



Low-cost PM_{2.5} measurements in a binational metropolitan area along the U.S.-Mexico border

Mayra Chavez¹, Leonardo Vazquez¹, Yazmin Hernandez Garcia², Frida Toquinto Manjarrez², Adrian Vazquez Galvez², Wen-Whai Li¹

¹University of Texas at El Paso, El Paso, TX, USA. ²Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ciudad Juarez, Chihuahua, Mexico

OCTOBER 20, 2022

Scientific Approach

- The project installed an air monitoring network in the PdN to measure PM_{2.5}, at 26 sites in El Paso and Ciudad Juarez (Cd. Juarez).
- The sampling project time is projected to be 1 year.
- Collaborative effort between the University of Texas at El Paso (UTEP) and Universidad Autonoma de Ciudad Juarez (UACJ).



Scientific Approach

- Dentro del Proyecto se instaló una red de monitoreo de calidad de aire en el PdN para medir PM_{2.5} en 26 sitios en El Paso y Cd. Juárez.
- La campaña de monitoreo tiene una duración proyectada de 1 año.
- Es un esfuerzo colaborativo entre la University of Texas at El Paso (UTEP) y la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ)



Research Objectives

Goals:

- Improve air quality monitoring in the border region;
- Produce a case study of scientific measurement and analysis of air quality using low-cost air sensors;
- Foster binational technical exchange between government agencies and research institutions in the Paso del Norte (PdN).

Objectives:

- To advance scientific measurement and analysis of air quality in the PdN air basin using low-cost air sensors.

Objetivos de Investigación

Metas:

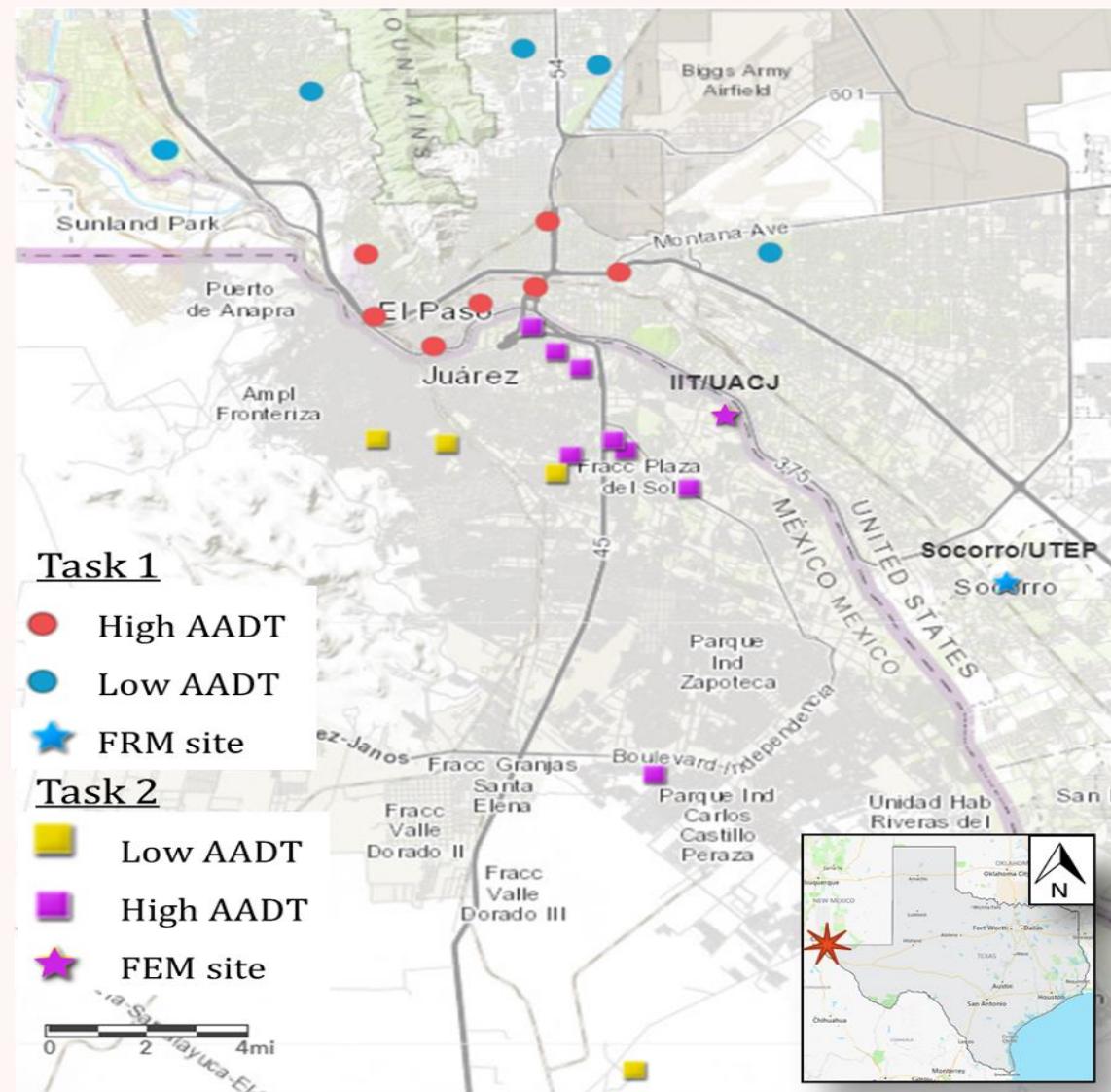
- Mejorar el monitoreo de calidad del aire en la región fronteriza;
- Producir un caso de estudio de mediciones y análisis científico sobre la calidad del aire usando sensores de bajo costo;
- Fomentar el intercambio técnico binacional entre agencias de gobierno e instituciones de investigación en el Paso del Norte (PdN).

Objetivos:

- Avanzar en las mediciones y análisis de calidad del aire en la cuenca atmosférica del PdN usando sensores de bajo costo.

