



Ministerio  
de Ambiente



## Monitoreo de Calidad de aire en Ciudad de la Costa y Pando Departamento de Canelones

Informe de resultados 2017 - 2022



Agosto, 2023

# **Monitoreo de Calidad de aire en Ciudad de la Costa y Pando Departamento de Canelones**

**Informe de resultados 2017 - 2022.**

## **Autoridades Ministerio de Ambiente (MA) – Intendencia de Canelones (IC)**

**Ministerio de Ambiente** – Cr. Robert Bouvier (Ministro)

**Dirección Nacional de Calidad y Evaluación Ambiental** – Eduardo Andrés (Director MA)

**Intendencia de Canelones** – Prof. Yamandú Orsi (Intendente)

**Dirección General de Gestión Ambiental de IC** – Sr. Leonardo Herou (Director General)

**Dirección de Contralor de IC** – Sr. Luis Garrido (Director)

## **Áreas Técnicas y Operativas (MA – IC)**

**Área Información, Planificación y Calidad Ambiental (MA)** – Ing. Marisol Mallo (Gerenta)

**División Calidad Ambiental (MA)** – Ing. Luis Reolón (Director)

**Departamento Seguimiento de Componentes Ambientales (MA)** – Ing. Quím. Magdalena Hill (Jefa)

**Procesamiento, análisis de datos y redacción del informe** – MSc. Pablo Fernández (Técnico MA); Lic. Cs. Biol. Facundo Lepillanca (Técnico MA); Lic. Quím. Silvia Cabrera (Ayudante técnico – Dir. Gral. Gestión ambiental IC)

**Mantenimiento y verificación de los equipos de monitoreo (MA)** – Arq. Noelia Gasperi (Técnica MA); Quím. Sofía Santiago (Técnica MA)

**Operación de los equipos de monitoreo (IC)** – Lic. Quím. Silvia Cabrera (Ayudante técnico – Dirección General Gestión Ambiental); Téc. Met. Martín Díaz (Inspector – Dirección de contralor)

**Análisis de Laboratorio (Intendencia de Montevideo)** – Dra. María Susana González (Directora (I) - Servicio Evaluación de la Calidad y Control Ambiental); Ing. Quím. Pablo Franco (Director (I) – Unidad calidad de aire)

**Responsable del programa de monitoreo** – Ing. Quím. Magdalena Hill (Jefa)

**Foto de portada** – Arq. Noelia Gasperi (Técnica)

## Contenido

Contenido .....	2
Resumen .....	3
1. Introducción .....	4
2. Caracterización y descripción del esquema de monitoreo .....	7
2.1. Objetivo .....	7
2.2. Metodología de muestreo y análisis .....	7
2.3. Coordinación interinstitucional del trabajo.....	9
2.4. Caracterización del esquema de monitoreo .....	10
2.5. Contexto local: Ciudad de la Costa .....	12
2.6. Contexto local: Pando.....	13
3. Marco normativo.....	15
4. Actividades 2016 - 2022 .....	16
5. Resultados y análisis 2017 - 2022.....	17
5.1. Monitoreo en Ciudad de la Costa .....	17
5.2. Monitoreo en Pando .....	18
6. Resultados y análisis global del monitoreo .....	19
7. Conclusiones.....	24
8. Perspectivas.....	25
Referencias .....	26
Anexo I: Resumen de actividades de campo .....	27

## Resumen

El presente documento, elaborado conjuntamente por el Ministerio de Ambiente y la Intendencia de Canelones, compila la evaluación de la calidad del aire en el departamento de Canelones, particularmente de los municipios de la Ciudad de la Costa y de Pando.

Para este trabajo, el monitoreo se está llevando a cabo en dos estaciones discretas, las que se encuentran operativas desde 2017 (en Ciudad de la Costa) y 2021 (en Empalme Olmos, en el límite con el municipio de Pando). En ambos casos se monitorea únicamente material particulado menor de 10  $\mu\text{m}$ . Este parámetro es uno de los ocho contemplados dentro de los objetivos de calidad de aire en el Decreto 135/021, que reglamenta la calidad del aire en el Uruguay.

Este monitoreo genera datos que al día de hoy no cuentan con un procedimiento sistemático para hacerlos disponibles. El presente informe reúne los resultados del monitoreo y realiza el análisis de la situación respecto a la calidad del aire para la zona de influencia de los sitios de trabajo. Para ello se realizaron procesamientos básicos que permiten mostrar la evolución de los resultados encontrados y el promedio de los datos dentro de cada año.

