

FICHA TÉCNICA DEL PROYECTO			
Nombre del proyecto:	Low-cost air sensor study in The Paso del Norte	Fecha de inicio:	Sep-2021
Ubicación:	Región Paso del Norte	Fecha de finalización:	Ago-2023
Responsable del proyecto	Dr. Felipe Adrián Vázquez Galvez	Institución financiadora	Texas Commission on Environmental Quality
Representante técnico:	M en C Yazmin Gpe. Hernández García		

Antecedentes	
<p>Los antecedentes del estudio se centran en abordar los problemas críticos de calidad del aire en la región fronteriza Paso del Norte (PdN), que incluye El Paso, Texas; Ciudad Juárez, Chihuahua; y partes de Nuevo México. Esta área enfrenta desafíos ambientales significativos debido a sus condiciones geográficas, climáticas y socioeconómicas únicas, que incluyen un rápido crecimiento urbano, tráfico vehicular intenso y una alta concentración industrial. Las emisiones de partículas finas (PM2.5 y PM10) han sido un problema persistente, con impactos documentados sobre la salud pública, como enfermedades respiratorias y cardiovasculares. Además, los métodos tradicionales de monitoreo de la calidad del aire, basados en estaciones de referencia, son insuficientes para abarcar la complejidad y extensión de la región, lo que subraya la necesidad de soluciones innovadoras y de bajo costo. El proyecto responde directamente a estas necesidades al implementar sensores de bajo costo (PurpleAir) para monitorear partículas PM2.5. Este enfoque busca ampliar significativamente la cobertura geográfica y temporal del monitoreo, mejorar la comprensión de las dinámicas de calidad del aire y fomentar la colaboración técnica binacional entre instituciones académicas y gubernamentales de ambos lados de la frontera. Además, el proyecto evalúa la viabilidad de estos sensores en condiciones climáticas desafiantes, como las del PdN, y promueve la formación de estudiantes en el uso de tecnologías innovadoras para enfrentar problemas ambientales críticos.</p>	
Objetivo del proyecto	
<p>El objetivo principal de este proyecto, enfocado en la región del Paso del Norte, abarcó varias áreas clave.</p> <p>En primer lugar, el proyecto buscó mejorar las capacidades de monitoreo de la calidad del aire en la región, utilizando sensores de bajo costo PurpleAir para recopilar datos y realizar un análisis científico de la calidad del aire. Esto incluyó la creación de un estudio de caso que explorara la medición y el análisis de la calidad del aire, proporcionando datos más accesibles y detallados para la toma de decisiones informadas. Además, el proyecto resaltó la importancia de fomentar un intercambio técnico binacional sólido, promoviendo la</p>	

colaboración entre agencias gubernamentales e instituciones de investigación en la región. Este enfoque colaborativo fue esencial para optimizar los esfuerzos de investigación y armonizar las metodologías técnicas. Más allá del monitoreo regulatorio, el proyecto también tuvo un rol en la medición y modelado de la calidad del aire, acumulando datos valiosos para fortalecer las herramientas de monitoreo no regulatorio y contribuir a decisiones estratégicas para mejorar la calidad del aire en la región.

<i>Alcance del proyecto</i>		<i>Costo del proyecto</i>	
<p>El proyecto logró implementar una red de sensores de bajo costo (PurpleAir) en 26 sitios estratégicos, distribuidos en áreas de alto y bajo tráfico vehicular, tanto en El Paso como en Ciudad Juárez. Esto permitió recopilar datos espaciales y temporales sobre partículas PM2.5, generando patrones de concentración en tiempo real y proporcionando información accesible al público a través de plataformas en línea. Además, el proyecto evaluó el desempeño de los sensores bajo las condiciones climáticas específicas de la región, validando su precisión mediante comparaciones con estaciones de monitoreo de referencia (CAMS 49 y FEM). También fomentó la colaboración técnica binacional entre instituciones académicas y gubernamentales de ambos lados de la frontera, promoviendo el intercambio de conocimientos y la armonización de metodologías. Finalmente, el proyecto involucró a estudiantes de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ) en investigaciones relacionadas con la calidad del aire, contribuyendo a su formación académica y profesional en este campo.</p>	<i>Costo total del proyecto:</i>	\$61,999.00 dlls	
	<i>Duración del proyecto:</i>	24 meses	
	<i>Población beneficiada:</i>	Principalmente a los residentes de la región del Paso del Norte, que abarca El Paso, Texas; Ciudad Juárez, Chihuahua; y partes de Nuevo México.	
	<i>Formación de capital humano:</i>	<p>Noe Centeno Sigala (157207): Impacto a la salud del material particulado PM 2.5 estimado a partir de modelación de dispersión y medición con sensores de bajo costo, en la zona residencial contigua a la Av. Prof. R. Rivera Lara en Ciudad Juárez, Chihuahua, México. Mayo 2022</p> <p>Oscar Daniel Yañez Santana (157190): Metodología para la obtención de indicadores de reducción de emisiones contaminantes atmosféricos de partículas PM2.5. Diciembre 2023</p> <p>Miriam Neri Vargas (176047): Evaluación de las condiciones meteorológicas en la medición de PM2.5 usando sensores de bajo costo. Diciembre 2023</p>	