Tasks and Site map

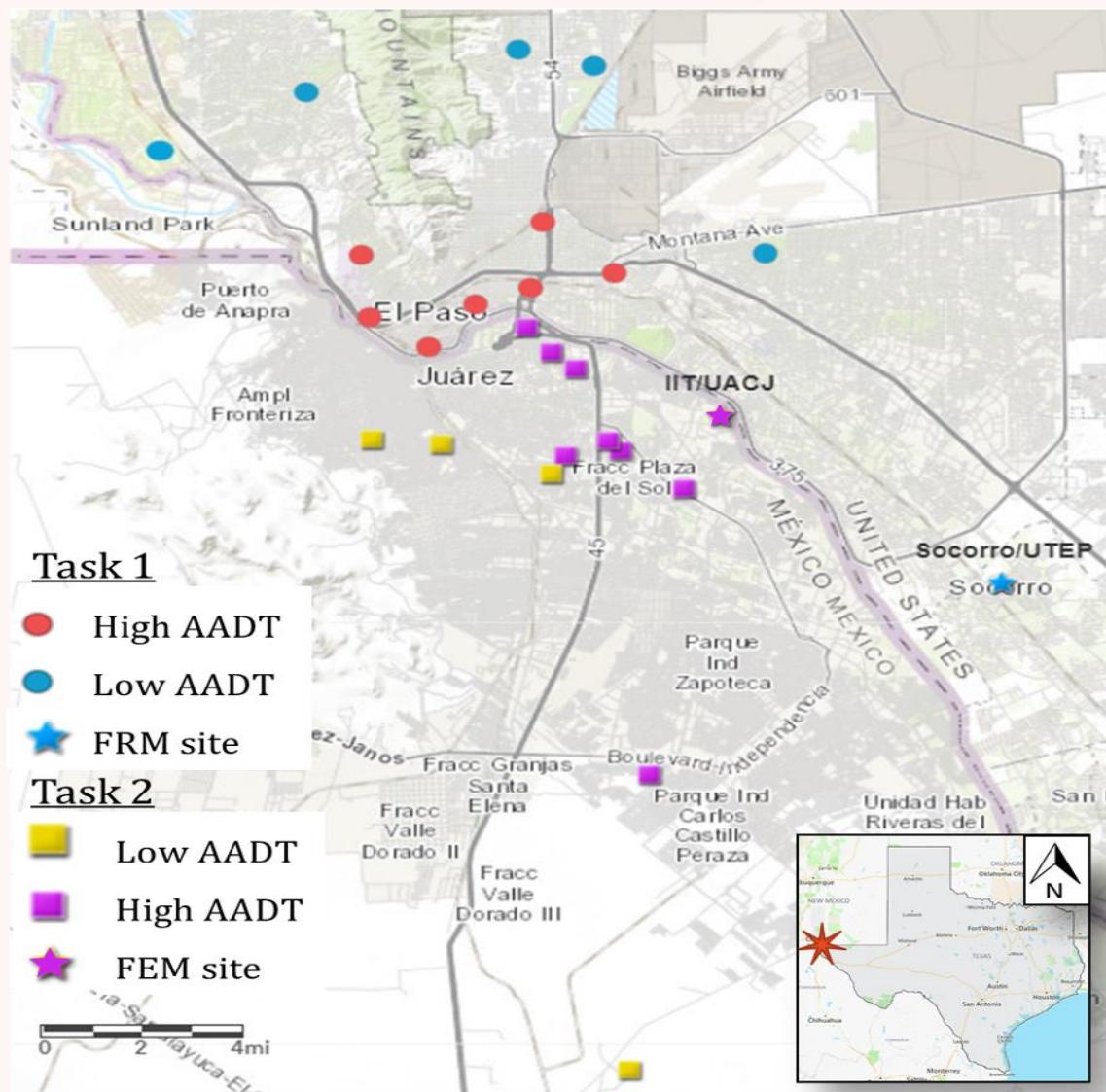
- Task 1
 - 12 elementary school sites
 - 7 high AADT, 5 low AADT
 - 13th site at reference station (TCEQ CAMS 49, Federal Reference Method (FRM))
- Task 2
 - Elementary school
 - 14 total sites
 - 9 high AADT, 4 low AADT
 - 7 in areas of low vehicular flow
 - 13th site at reference station (UACJ Federal Equivalent Method(FEM))



Purple Air Locations including Annual Average Daily Traffic (AADT)

Tareas y mapa del sitio

- Tarea 1
 - 12 sitios de escuelas primarias
 - 7 AADT alto, 5 AADT bajo
 - Sitio 13 en la estación de referencia (TCEQ CAMS 49, Método de referencia federal (FRM))
- Tarea 2
 - Escuelas de varios niveles educativos
 - 12 sitios en total
 - 9 alto AADT, 4 bajo AADT
 - 13^{er} sitio en la estación de referencia (UACJ Federal Equivalent Method(FEM))



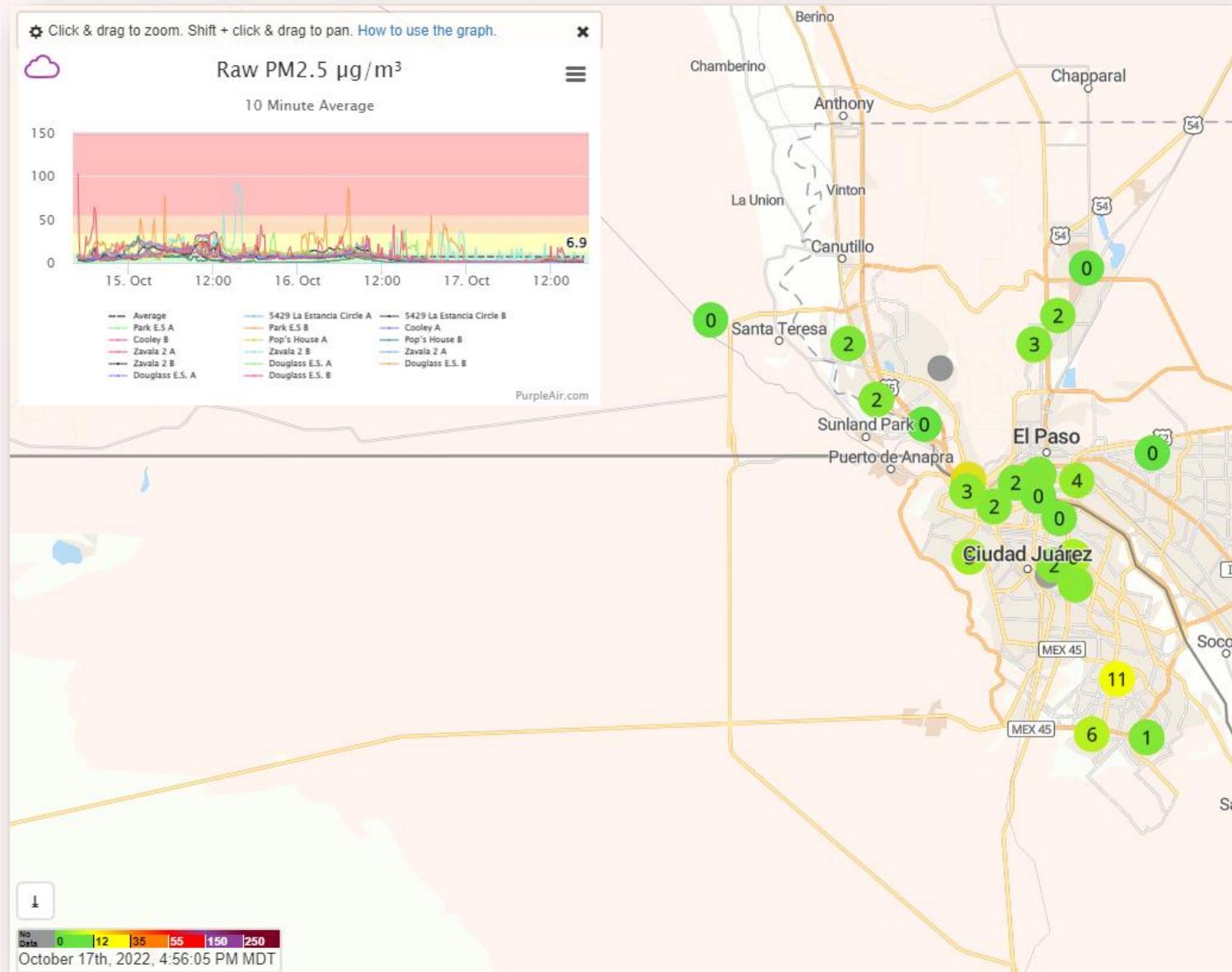
Purple Air Locations including Annual Average Daily Traffic (AADT)