El período trabajado hasta el momento se considera de vigilancia ya que no son suficientes los datos dentro de cada año para representarlos de manera completa. A pesar de ello, se entiende que no hay elementos para aseverar que la calidad sea mala. La existencia de datos que exceden los valores objetivo, algunos incluso por sobre la tolerancia propuesta, sumado al incremento paulatino en la exigencia de estos valores presionan para lograr sistemáticas de trabajo que permitan una mejor representación de los períodos comprendidos en los años calendario.

## 1. Introducción

La calidad del aire es uno de los aspectos atendidos dentro del monitoreo ambiental. Uno de los abordajes posibles para conocer la calidad del aire de un lugar o región es a través del monitoreo activo de contaminantes atmosféricos. Esta aproximación posibilita la recopilación periódica de datos mediante la utilización de equipamiento de monitoreo que permite la toma de muestras con frecuencia variable dependiendo del equipo utilizado.

Los datos recopilados en el monitoreo son utilizados para la elaboración de información, que permite el análisis de la situación de calidad del aire en el sitio monitoreado y la evaluación de la calidad del aire del lugar respecto a los valores objetivo establecidos.

De esta manera, progresivamente se construye un escenario en el que es posible identificar tendencias o patrones de comportamiento luego de un tiempo prolongado de trabajo. Así, también se establecen puntos de comparación entre distintos momentos del monitoreo. Ello permite asociar eventuales mejoras en la calidad del aire a medidas de gestión tomadas así como cambios en dinámicas y comportamientos locales. Productos como el presente informe permiten realizar ese seguimiento cuando se establece un régimen de reporte periódico.

El departamento de Canelones cuenta con la principal terminal aérea de pasajeros y de carga de Uruguay y a su vez se encuentra cerca del puerto de Montevideo, la principal terminal marítima del país. Esta localización clave ha generado una expansión empresarial y residencial y un concomitante crecimiento industrial y logístico asociado a los conectores viales hacia el resto del país, como son el eje de Ruta 5, la Ruta 8, la Ruta 101 y la Ruta 102. Por otra parte, se tiene una expansión demográfica asociada a tres ejes viales estratégicos del departamento: eje de Ruta 8 asociado a Pando, Barros Blancos y Empalme Olmos; eje de Avenida Giannattasio y Ruta Interbalnearia asociado a Ciudad de la Costa, Paso Carrasco y la Ciudad de Líber Seregni y eje de Ruta 5 asociado a La Paz, Las Piedras, 18 de Mayo y Progreso. Resulta de interés para Canelones contar con monitoreo de calidad de aire en cada uno de estos últimos tres ejes viales.

Los municipios elegidos como referencia para instalar los equipos de medición se encuentran en los principales ejes de desarrollo industrial y logístico del departamento, delineados por las rutas nacionales 5, 8, 101 y 102, siendo cercanos a los diferentes parques industriales presentes en Canelones (Figura 1)<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Informe Ambiental GEO Canelones 2022.



Figura 1: Corredores definidos por la Intendencia de Canelones<sup>2</sup>.

Este informe es el primero relativo al monitoreo de calidad del aire tanto en la Ciudad de la Costa como en Pando. Específicamente, el instalado en la Ciudad de la Costa busca la caracterización de una zona urbana desarrollada en las cercanías de la costa, densamente poblada y de alto tránsito vehicular. Por su parte, el monitoreo del municipio de Pando, instalado en Empalme Olmos por disponibilidad de un sitio acorde, busca también caracterizar una zona altamente poblada y con una densidad mayor a la media del departamento aunque menor que la Ciudad de la Costa. De esta manera se cubren dos de los tres municipios más poblados del departamento siendo el municipio de Las Piedras el que aún no cuenta con monitoreo de la calidad del aire.

Además de las consideraciones anteriores sobre los sitios se tiene que en el diagnóstico nacional realizado a través del inventario de contaminantes atmosféricos con base en la información del año 2015, Canelones resulta como un departamento que contribuye significativamente en las emisiones de tres de los contaminantes considerados en dicho trabajo: material particulado menor de 10  $\mu\text{m}$  (PM10), monóxido de carbono (CO) y compuestos orgánicos volátiles (COVs). A nivel nacional, estos contaminantes provienen principalmente del sector residencial (74 %, 54 % y 77 %, respectivamente). El inventario profundiza el análisis para Canelones en dos sectores particulares por la relevancia del departamento en el total de las emisiones del sector. En el sector agropecuario, el departamento es el que aporta mayores emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx), las que están asociadas al uso de gasoil como combustible. En el caso del sector residencial, las mayores emisiones de material particulado (total y PM10) también están asociadas al departamento de Canelones, vinculándose con el consumo de leña como combustible<sup>3</sup>.