<i>Resultados</i>	
<i>Resultados</i>	<i>Productos</i>
Desempeño de los sensores de bajo costo	Los sensores PurpleAir demostraron una correlación moderada a alta con las estaciones de monitoreo de referencia (CAMS 49), con coeficientes de correlación promedio de 0.66 a 0.67.

	<p>Se identificaron variaciones significativas en las concentraciones de PM2.5 entre El Paso y Ciudad Juárez, influenciadas por fuentes puntuales, emisiones vehiculares y condiciones meteorológicas.</p> <p>Los mapas de calor generados mostraron concentraciones más altas de PM2.5 cerca de los puertos de entrada y zonas industriales, destacando puntos críticos de contaminación.</p>
Validación y corrección de datos	<p>Se desarrollaron métodos de validación y corrección para los datos de los sensores, utilizando regresiones lineales basadas en comparaciones con estaciones FEM (Federal Equivalent Method). Los sensores presentaron desafíos técnicos, como desconexiones frecuentes y fallas en componentes, lo que requirió mantenimiento constante y reemplazos.</p>
Impacto meteorológico	<p>Los patrones de viento predominantes del oeste influyeron en la dispersión de PM2.5, con acumulaciones más altas en áreas al este de las fuentes de emisión.</p>
Colaboración binacional	<p>Fortalecimiento del intercambio técnico entre instituciones de México y Estados Unidos, promoviendo la armonización de metodologías de monitoreo.</p>

Aportaciones importantes del proyecto

1. **Ampliación del monitoreo de calidad del aire en la región Paso del Norte (PdN):**
 - El proyecto implementó una red de sensores de bajo costo (PurpleAir) en 26 sitios estratégicos en El Paso y Ciudad Juárez, lo que permitió recopilar datos espaciales y temporales sobre partículas PM2.5. Esto proporcionó una cobertura más amplia y detallada que las estaciones de monitoreo tradicionales.
 - Se generaron mapas de calor utilizando métodos geoespaciales avanzados (Kriging), que identificaron áreas críticas de contaminación, como los puertos de entrada y zonas industriales.
2. **Validación y mejora de tecnologías de bajo costo:**
 - Se evaluó el desempeño de los sensores PurpleAir bajo las condiciones climáticas específicas de la región, logrando correlaciones moderadas a altas con estaciones de referencia (CAMS 49), con coeficientes promedio de 0.66 a 0.67.
 - Se desarrollaron y aplicaron métodos de validación y corrección de datos, lo que permitió mejorar la precisión de los sensores y establecer bases científicas para su uso en monitoreo no regulatorio.
3. **Colaboración binacional y fortalecimiento técnico:**
 - El proyecto fomentó el intercambio técnico entre instituciones académicas y gubernamentales de México y Estados Unidos, armonizando metodologías y promoviendo la cooperación en la gestión de la calidad del aire.
4. **Formación académica y participación estudiantil:**
 - Estudiantes de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ) participaron activamente en el proyecto, desarrollando investigaciones relacionadas con la calidad del aire como parte de sus trabajos de titulación, lo que fortaleció su formación en el uso de tecnologías innovadoras.
5. **Generación de datos accesibles y útiles para la toma de decisiones:**
 - Los datos recopilados y corregidos se pusieron a disposición del público a través de plataformas en línea, facilitando el acceso a información en tiempo real sobre la calidad del aire.
 - Los resultados del proyecto proporcionaron información clave para identificar fuentes de contaminación y diseñar estrategias de mitigación en la región fronteriza.