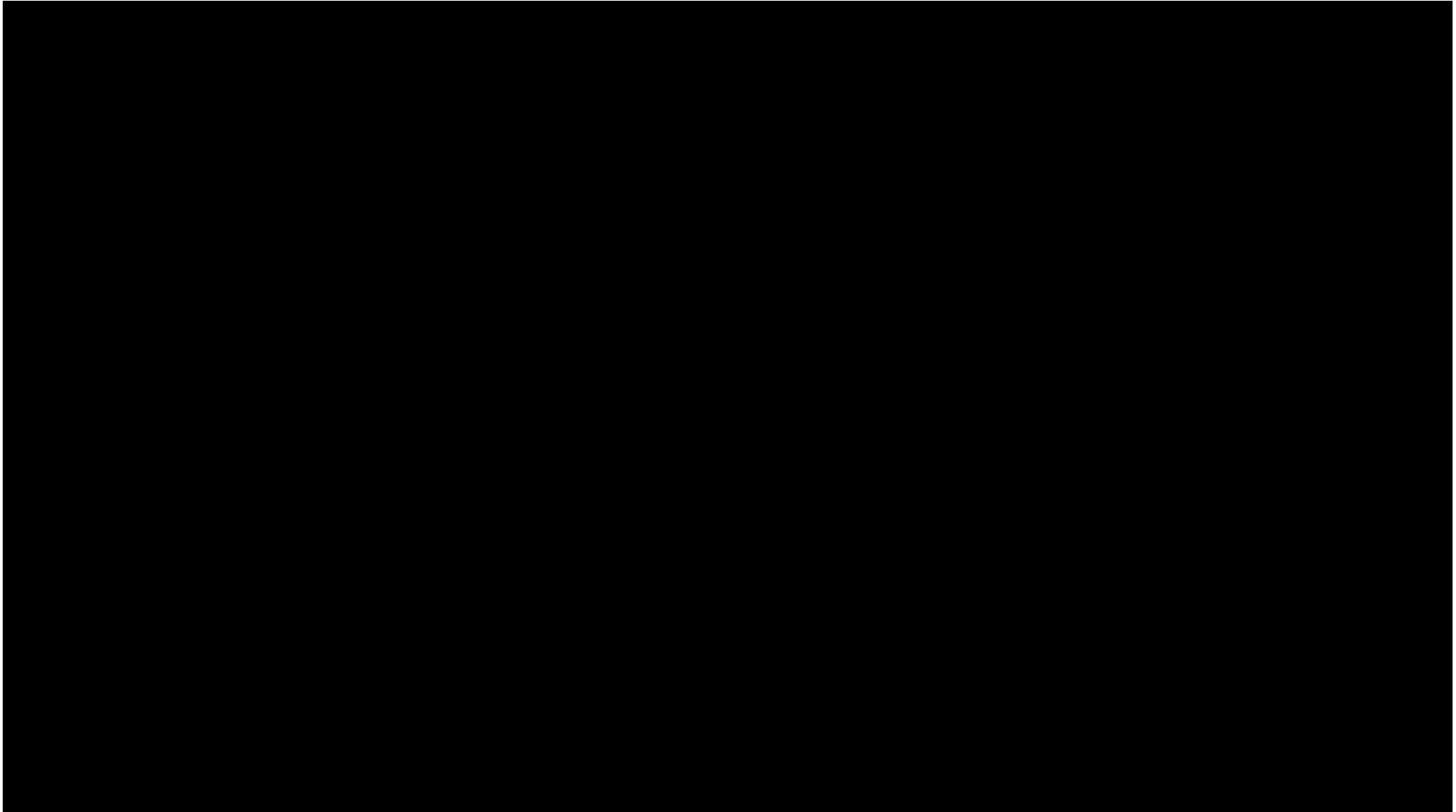
# Velocidad de viento



# Velocidad de viento



# Diagramas polares



# Influencia de la topografía

## Pendiente media (entre Romeral y Sagrada Familia)



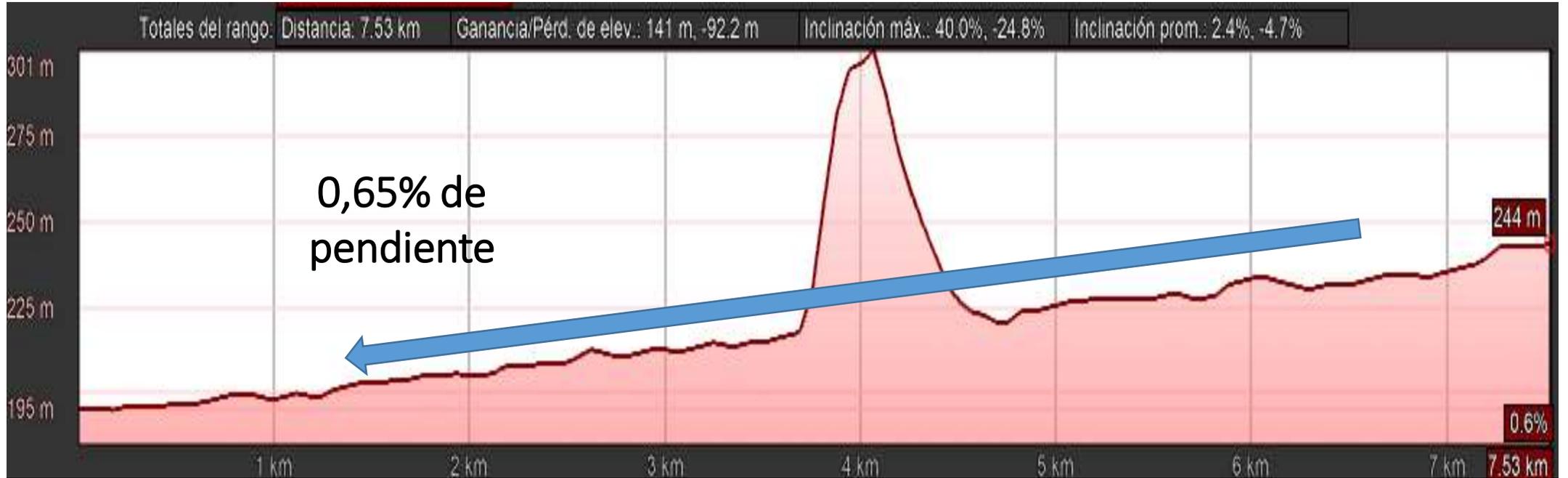