La implementación del monitoreo se llevó a cabo con equipos de monitoreo discreto de PM10. Estos muestreadores de alto volumen, conocidos como *HiVol*, fueron puestos en operación por la Dirección Nacional de Calidad y Evaluación Ambiental (Dinacea) por ser la propietaria de los equipos. Tal puesta en operación ocurrió en momentos diferentes dentro del período contemplado en este informe. Una vez instalados, el mantenimiento y verificación del funcionamiento estuvo a cargo de la Dinacea, la operación y

<sup>2</sup> Desarrollo logístico departamental. Caso: Corredor logístico Ruta 101 – Canelones. Inalog – API Intendencia de Canelones.

<sup>3</sup> Informe Final y productos. Inventario de Emisiones Atmosféricas 2015 (Abril 2019). Imfia-FING.

gestión de muestreos a cargo de la Intendencia de Canelones (IC) y el procesamiento de las muestras a cargo de la Intendencia de Montevideo (IM).

Los equipos discretos utilizados proveen de datos de períodos de veinticuatro horas para cada muestreo realizado. Al no tratarse de equipos automáticos con conexión remota, estos datos no tienen la posibilidad de ser puestos a disposición del público en tiempo real. De todas maneras, pueden ser consultados en el sitio del Observatorio Ambiental Nacional donde son cargados en oportunidad de realizar los informes de monitoreo. Con ellos, es posible evaluar el cumplimiento de los valores objetivo establecidos en el Decreto 135/021: Reglamento de la calidad del aire para sus correspondientes períodos de muestreo.

Con estos resultados se concluye sobre el estado de la calidad del aire.

## 2. Caracterización y descripción del esquema de monitoreo

### 2.1. Objetivo

El monitoreo en Canelones surge ante la necesidad de contar con información de calidad de aire en dos de sus tres ejes viales estratégicos: eje de Ruta 8 y eje de Avenida Giannattasio y Ruta Interbalnearia, ambos con alta densidad de población y con una red vial instalada, ambas en expansión permanente.

El monitoreo implementado contempla al PM10 como contaminante objetivo por disponer de equipamiento para su monitoreo y por considerarlo de alta incidencia en la calidad del aire de estas zonas, consecuencia de las actividades desarrolladas y las características de estos lugares. Se trata del primer trabajo de monitoreo de la calidad del aire a largo plazo en el departamento.

Además de la ambición diagnóstica, el monitoreo sostenido y la información generada en este y sus sucesivos informes puede servir como insumo para la toma de decisiones en relación con actividades que puedan impactar sobre la calidad del aire.

### 2.2. Metodología de muestreo y análisis

En ambos sitios alcanzados por este trabajo se utilizaron equipos de iguales características. Se trata de equipos de muestreo discreto de alto volumen (*HiVol*) marca Thermo Andersen (Figura 2). Estos equipos permiten la colección de material particulado en filtros de fibra de vidrio a través de un sistema de aspiración de flujo regulado. Cada toma de muestra se realiza cada seis días y tiene una duración de veinticuatro horas comenzando a las 00 hs. de un día y finalizando a las 00 hs. del día siguiente. De cada una de ellas resulta una muestra a partir de la cual se obtiene la concentración de PM10 en el aire por gravimetría y cálculos que surgen de las curvas de verificación del equipo.

Es importante notar que la frecuencia actual de muestreo no es la misma que se mantiene desde el comienzo del trabajo. La mayor parte del período comprendido entre 2017 y 2022 los muestreos se realizaron cada doce días.



Figura 2: Equipos HiVol utilizados en el monitoreo de Ciudad de la Costa (izquierda) y Pando (derecha).

Es importante marcar que esta metodología de muestreo manual permite la adquisición de muestras que integran períodos de veinticuatro horas, lo que hace que no sea posible ver la variabilidad en los niveles de concentración de PM10 en escalas de tiempo menores a tal período. En consecuencia, esta situación permitirá ver y comparar niveles de PM10 en el espectro diario pero no será posible identificar eventos puntuales que tengan duración de minutos u horas y que hayan ocurrido dentro de cada muestreo.

Los datos obtenidos a partir de los muestreos pueden ser procesados para obtener promedios que representen la situación ponderada en el lapso de un año. Esto puede ser útil para evaluar tendencias en los niveles de PM10. Además permite evaluar el cumplimiento del valor objetivo para tal período de muestreo, el que se encuentra estipulado en el Decreto 135/021.

Es por esto que en un segundo paso se construyeron los promedios de los valores de PM10 para cada año, en cada uno de los sitios.

De todas maneras, la obtención de estos estadísticos anuales no implica que el promedio que se encuentre sea representativo del año de trabajo. Tal limitante está asociada a un criterio de suficiencia relacionado con la cantidad de muestras y su distribución a lo largo del año que se considere. Distinta cantidad de muestreos realizados dentro de cada trimestre o estación del año o la existencia de períodos largos de tiempo sin muestreo pueden derivar en que esa representatividad no sea suficiente.