View of Sensor locations/Vista de ubicación de sensores

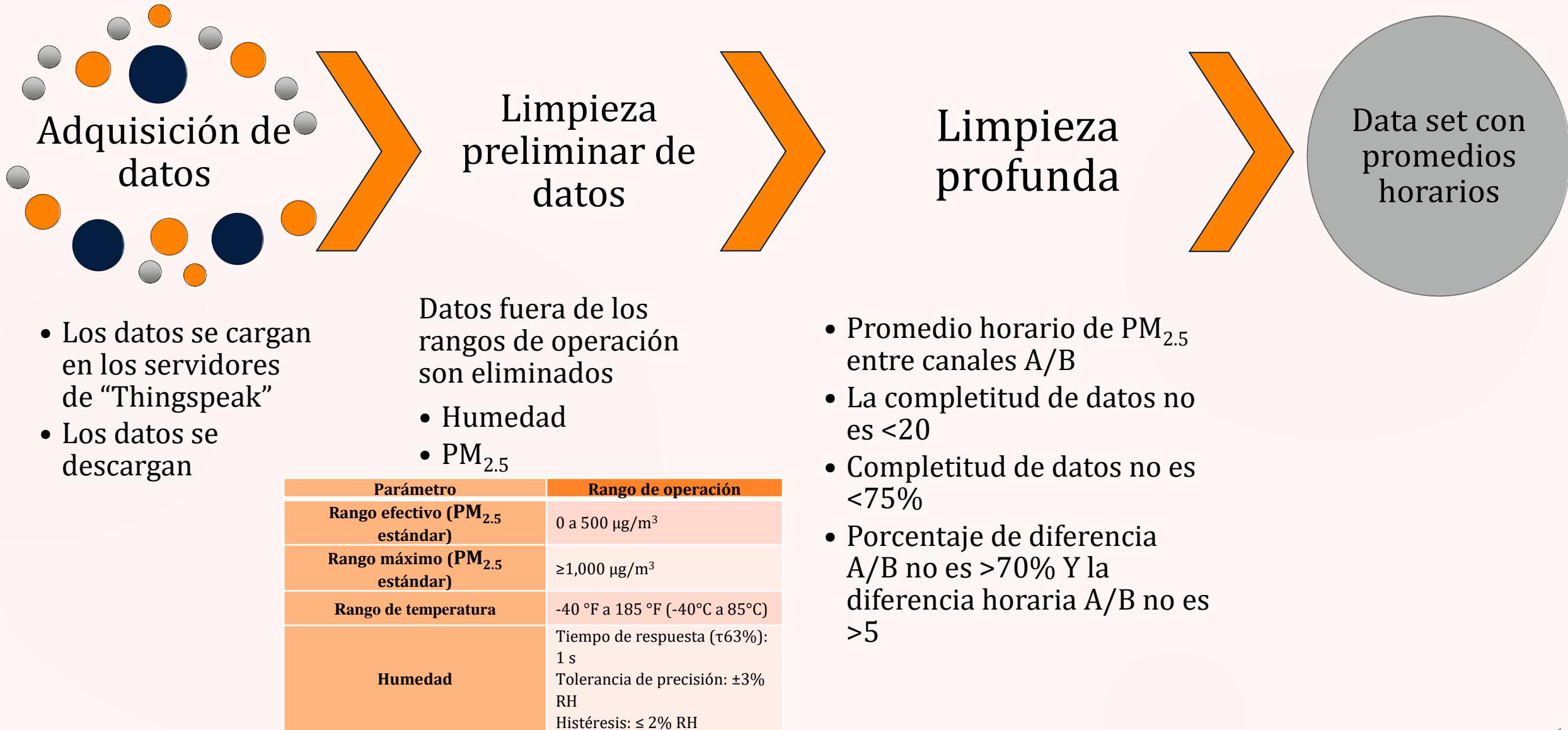


Purple Air Website

[Website](#)