Sagrada Familia

Cerro Condell

Romeral

# Influencia de la topografía

## Pendiente media (radio urbano)



↑  
Salida a  
Tutuquén

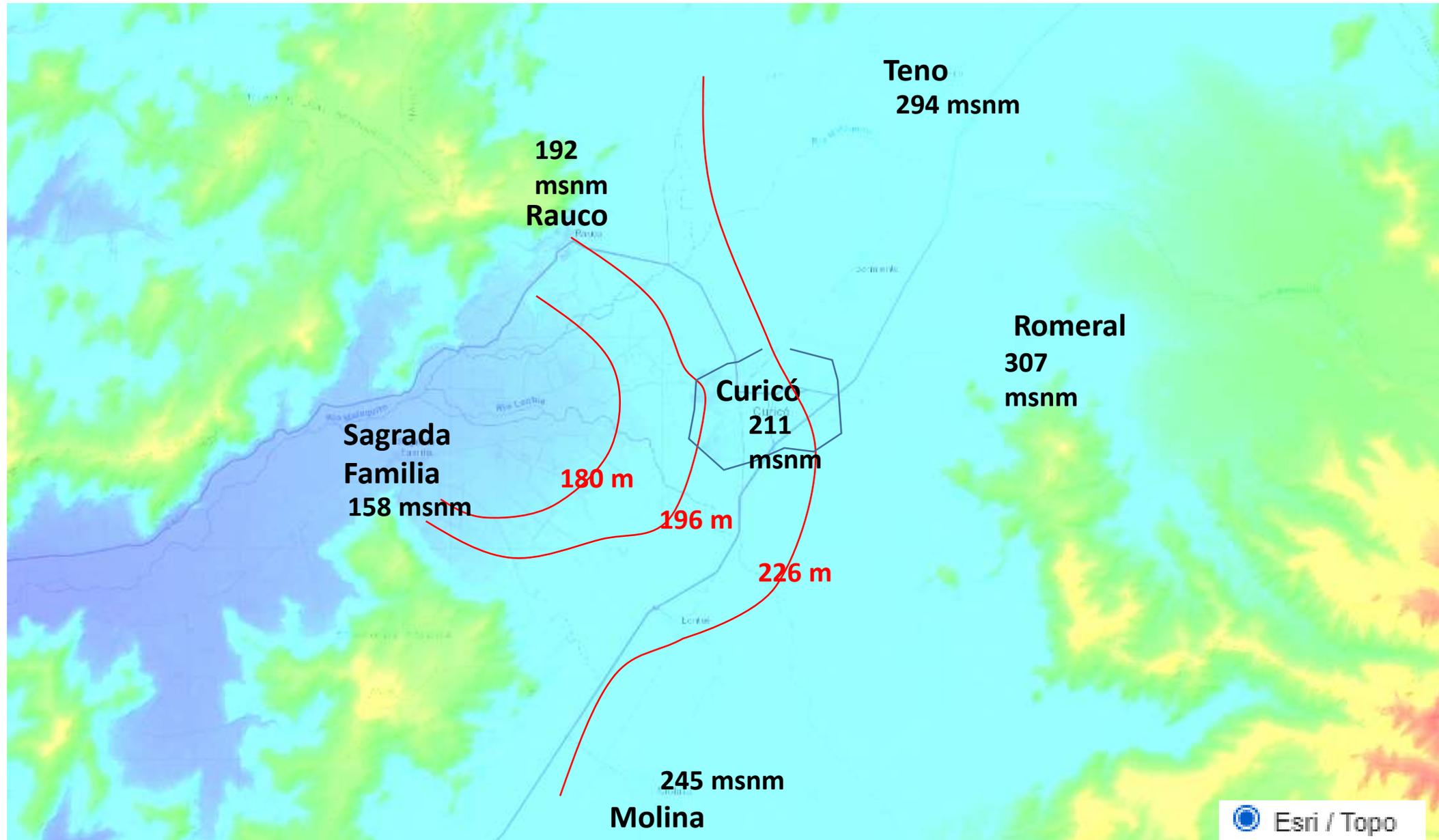
↑  
Cerro Condell

0,4% Linares  
0,6% Chillán

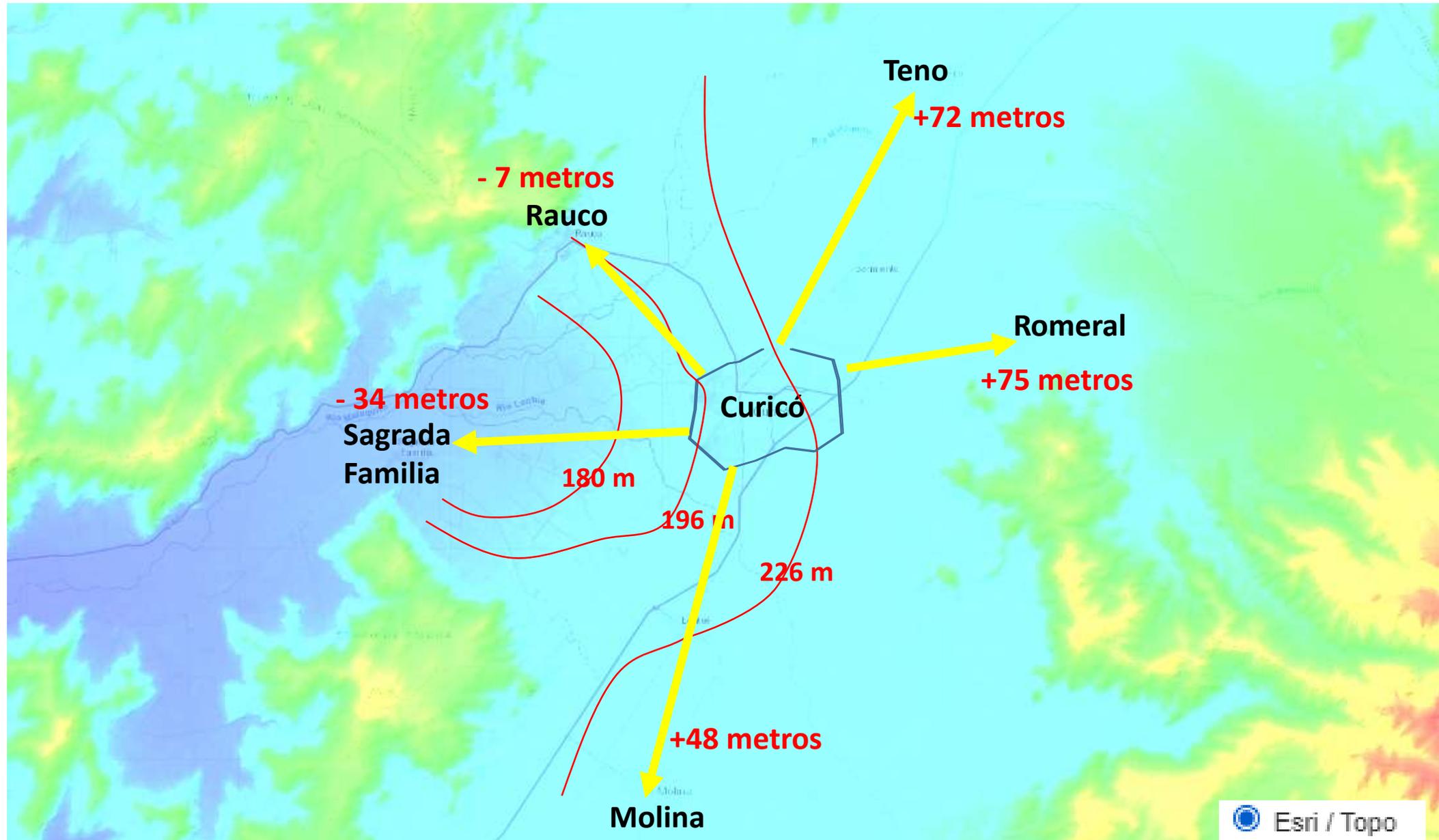