Para ello, se tuvo en cuenta la normativa mexicana<sup>4</sup> para evaluar si la cantidad de muestreos recopilada cada año es suficiente para considerar que su promedio es representativo de ese período. Tal normativa considera

---

<sup>4</sup> Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas suspendidas PM10 y PM2.5. Valores normados para la concentración de partículas suspendidas PM10 y PM2.5 en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.

satisfactoria la representatividad en un año cuando los muestreos se realizan con una frecuencia de seis días, se cumple con la realización de un mínimo de 75 % de las muestras previstas dentro de cada trimestre del año (enero-febrero-marzo; abril-mayo-junio; julio-agosto-septiembre y octubre-noviembre-diciembre) y a su vez se cuenta con al menos tres trimestres válidos según el criterio anterior.

De esta manera, la obtención de promedios para la representación de un año dado está sujeta a la constancia en el trabajo de muestreo a lo largo de ese lapso. En el caso del monitoreo de PM10 en Canelones, solo será posible la evaluación de la representatividad de los promedios anuales en aquellos casos donde se realizaron muestreos cada seis días a lo largo del año.

A pesar de ello, la comparación interanual de los resultados para cada estación así como la comparación intermensual de los resultados de cada sitio se realizó utilizando diagramas de cajas. Particularmente para la comparación de los resultados de años consecutivos se trabajó con la prueba estadística de Wilcoxon. Esta prueba no paramétrica ejecuta la prueba de Mann-Whitney comparando el rango medio de dos series de datos que se consideren. Su resultado permite evaluar la existencia de diferencias significativas entre la distribución de los conjuntos comparados.

Dada la cantidad de datos que se tienen para cada sitio, los procesamientos y resultados se presentan por completitud para ambos sitios a efectos del presente informe, mas no corresponde realizar evaluaciones profundas para Pando por las limitaciones que presenta la baja cantidad de muestras válidas obtenidas en ese sitio durante el período considerado.

A lo largo del análisis, también se utilizó información meteorológica de la estación de Carrasco (indicador de la estación según la Organización Meteorológica Mundial (OMM) número 86580).

### 2.3. Coordinación interinstitucional del trabajo

El presente trabajo de monitoreo cuenta con una amplia coordinación interinstitucional. Esta coordinación se ha mantenido desde el comienzo del trabajo y ha hecho posible que el monitoreo persista operativo y haya podido crecer y mejorar en su desempeño con el paso del tiempo.

En esta articulación ha participado tanto la Dinacea como la IC y la IM. La Dinacea es la propietaria de los equipos instalados, quien los proveyó para el trabajo y trasladó al sitio en cada caso. Una vez operativos, es la encargada de realizar el mantenimiento preventivo y correctivo, así como la verificación de su correcto funcionamiento para su uso en el monitoreo.

Por su parte, la IC la encargada de gestionar la infraestructura y disponibilidad de sitios para la instalación de los equipos. Una vez operativos, es quien realiza la toma de muestra en cada uno de los sitios y la toma de datos en campo al momento del muestreo. Para ello, las personas que realizan esta tarea fueron capacitadas por los funcionarios de Dinacea. Además, la IC realiza la gestión del material de muestreo para la toma de muestras y realiza algunas operaciones de mantenimiento en apoyo al personal de Dinacea, el que por encontrarse a distancia de los sitios de muestreo no siempre puede dar respuesta de manera inmediata.

En tercer término, la IM apoya al monitoreo de la IC a través del procesamiento de las muestras. Para ello el Servicio Evaluación de la Calidad y Control Ambiental (Secca) de la IM realiza las determinaciones gravimétricas de los filtros previo y posterior a cada muestreo. Además apoya a la IC en los cálculos asociados a la verificación del funcionamiento del equipo así como los necesarios para obtener las concentraciones de PM10 en cada muestreo.

Por último, tanto el centro comercial Costa Urbana así como la escuela n° 93 del departamento proveen el sitio para la instalación del equipo. Esto no solo implica la permanencia del equipo en el lugar sino que asociado a la presencia del equipo en cada uno de estos lugares se tiene un suministro eléctrico, condiciones de accesibilidad y seguridad y la coordinación con los técnicos tanto de Dinacea como de la IC para las instancias en las que se debe trabajar sobre los equipos con el permiso de acceso correspondiente.

Esta lógica de trabajo resultó funcional desde el comienzo. De todas maneras, con el avance del trabajo fue posible introducir algunas modificaciones en la asignación de tareas dentro de las instituciones participantes que permitió un aumento de la autonomía de la IC para la gestión del trabajo.