Procesamiento de datos y control de calidad

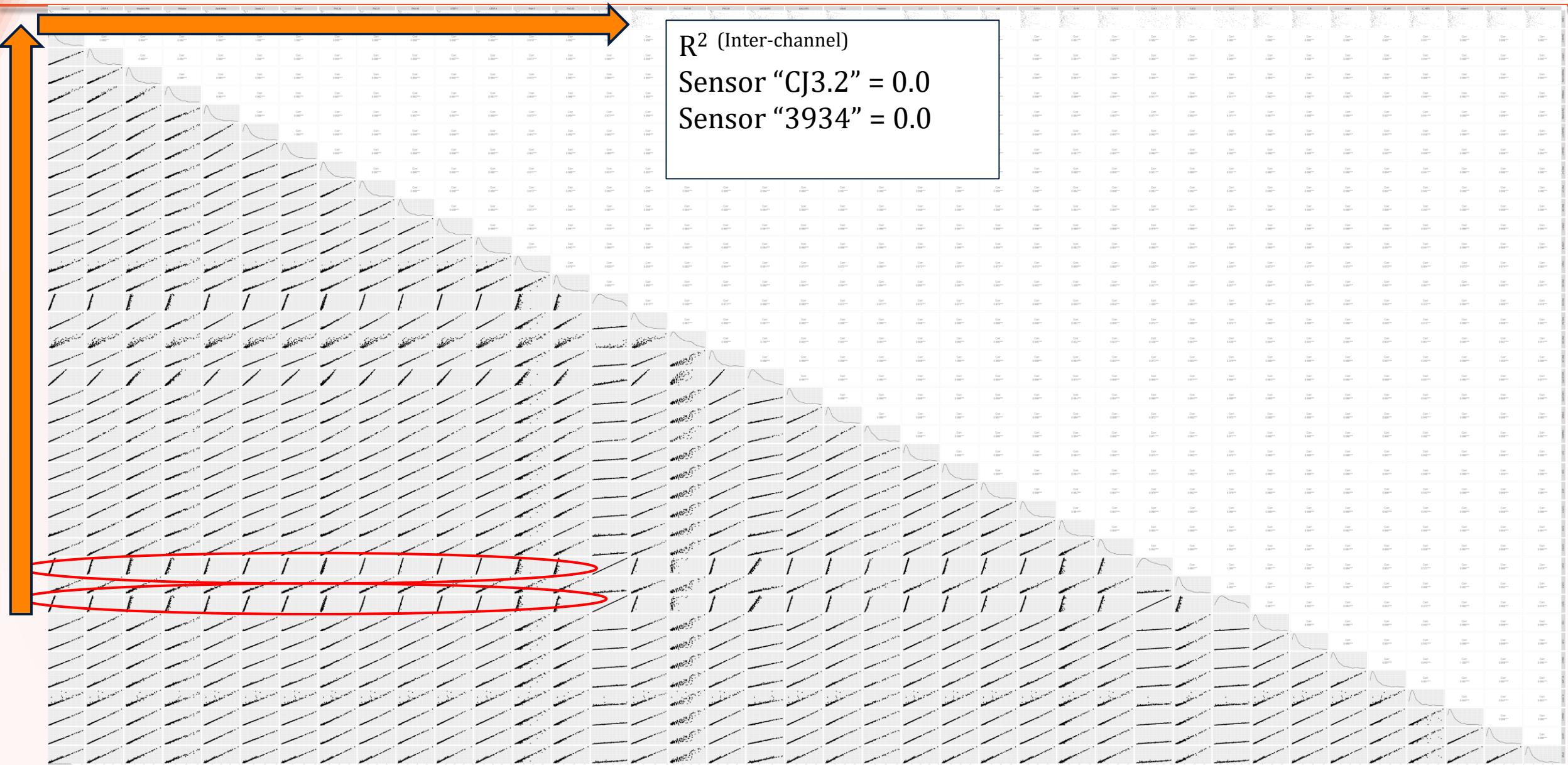


Evaluación de sensores

- Todos los sensores fueron comparados entre sí
- Métodos de corrección futuros
- Periodo de 15 días
- Inter correlación entre todos los sensores



Inter-Sensor Correlation/Correlación entre sensores



Inter-Channel Correlations/Correlación entre Canales

Inter-channel		Inter-channel		Inter-channel	
Sensors	R ²	Sensors	R ²	Sensors	R ²
Zavala	0.99	Coldwell	0.99	CJ4 - H1	0.99
Park	0.97	CJ3-H	0.99	CJ5-H01	0.99
Park 2	0.98	CJ12-L	0.99	CJ5-H02	0.97
UTEP 1	0.99	IIT-UACJ-II	0.99	CJ7-H	0.99
UTEP 4	0.99	CJ4-H-01	0.99	CJ9-H	0.99
UTEP 5	0.99	CJ7-H-01	0.99	CJ12-L	0.99
Western Hills	0.98	CJ3 - H-02	0	CJ10-L	0.98
Whitaker	0.96	CJ11-L-01	0.99	CJ13-L-1	0.99
Aoy I	0.98	CJ10-L	0.98	CJ13-L-2	0.98
Aoy II	0.99	CJ5-H-01	0.99		
Zach White	0.99	IIT-UACJ	0.99		
Zavala 2	0.99	CJ9-H	0.99		
Cielo Vista	0.99	CJ4-H-02	0.97		
Hawkins	0.99	CJ6-H	0.99		
Vilas	0.98	CJ8-H	0.99		

Correlation analysis: Campus-wide Double Sensor Sites

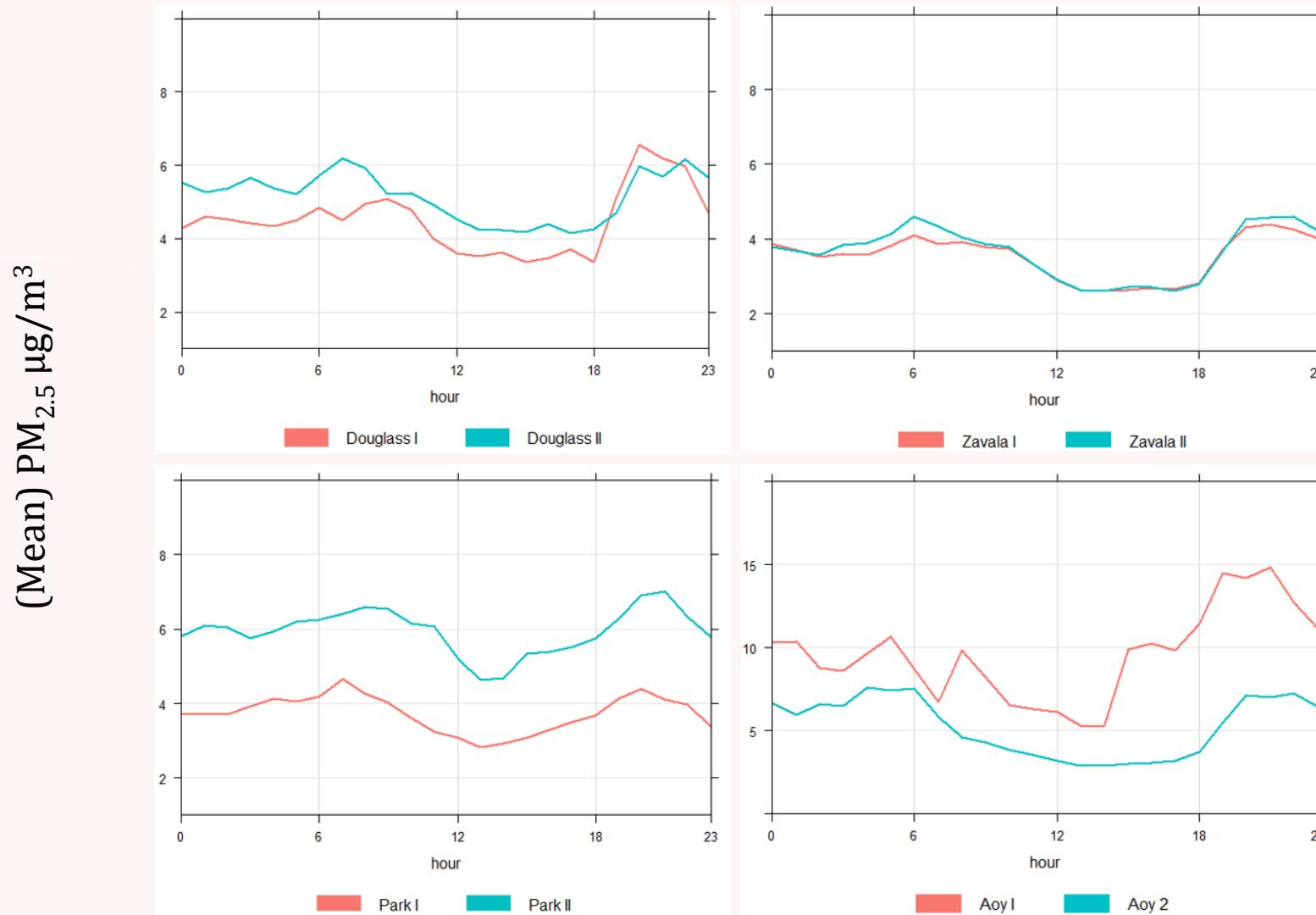
- 12 sites with duplicates, represents ~38% of the monitoring network
- Correlation greater than 0.97
- Equipment works correctly, in relation to other PurpleAir sensors.
- March to August