↑  
Zapallar

0,5% Talca, Rancagua  
0,8% Santiago

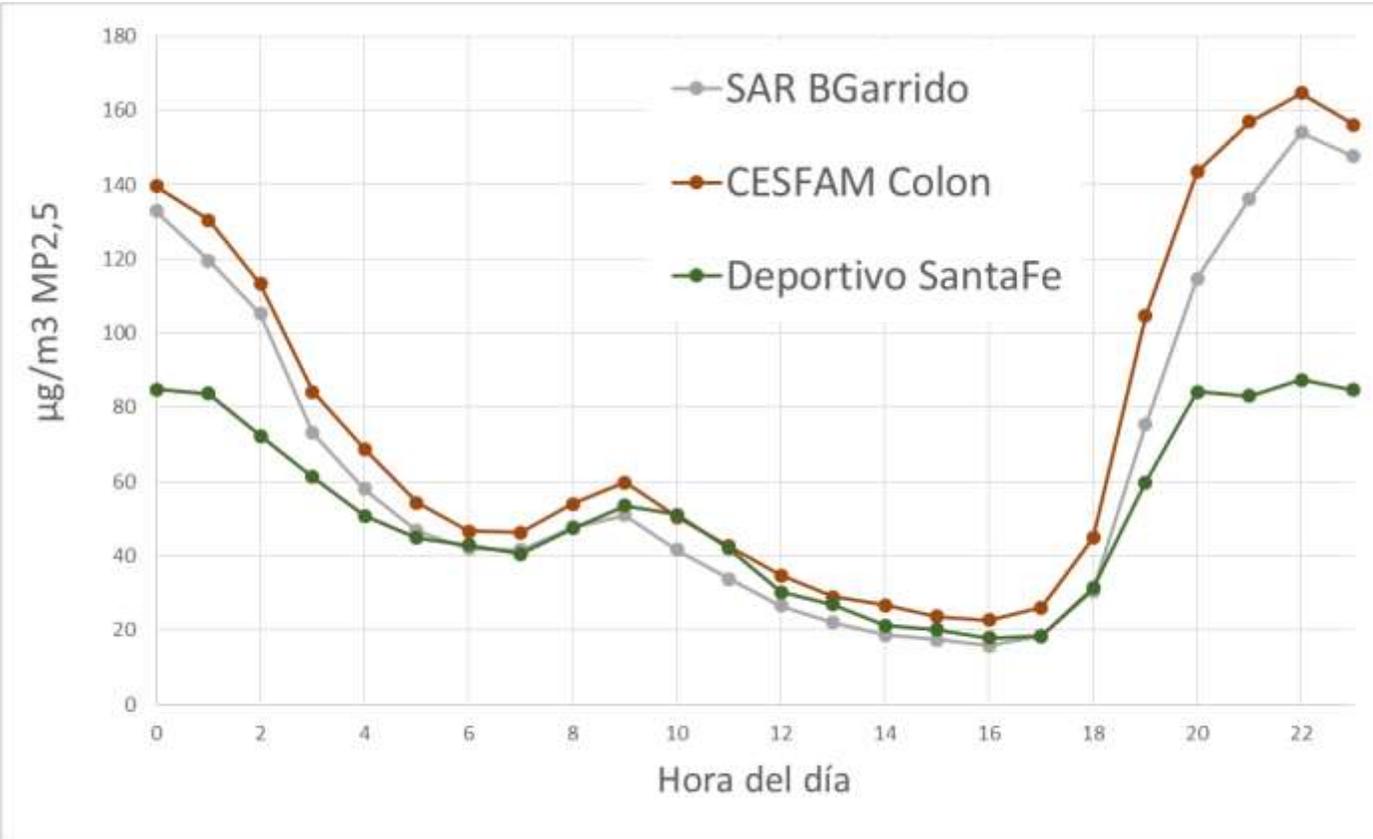
# Influencia de la topografía



# Influencia de la topografía

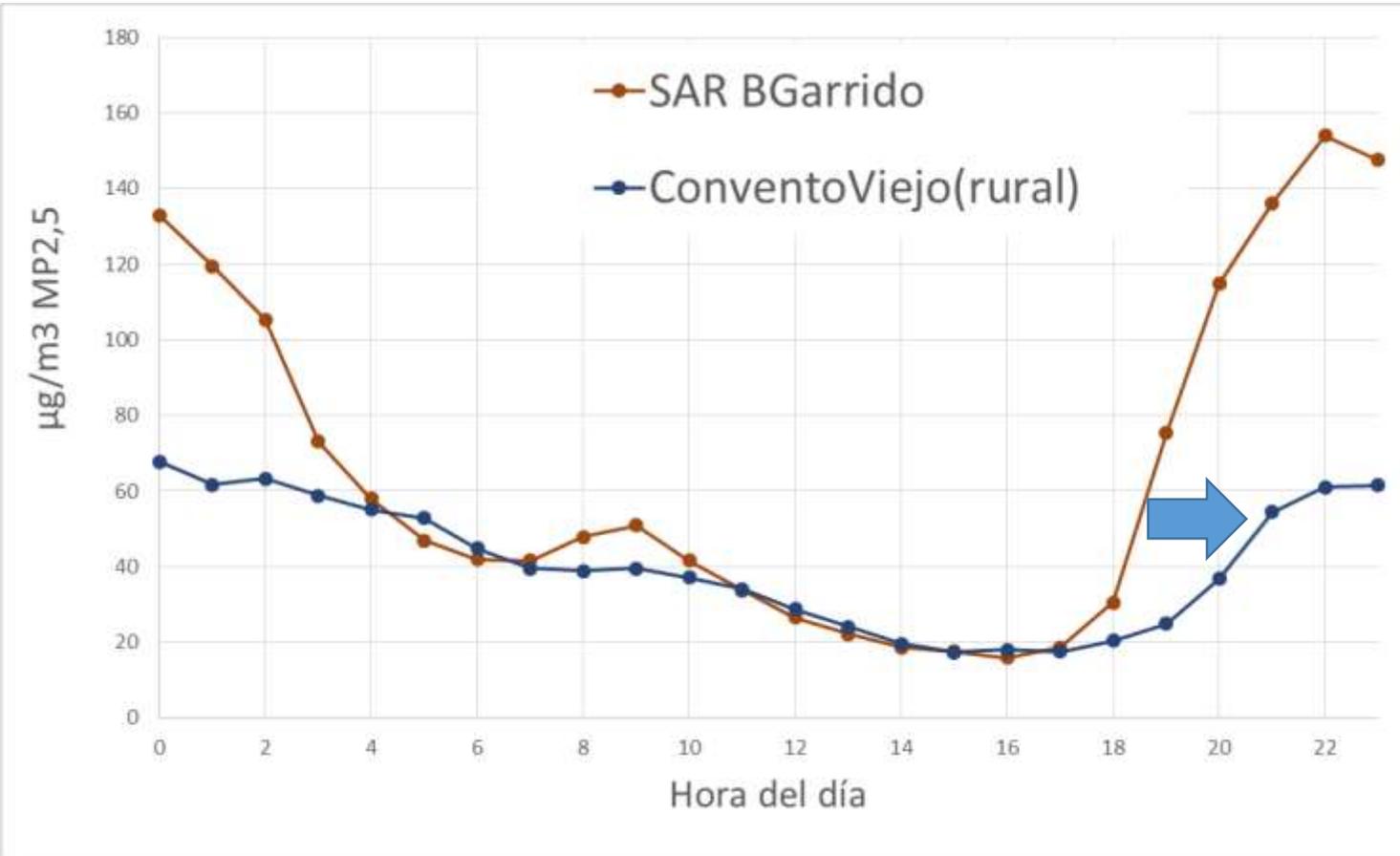