#### 2.4. Caracterización del esquema de monitoreo

En primera instancia se implementó el monitoreo discreto de PM10 con equipos en la Ciudad de la Costa a fines de 2016, comenzando a tener una operativa constante en 2017. Posteriormente, en 2021 se amplió el alcance del monitoreo a Pando con el objetivo de dar seguimiento al mismo contaminante con el mismo equipamiento.

La configuración actual del monitoreo en Canelones se muestra en la Figura 3.

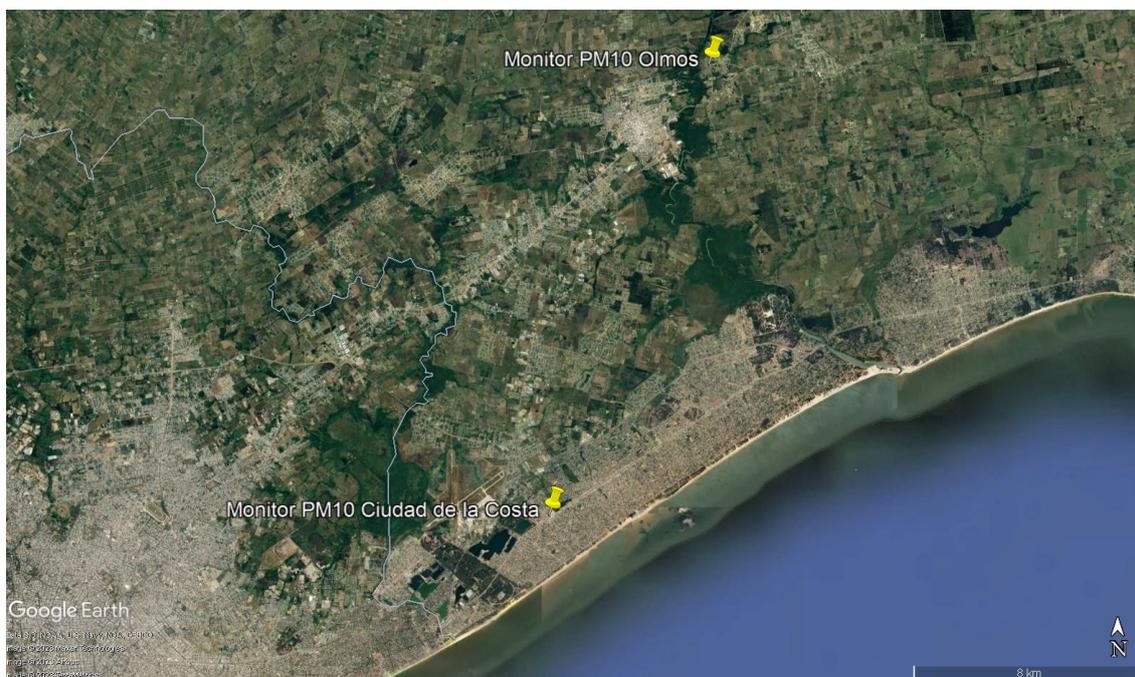


Figura 3: Ubicación de estaciones de monitoreo.

Concretamente, en la Tabla 1 se especifica la ubicación exacta de cada equipo.

Tabla 1: Ubicación de estaciones de monitoreo de PM10 de Canelones (coordenadas).

Estación	Ubicación
Ciudad de la Costa	34° 50' 26.70" S / 55° 59' 39.79" O
Pando	34° 41' 59.10" S / 55° 56' 03.86" O

Como se observa, ambos sitios se encuentran a unos 16 km de distancia entre sí, siendo los dos relativamente cercanos al aeropuerto de Carrasco. Por esta razón, se entiende que la meteorología de ambos lugares puede ser representada por las condiciones de la estación meteorológica del aeropuerto. Con el fin de caracterizar los vientos de la zona se muestra en la Figura 4 la rosa de los vientos para dicha estación obtenida para el período 2014 – 2022 por disponer de tales datos.