Name on Purple Air	AADT	Type of Site	R ²
Aoy	High	Elementary School	0.33
Aoy II			
Douglass	High	Elementary School	0.99
Douglass II			
Park	Low	Elementary School	0.75
Park II			
Zavala	High	Elementary School	0.98
Zavala II			
CJ4-H-01	High	College	0.95
CJ4-H-02			
CJ5-H-01	High	High School	0.99
CJ5-H-02			
CJ11-L-01	Low	Elementary School	0.38
CJ11-L-02			
CJ13-L-01	Low	College	0.8
CJ13-L-02			

- 12 sitios con duplicados representan ~38% de la red de monitoreo
- Correlación mayor a 0.97
- El equipo trabaja correctamente en relación con otros sensores de PurpleAir
- Marzo a agosto

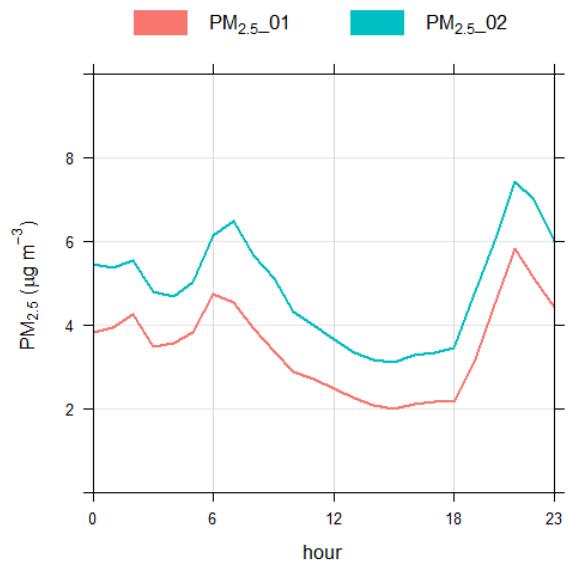
Name on Purple Air	AADT	Type of Site	R ²
Aoy	High	Escuela Primaria	0.33
Aoy II			
Douglass	High	Escuela Primaria	0.99
Douglass II			
Park	Low	Escuela Primaria	0.75
Park II			
Zavala	High	Escuela Primaria	0.98
Zavala II			
CJ4-H-01	High	Universidad	0.95
CJ4-H-02			
CJ5-H-01	High	Preparatoria	0.99
CJ5-H-02			
CJ11-L-01	Low	Escuela Primaria	0.38
CJ11-L-02			
CJ13-L-01	Low	Universidad	0.8
CJ13-L-02			

Correlation analysis: Campus-wide Double Sensor

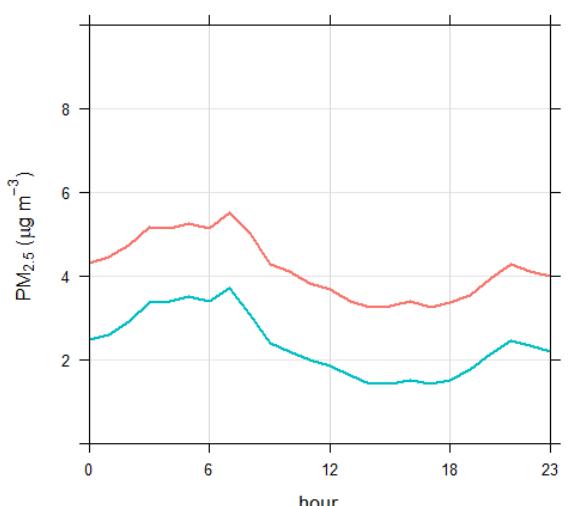


Análisis de correlación: sitios de sensores duplicados

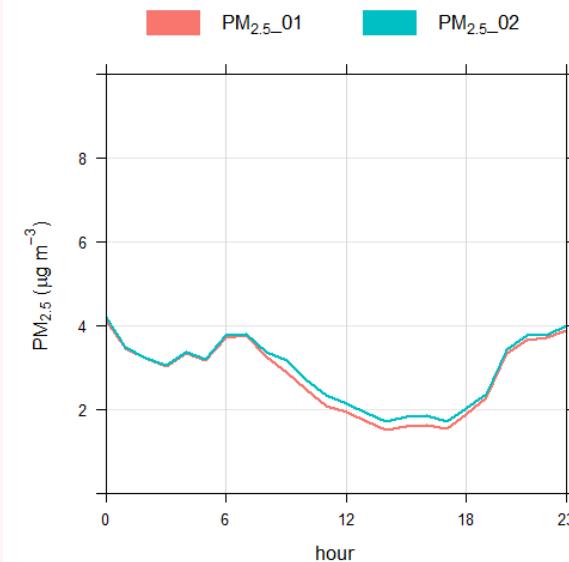
CJ4



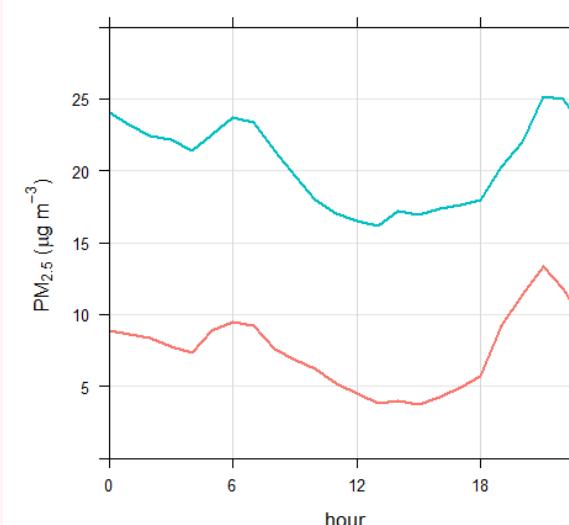
CJ13



CJ5



CJ11



Correlation analysis: Inter-channel(Mar-Aug)

Análisis de correlación: entre canales (arzo-agosto)