# Análisis de perfil horario de concentración de MP Sectores norponiente y poniente urbano de Curicó



- Sectores: CESFAM Colón - SAR B. Garrido presentan perfiles horarios casi idénticos entre sí
- Ambos con fuerte subida de concentración entre 18 y 20 horas y máximo a las 22 horas
- C. D. Santa Fé presenta un perfil de subida similar pero llegando a máximos más bajos

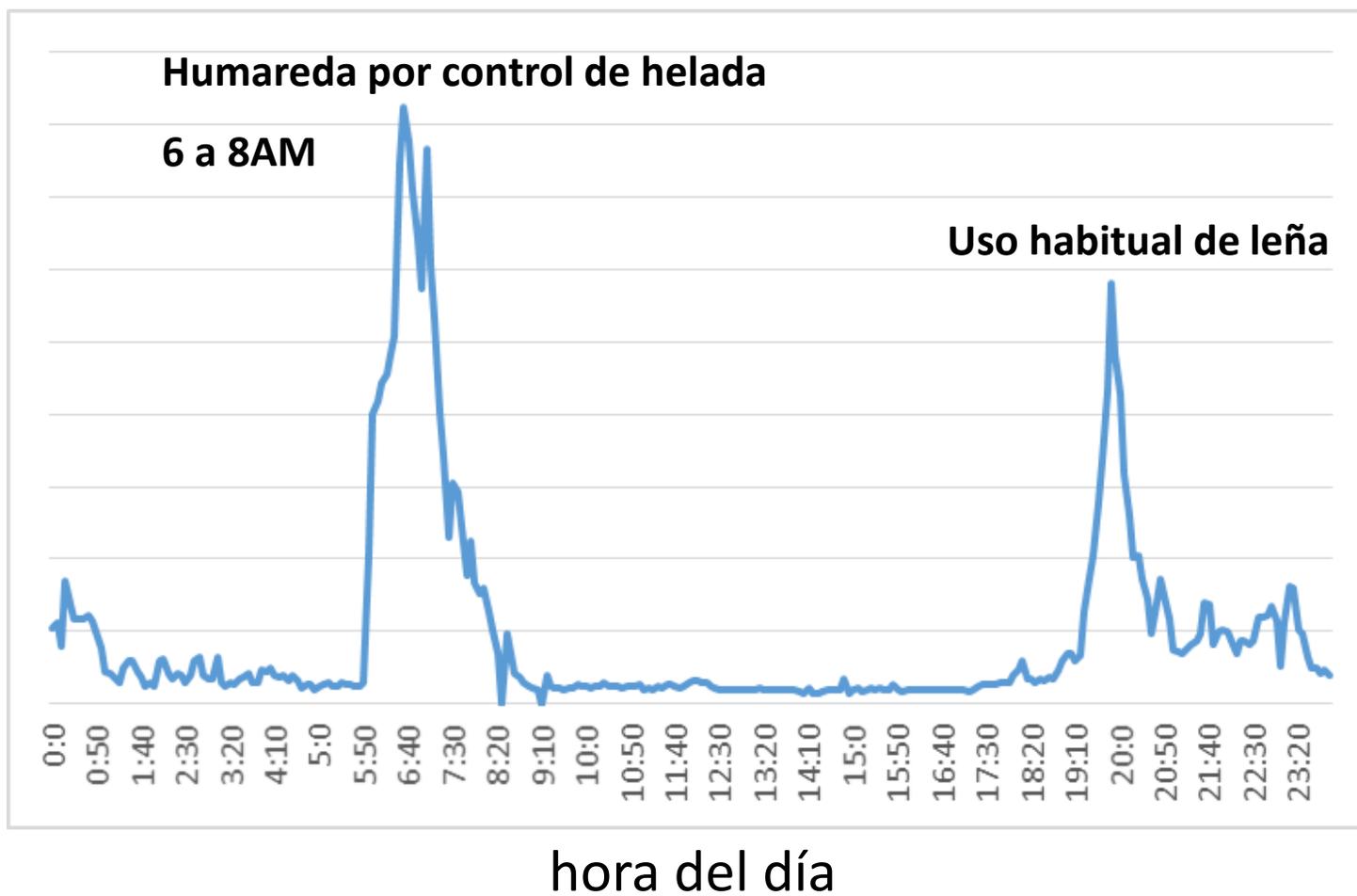
# Análisis de perfil horario de concentración de MP Sectores cercanos al radio urbano de Curicó