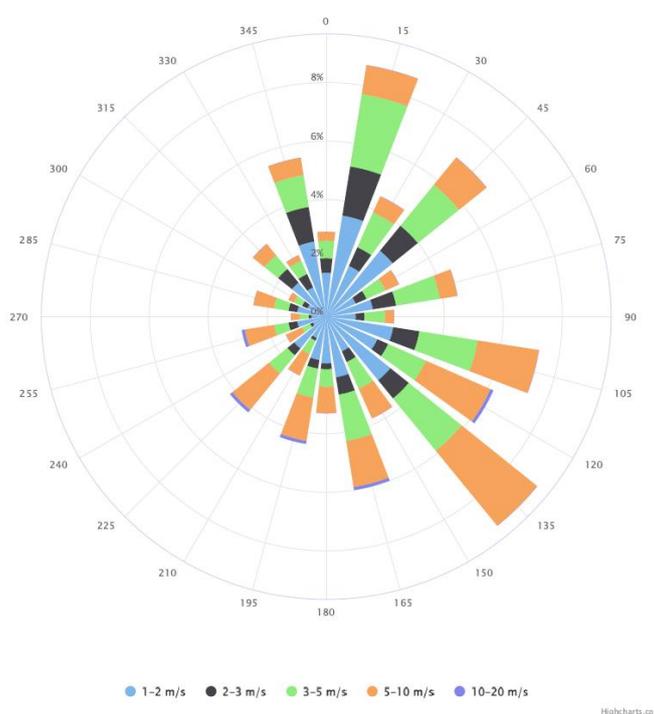


Figura 4: Rosa de vientos para estación Carrasco (OMM 86580), período 01/01/2014 – 31/12/2022.

De la rosa es posible concluir que los vientos de componentes este son los que se presentan con mayor frecuencia en la zona, teniendo como direcciones preponderantes nor-noreste y sureste y velocidades con una ocupación variable (1 m/s = 3,6 km/h). Esta distribución en los vientos es similar a la obtenida en otros puntos del país<sup>5</sup>.

Al observar la ubicación actual de los sitios de monitoreo en relación con la situación de vientos predominante descrita, se entiende que la ubicación del equipo en la Ciudad de la Costa es acorde al monitoreo de este lugar ya que se encuentra sumida en la trama de esta ciudad.

En el caso de Pando esta situación es distinta ya que la ubicación del equipo de monitoreo se encuentra corriente arriba del viento predominante, es decir, al este de la ciudad. En este escenario, la situación más frecuente sería el transporte de lo que sucede en la ciudad de Pando hacia el oeste, donde no se encuentra

<sup>5</sup> Vientos en Uruguay. Variabilidad observada, tendencias y proyecciones bajo escenarios de cambio climático. Barreiro M., Arizmendi F., Trinchín R., Díaz N. Facultad de Ciencias – UdelaR. NAP Ciudades.

el equipo. Esto no implica que el equipo no sea representativo de la situación de la ciudad ya que si bien los vientos desde el oeste no son predominantes también ocurren. Ello, junto con las condiciones favorables que provee la escuela n° 93 para la instalación y operación del equipo, fueron los factores determinantes para que se seleccionara este lugar para el monitoreo en Pando.

## 2.5. Contexto local: Ciudad de la Costa

La Ciudad de la Costa es el municipio de mayor cantidad de personas del departamento de Canelones. Cuenta con 91.284 habitantes con base en datos del Censo 2011, 99,9 % de la cual es población urbana. Este municipio cuenta con una densidad de población de 1.494 hab/km<sup>2</sup>, en tanto la densidad del departamento de Canelones es de 114,7 hab/km<sup>2</sup>.

El municipio se encuentra en la zona sur del departamento, sobre el Río de la Plata, formando parte del área metropolitana de Montevideo. Limita al norte con el municipio de Pando y se extiende hasta aproximadamente siete kilómetros de la costa, hasta Salinas hacia el este, prácticamente hasta el límite con Montevideo hacia el suroeste y hasta el municipio de Nicolich hacia el noroeste (Figura 5).



Figura 5: Municipio de Ciudad de la Costa.

Se trata de una zona llana de construcciones mayormente bajas, por lo que su fisiografía no presenta grandes ondulaciones. Por su ubicación, su meteorología está en gran parte definida por las dinámicas y características asociadas a la presencia de la costa en relación con las variables más características como el viento, la humedad y la temperatura.

Esta zona tiene una alta urbanización, la que se ha ido desarrollando intensamente en los últimos años. Esto determina mayormente la presencia de viviendas bajas para habitación, de hasta una o dos plantas. Si bien en las construcciones más recientes es más frecuente encontrar aires acondicionados como método de calefacción, es extendida la presencia de chimeneas que denotan la utilización de leña para tal actividad.

Asociado a este desarrollo urbano, la red vial de la Ciudad de la Costa ha crecido concomitantemente en los últimos años. Durante el período de 2015-2022, el índice de pavimento firme que sustituye la calle de tosca, es del 42% respecto al total de calles urbanas de este municipio<sup>6</sup>. En consecuencia, las principales vías de la

<sup>6</sup> Canelones en Obra. Informe quinquenal de la Dirección General de Obras.

ciudad se encuentran asfaltadas, aunque es posible encontrar calles de balasto en la red vial interna de la ciudad.

En esta zona es extendido el uso de automóviles particulares, bicicletas, motocicletas y ómnibus como medios de transporte particular o colectivo. Si bien existe tránsito de camiones, está mayormente asociado al traslado de bienes y servicios para consumo final o venta en comercios, lo que se traduce en camiones de porte pequeño y mediano. No es habitual el tráfico de cargas pesadas por la zona de influencia del sitio de muestreo.