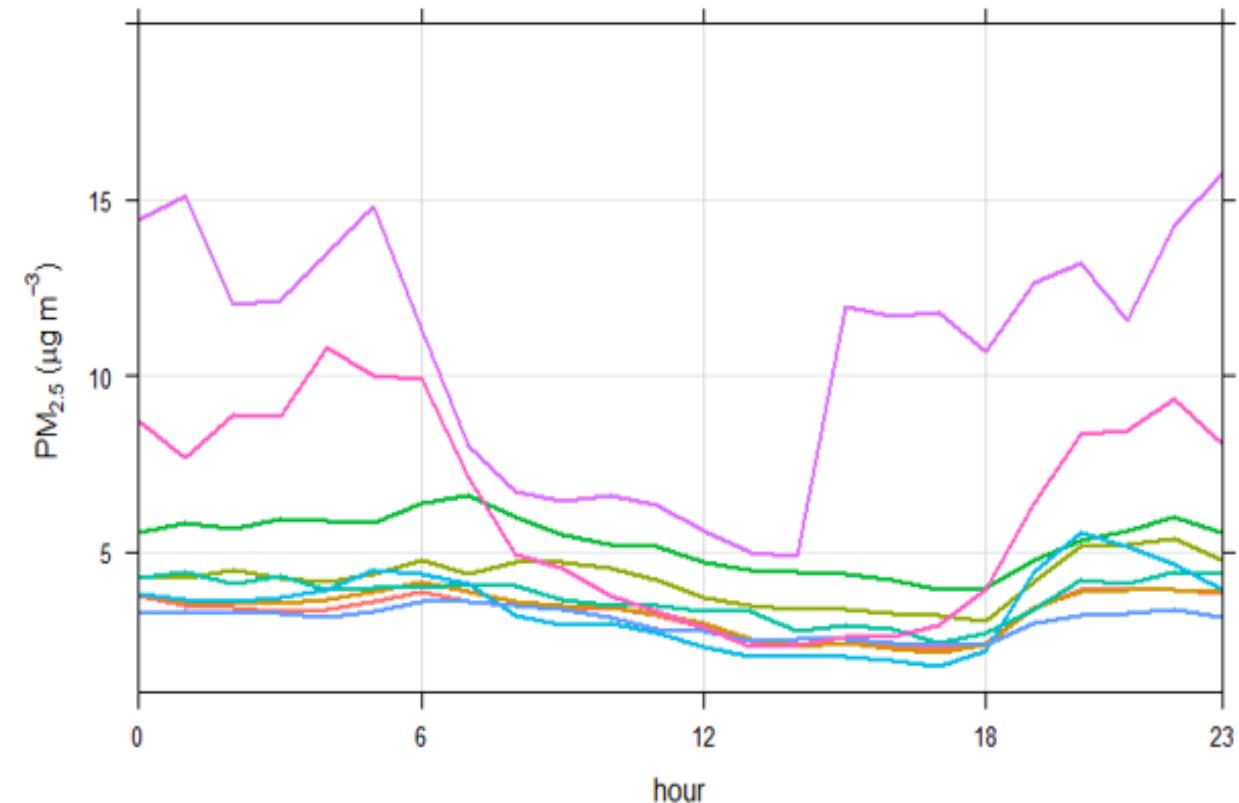
Inter-channel		Inter-channel		Interchannel	
Sensor	R ²	Sensor	R ²	Sensor	R ²
Aoy	0.95	CJ5-H-1	0.97	CJ13-L-01	0.95
Aoy 2	0.97	CJ10-L	0.23	CJ2-H	0.99
Cooley	0.92	IIT/UACJ	0.97	CJ5-H-01	0.97
Cielo Vista	0.82	CJ4-H-02	0.93	CJ7-H-01	0.99
Douglass	0.92	CJ9-H	0.49	CJ4-H-01	0.94
Douglass 2	0.95	IIT/UACJ-02	0.44	CJ3-H	0.47
Park 2	0.87	CJ6-H	0.98		
Park ES	0.97	CJ7-H-02	0.99		
Vilas	0.99	CJ11-L-01	0.99		
Western Hills	0.99	CJ13-L-02	0.9		
Whitaker	0.32	CJ11-L-02	0.94		
Zach White	0.97	CJ8-H	0.73		
Zavala	0.98	CJ9-H	0.96		
Zavala 2	0.86	CJ5-H-02	0.95		

1 Hour	Sensor	Min	Median	Mean	Max
	Cielo Vista	0.2	4.4	6.8	39.6
	Coldwell	0.0	2.5	3.3	28.0
	Cooley	0.0	3.8	4.9	39.2
	Douglass I	0.0	3.4	4.6	62.4
	Douglass II	0.3	4.3	5.4	51.7
	Hawkins	0.0	3.0	4.0	29.5
	Park I	0.0	2.9	3.9	30.1
	Park II	0.3	4.2	6.0	27.0
	Vilas	0.0	2.0	3.8	69.0
	Western Hills	0.0	2.2	3.1	35.7
	Whitaker	0.0	2.9	4.0	36.4
	Zach White	0.0	3.2	4.5	38.6
	Zavala I	0.0	2.6	3.6	27.4
	Zavala II	0.0	2.5	3.7	39.1
	Aoy I	0.0	5.6	10.7	102.8
	Aoy II	0.0	3.1	6.2	102.8