- **Máximo en SAR B. Garrido a las 22 horas**
- **Máximo en Convento Viejo a las 00 horas → desfase de 2 horas**

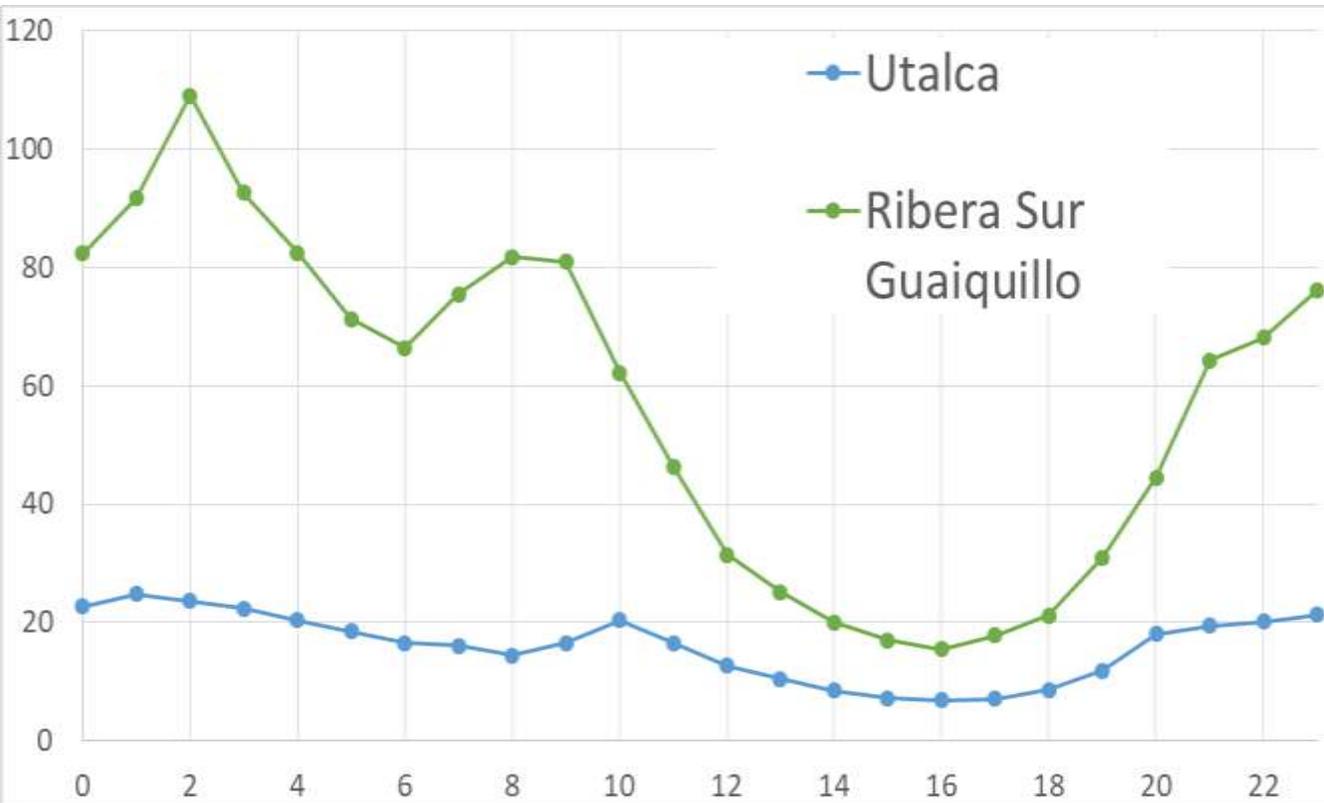
# Detección de eventos puntuales en horarios de bajo uso de leña