En otro orden, la Ciudad de la Costa forma parte de la “Costa de Oro” que es una faja de localidades costeras a lo largo de 65 km sobre el Río de la Plata que se extiende desde el Arroyo Pando (Barra de Carrasco) hasta el Arroyo Solís Grande (Jaureguiberry)<sup>7</sup>. La Costa de Oro es una de las principales zonas elegidas para el turismo dentro del departamento, actividad de gran importancia por la cual esta zona recibe en promedio 90000 turistas extranjeros concentrados en el primer trimestre del año.

Como parte del área metropolitana de Montevideo y en el marco de la situación descrita, se entendió que este lugar tenía características que podían dar a la Ciudad de la Costa una dinámica similar a la de la propia capital. Con ello, sumado a la cantidad de población que reside en este lugar, se decidió en 2016 la implementación de un monitoreo de PM10 en el centro comercial Costa Urbana.

## 2.6. Contexto local: Pando

El municipio de Pando también se trata uno de los más poblados del departamento. Cuenta con 32.927 habitantes con base en el Censo del año 2011, de la cual 93,2 % es urbana. Su densidad poblacional es de 286,6 hab/km<sup>2</sup>, algo superior al ratio de 114,7 hab/km<sup>2</sup> del departamento en su conjunto.

El municipio se encuentra al norte del municipio de Ciudad de la Costa, aunque aún cerca de la zona costera en relación con el resto del departamento. Encuentra al oeste al municipio de Barros Blancos y Joaquín Suárez (hacia el suroeste y noroeste respectivamente), al norte al municipio de Sauce y al este a los municipios de Salinas (sureste) y Empalme Olmos (noreste). Este último es quien alberga el equipo de muestreo instalado en la escuela n° 93 del departamento. La ubicación del municipio de Pando puede verse en la Figura 6.



Figura 6: Municipio de Pando.

<sup>7</sup> Plan local para la Microrregión de Costa de Oro.

En este municipio se tiene una topografía apenas más ondulada que en la Ciudad de la Costa. Por la cercanía entre estos municipios, se entiende que las características de Pando están en parte determinadas por esta proximidad a la zona costera. Por su parte, la localidad de Empalme Olmos, donde se encuentra emplazado el equipo destinado al monitoreo de esta zona, se encuentra en el límite sur del municipio homónimo contiguo.

En Pando se encuentran mayormente viviendas bajas para habitación y diversidad de comercios, servicios y emprendimientos industriales periféricos. Una fortaleza de esta ciudad es la fuerte presencia de empresas, en particular de la industria cárnica, aunque presenta fragmentación socio-territorial en áreas periféricas con actividades productivas no formales.

Su desarrollo vial presenta la mayoría de sus vías asfaltadas, pudiéndose encontrar calles de balasto extendidas en zonas más alejadas del centro. En esta ciudad existe transporte vehicular de particulares y un flujo importante de transporte colectivo suburbano e interdepartamental con alto alcance dentro de la trama de la localidad. Por el desarrollo de la ciudad, también se tiene tránsito de camiones de pequeño y mediano porte asociados al traslado de bienes y servicios. El flujo de carga pesada que transita por la zona lo hace mayoritariamente por las vías principales (rutas nacionales).

Todo este contexto puede derivar en problemas ambientales derivados de la actividad industrial y saturación del tránsito en el área central.

En este caso el sitio de muestreo se encuentra más alejado de Montevideo en comparación con la Ciudad de la Costa, lo que determina que Pando no forme parte de su área metropolitana. En consonancia con esto, el objetivo de establecer valores de base de calidad de aire cubriendo este eje fue atendido con la instalación del equipo en la escuela nº 93 de Empalme Olmos, el que se consideró un lugar acorde. Además, para esta selección se consideró la eventual instalación de una escuela de ladrilleros en el Parque Artigas, a unos 500 m al este de la escuela pública mencionada. A pesar de que la escuela de ladrilleros no concretó su instalación y el proyecto quedó trunco, se decidió mantener el monitoreo implementado para mantener la vigilancia de este eje estratégico, justificado por la importancia de esta zona a nivel del departamento.

### 3. Marco normativo

Los valores objetivo de calidad del aire aplicables dentro de Uruguay se encuentran establecidos a través del Decreto 135/021 que aprueba el Reglamento de calidad del aire. Además de esta reglamentación, pueden existir instrumentos normativos departamentales, los que serán de aplicación en caso de ser más exigentes que la normativa de alcance nacional. Esta situación particular no ocurre para el caso de Canelones.