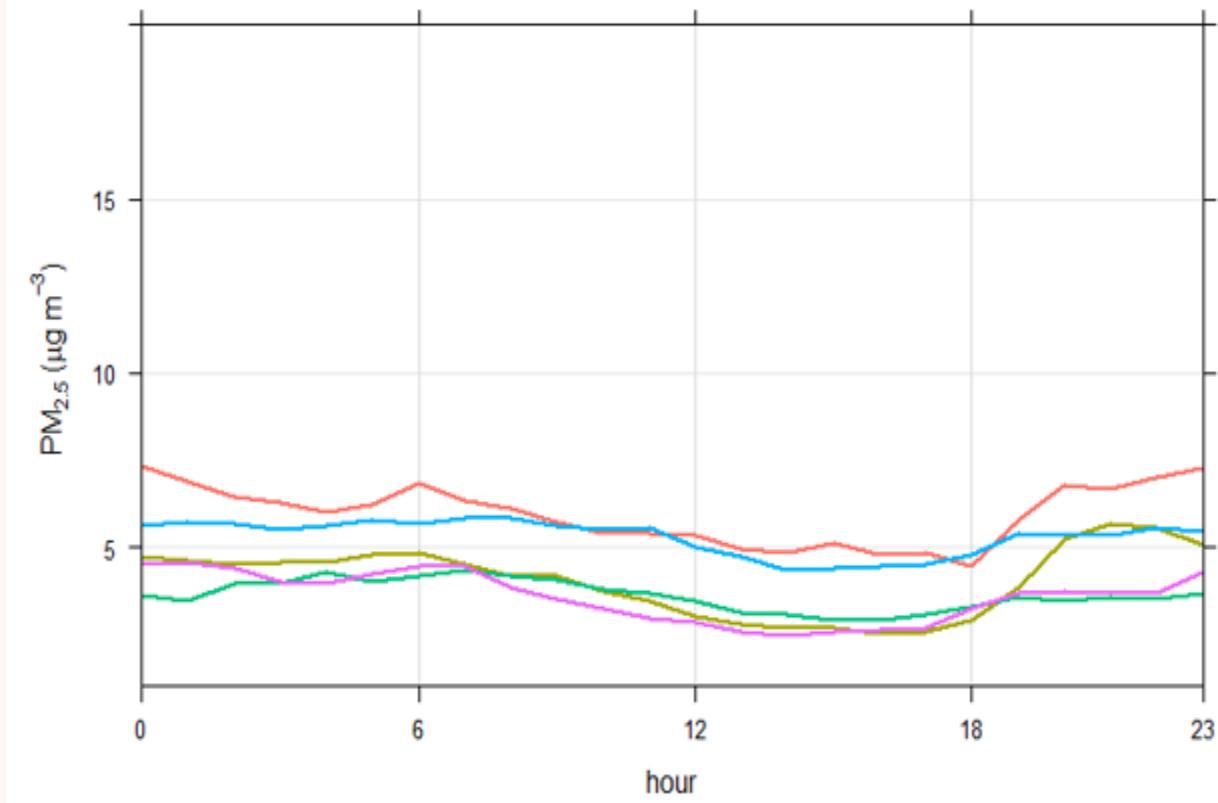
1 Hour	Sensor	Min	Median	Mean	Max
	CJ10-L	0.1	3.3	6.1	191.0
	CJ4-H-01	0.0	2.5	4.0	51.8
	CJ7-H-01	0.0	3.9	5.9	56.4
	CJ5-H-01	0.0	2.4	3.7	36.7
	CJ2-H	0.1	5.3	7.9	136.9
	CJ13-L-01	0.0	3.5	4.5	48.4
	CJ5-H-02	0.0	2.3	3.9	36.5
	CJ11-L-02	0.0	5.1	8.4	134.4
	CJ13-L-02	0.0	1.1	2.3	48.3
	CJ11-L-01	0.1	4.6	7.7	122.8
	IIT/UACJ-02	0.0	2.6	4.1	35.8
	CJ9-H	0.4	23.3	20.6	91.1
	UACJ1	0.5	3.3	10.6	107.3
	CJ5-2	0.0	2.3	3.9	36.5
	IIT/UACJ	0.0	2.4	3.9	48.7

Results: Daily PM_{2.5} Variation (Mar-Aug)