Ejemplo evento 03/Septiembre en Molina urbano



# Análisis de perfil horario de concentración de MP

## Sectores cercanos al radio urbano de Curicó

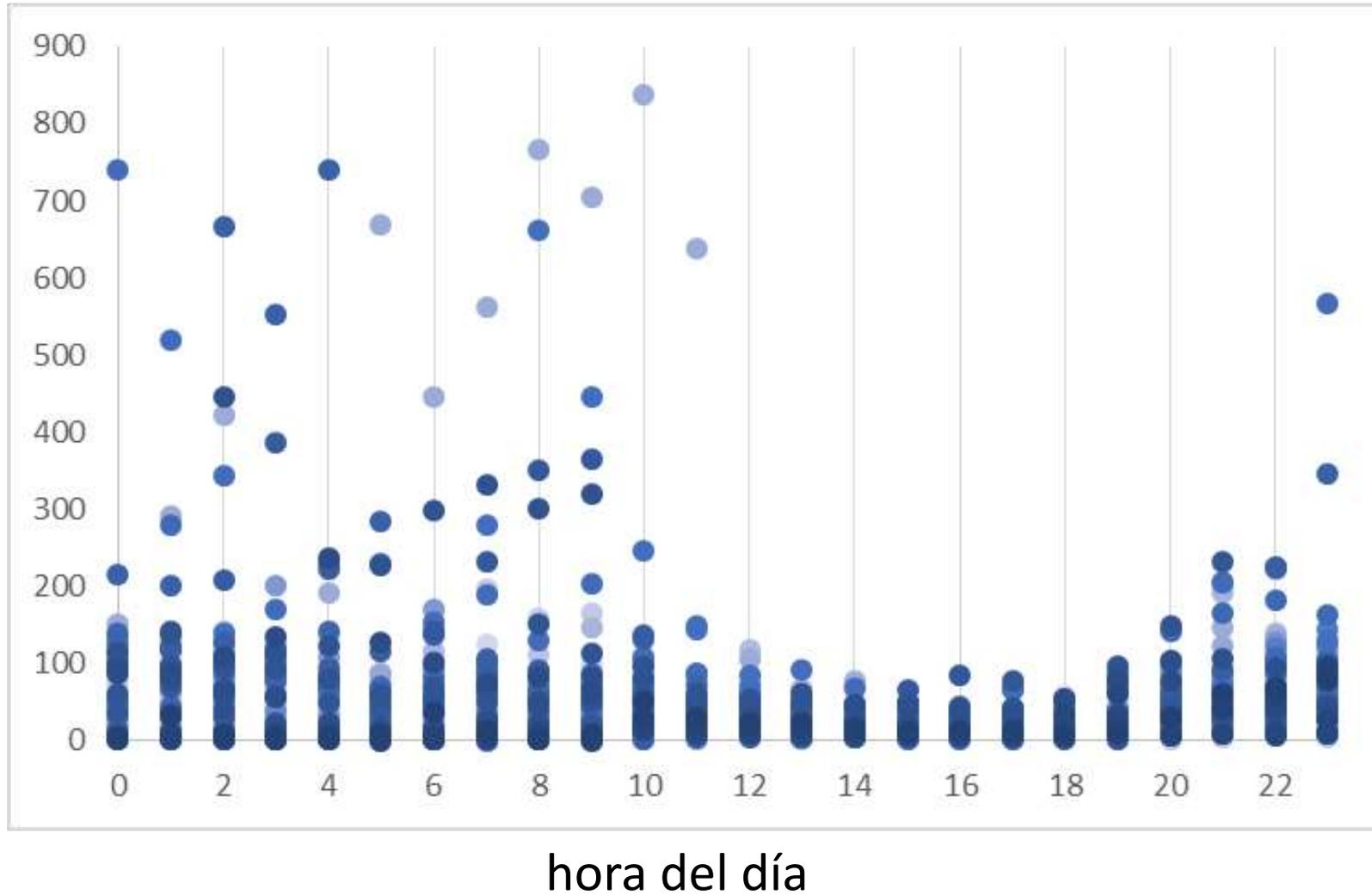


- Sector Ribera Sur Estero Guaiquillo → máximos nocturnos y en la mañana entre 8 y 9 AM
- Sector Campus Los Niches Utalca → bajas concentraciones todo el día

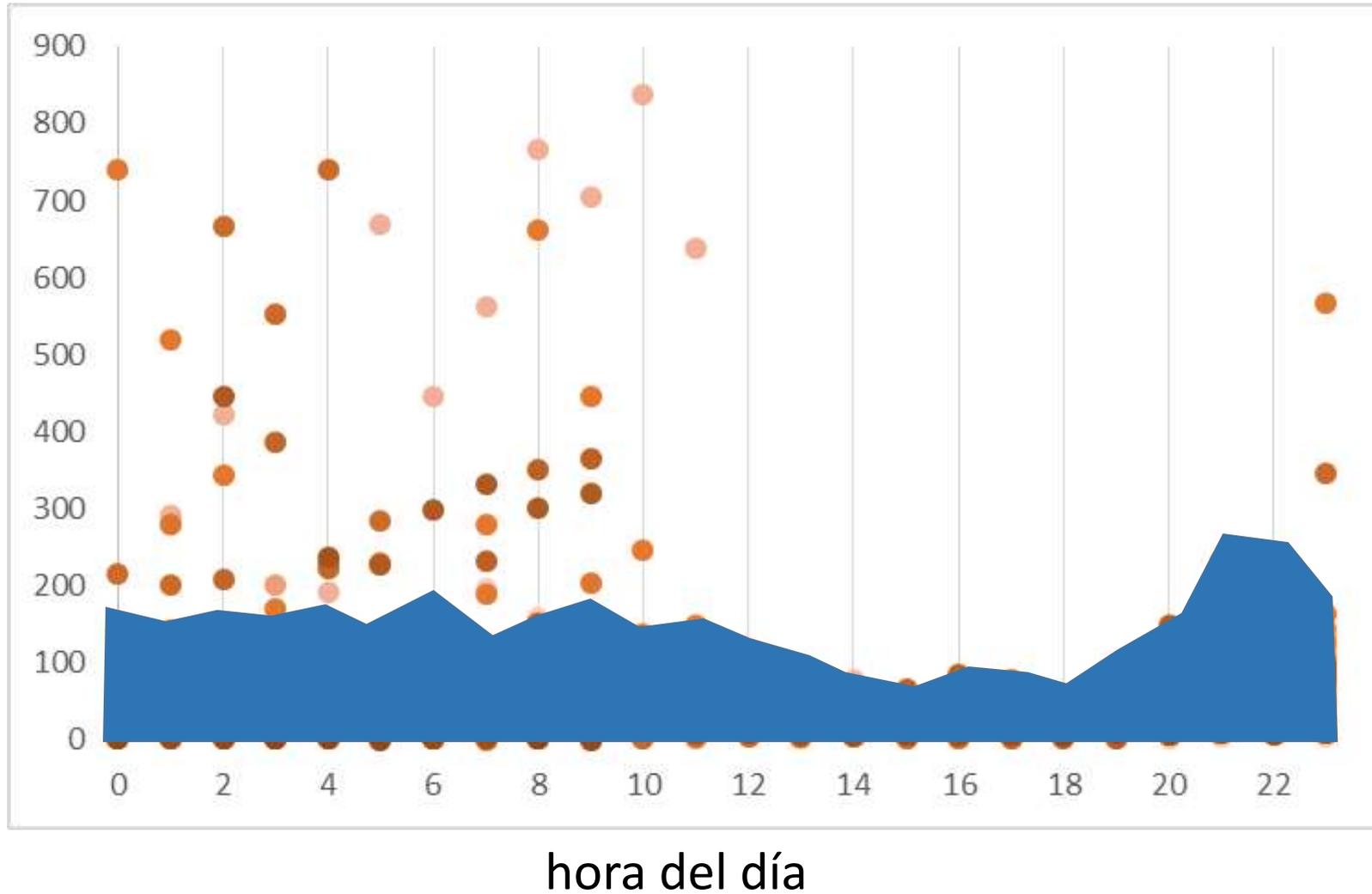
## Detección de fuentes industriales emisión de MP



## Detección de fuentes industriales emisión de MP



## Detección de fuentes industriales emisión de MP



## Conclusiones

- LCPMS no cuentan con una metodología para ser calibrados y validadas sus mediciones
- LCPMS permiten un monitoreo sencillo de implementar, pero requiere promediar muchas mediciones de los LCPMS
- LCPMS entregan frecuentemente valores sobrestimados en particular en condiciones frías (alta humedad relativa)
- La combinación de LCPMS con estaciones meteorológicas “low-cost” de velocidad del viento y dirección del viento genera una sinergia para la comprensión de los movimientos de contaminantes

## Conclusiones

- Independientemente de la calidad de la calibración los LCPMS son muy sensibles a eventos puntuales o plumas de humo (por ej. quemas agrícolas o chimeneas humeantes)
- Las zonas urbanas de comunas aledañas a Curicó presentan altas concentraciones MP fino
- No ha sido posible demostrar que haya sido exportado material particulado de la ciudad de Curicó hasta las zonas urbanas de comunas vecinas
- Hay un notable efecto de dispersión nocturna de MP hacia el poniente de Curicó explicado topografía y viento catabático nocturno

## Conclusiones

- Para hacer un mapeo completo del comportamiento de la contaminación del aire se requiere extender notablemente el tamaño de la red de monitoreo (>100 estaciones), dándole énfasis a la zona rural cercana a las urbes
- Dados los costos y los efectos de escala los municipios podrían hacerse cargo de establecer y mantener redes de monitoreo de bajo costo, por ejemplo, a través de organizaciones comunitarias



Miércoles  
**28/04**

**10**  
hrs.

# Webinar cierre de proyecto FIC

Redes de monitoreo de calidad del aire  
de bajo costo para la región del Maule



REDES DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE  
DE BAJO COSTO PARA LA REGIÓN DEL MAULE

**Ricardo Baettig P.**

Director de Proyecto U de Talca  
(25 min)



GOBIERNO  
REGIONAL  
DEL MAULE