High AADT Sites

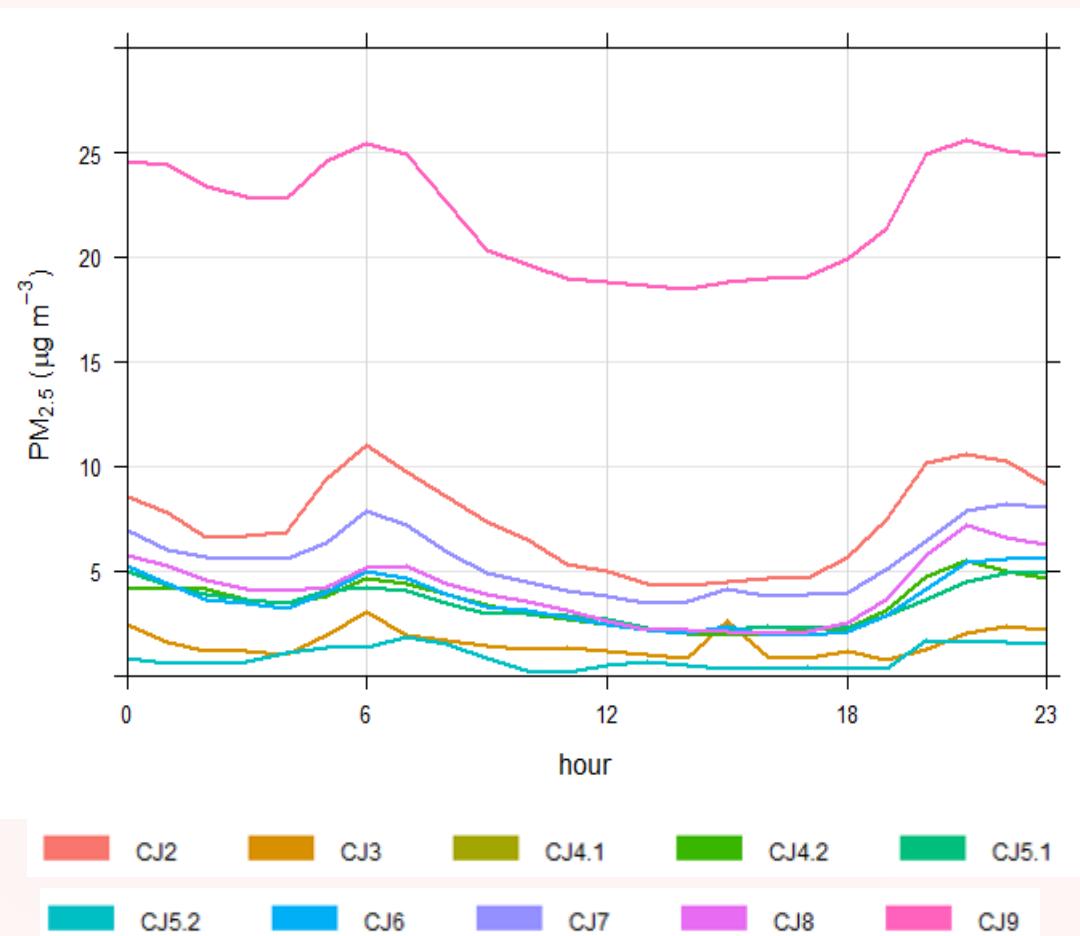


LOW AADT Sites

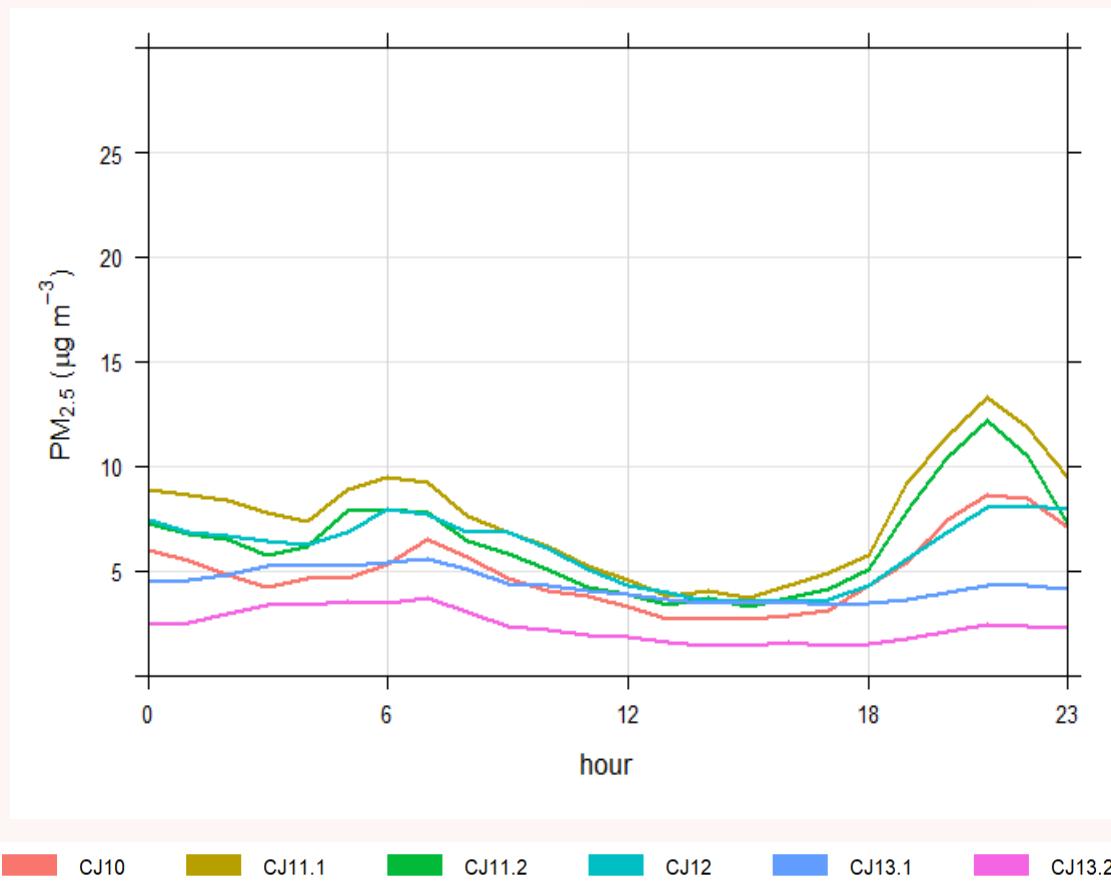


Resultados: Variación diaria de PM_{2.5} (Mar-Ago)

High AADT Sites



Low AADT Sites



Discussions and Conclusions

Correlations:

- Consistency between Channel A and Channel B values in each individual sensors,
 - Generally, R^2 of 0.8
- Consistency between duplicate sensors at deployed sites
 - Vary in correlation but generally good R^2

Debates y conclusiones

Correlaciones:

- Consistencia entre los valores del canal A y del canal B en cada sensor individual
 - Generalmente, R^2 de 0.8
- Consistencia entre sensores duplicados en sitios implementados
 - Varían en correlación, pero generalmente son buenos R^2

Continuing work

- The monitoring campaign for a 12-month period in the PdN.
- Collocated monitoring at two reference stations will be continued for quality control and performance evaluation of the low-cost sensors.
- Correlation between collocated sensors at Federal Reference Method (FRM) or Federal Equivalent Method (FEM) stations
- Sensor correction or adjustment evaluations with FRM co-located “Controller” sensor

Continuación del trabajo

- La campaña de monitoreo por un período de 12 meses en el PdN.
- Se continuará con el monitoreo colocado en dos estaciones de referencia para el control de calidad y la evaluación del rendimiento de los sensores de bajo costo.
- Correlación entre sensores colocados en estaciones del Método Federal de Referencia (FRM) o del Método Federal Equivalente (FEM)
- Evaluaciones de corrección o ajuste del sensor con el sensor "Controlador" colocado de FRM

Future work: Data correction methodology

- Evaluate the correlations between the low-cost sensor and the reference station.
 - Multiple regression model developed, including humidity and temperature variables:

$$Ref = \beta_0 + \beta_1(Sensor) + \beta_2(HR) + \beta_3(Temp) + \varepsilon$$

Trabajo futuro: Metodología de corrección de datos

- Evaluar la correlación entre los sensores de bajo costo y la estación de referencia.
 - Desarrollo de modelo de regresión múltiple, incluyendo variables de humedad y temperatura:

$$Ref = \beta_0 + \beta_1(Sensor) + \beta_2(HR) + \beta_3(Temp) + \varepsilon$$

Time-Line

November 2021

- Research Project
- Quality Assurance Project Plan Draft
- Equipment List



December 2021

- Communication Plan



March 2022

- Field Measurements begins in both cities



March 2023

- Completion of One Year of Continuous PM2.5 Data From Purple Air Sensors Co-Located at Reference Stations
- Completion of Field Measurement
- Final Calibration Period
- Final Data Analysis

Línea de tiempo

Noviembre 2021

- Proyecto de investigación
- Borrador del Plan del Proyecto de Garantía de Calidad
- Lista de equipos



Diciembre 2021

- Plan de Comunicación



Marzo 2022

- Comienzan las mediciones de campo en ambas ciudades



Marzo 2023

- Finalización de la medición de campo
- Período de calibración final
- Análisis final de datos

Communications

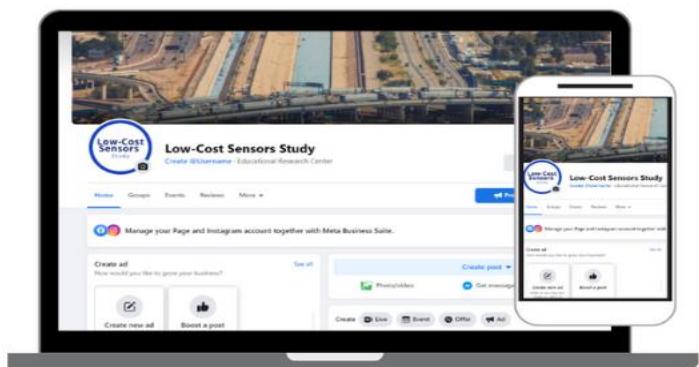
Our Newsletter



Our Website



Our Facebook Account



Our Email: borderairquality@utep.edu

Personnel

UTEP

Wen-Whai Li, Ph.D., P.E. (Co-Principal Investigator)
wli@utep.edu

Mayra Chavez, Ph.D. (Co-Principal Investigator)
mcchavez4@utep.edu

Leonard Vazquez-Raygzoa (Co-Researcher)
ldvazquez2@miners.utep.edu

UACJ

Adrian Vazquez Galvez, Ph.D. (Co-Principal Investigator)
fvazquez@uacj.mx

Yazmín Hernández García, M.S. (Co-Investigator)
yazmin.hernandez@uacj.mx

Frida Toquinto Manjarrez, Engr. (Co-Researcher)
Frida.toquinto@uacj.mx

Thank you!

Acknowledgments

We would like to acknowledge the staff of the Texas Commission on Environmental Quality (Melanie Scruggs, Eddie Moderow, and Sergio Vasquez) and the El Paso Independent School District (Ernesto Ortiz, and Abel Carreon) for all their help in facilitating this project and the subsequent tasks in the following year. This project was supported by a grant from the Texas Commission on Environmental Quality via the University of Texas at Austin. The contents of this presentation are solely the authors' responsibility and do not necessarily represent the official views of TCEQ.