En el caso concreto del PM10, único parámetro monitoreado en los sitios de muestreo de Canelones, el Decreto prevé lo que se establece en la Tabla 2.

Tabla 2: Valores objetivo de calidad de aire para PM10.

Vigencia	Período	Valor objetivo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Tolerancia/aplicabilidad
Hasta 31/12/2019	Anual	50*	-
	24 h	100	Podrá ser superado hasta cinco días al año con valores de hasta $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .
Hasta 31/12/2023	Anual	30*	-
	24 h	75	Podrá ser superado hasta quince días al año con valores de hasta $112 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .
Desde 01/01/2024	Anual	20*	-
	24 h	50	Podrá ser superado hasta quince días al año con valores de hasta $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

\* Medias aritméticas

Es importante marcar que en este parámetro existe un ajuste progresivo en los valores objetivo. Esto lleva a que existan objetivos vigentes hasta el 31/12/2019 y posteriormente hasta el 31/12/2023 y que el marco de referencia pase a ser más restrictivo a partir del 01/01/2024. En consecuencia, desde entonces será mayor la exigencia para el cumplimiento del valor objetivo que se encuentre vigente.

En el análisis y la evaluación de cumplimiento llevada a cabo en este informe se tomaron como referencia los valores objetivo vigentes hasta el 31/12/2019 para los muestreos realizados entre el comienzo del trabajo y esa fecha y los vigentes hasta diciembre de 2023 para los muestreos realizados hasta 2022.

## 4. Actividades 2016- 2022

Desde el comienzo del trabajo se realizaron diversas visitas a los sitios de muestreo, tanto para actividades de mantenimiento y verificación así como intercambios técnicos sobre la operación de los equipos. En la Tabla 3 se presentan las intervenciones de cada año por sitio y en el Anexo I se detallan las actividades desarrolladas en cada visita.

Tabla 3: Intervenciones realizadas por año y por sitio de muestreo.

<b>Año</b>	<b>Sitio</b>	<b>Intervenciones realizadas</b>	<b>Motivo principal</b>
2016	Ciudad de la Costa	2	Relevamiento del lugar
			Instalación y verificación de equipos
			Entrega de material de muestreo
2017	Ciudad de la Costa	8	Mantenimiento y verificación de equipos
2018	Ciudad de la Costa	5	Mantenimiento y verificación de equipos
2019	Ciudad de la Costa	3	Mantenimiento y verificación de equipos
2020	Ciudad de la Costa	3	Mantenimiento y verificación de equipos
	Ciudad de la Costa	4	Mantenimiento y verificación de equipos
2021	Olmos	3	Relevamiento del lugar
			Instalación y verificación de equipos
			Entrega de material de muestreo
			Acondicionamiento de sitio
2022	Ciudad de la Costa	5	Mantenimiento y verificación de equipos
	Olmos	2	Mantenimiento y verificación de equipos

Se destaca que en el registro de Ciudad de la Costa se muestran actividades realizadas en 2016 pero que el monitoreo comenzó su operación sostenida a partir de 2017.

## 5. Resultados y análisis 2017- 2022

En el presente capítulo se presentan todos los resultados de los muestreos realizados desde 2017 hasta 2022. En dicha presentación se omiten los muestreos en los que no fue posible obtener resultados por fallas en el funcionamiento que derivaron en que tomas de muestras fueran incompletas o que no se iniciaran.

Además de los resultados de cada muestreo individual se muestra el promedio aritmético de las muestras obtenidas para cada año.

### 5.1. Monitoreo en Ciudad de la Costa

En la Tabla 4 se muestran los resultados obtenidos para el monitoreo en Ciudad de la Costa en todo el período considerado.

Tabla 4: Resultados de monitoreo de PM10 en Ciudad de la Costa y promedio de cada año (concentraciones expresadas en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Período 2017 - 2022.

2017		2018		2019		2020		2021		2022	
Fecha	Conc.										
25/05	13	08/01	42	03/01	19	14/06	123	28/01	13	07/05	37
06/06	87	20/01	25	16/03	8	08/07	46	05/03	16	11/05	19
18/06	31	25/02	21	28/03	21	01/08	90	17/03	9	17/05	19
30/06	97	09/03	35	15/05	45	13/08	75	10/04	7	10/06	7
12/07	24	21/03	32	08/06	45	18/09	59	22/04	19	16/06	37
24/07	34	14/04	24	21/07	22	30/09	40	16/05	130	22/06	19
17/08	51	08/05	24	06/10	19	24/10	8	28/05	40	28/06	80
29/08	12	01/06	9	18/10	20	29/11	26	03/07	48	04/07	38
10/09	16	25/06	54	23/11	20	11/12	41	15/07	25	16/07	11
22/09	21	19/07	21	05/12	37	<b>Prom.</b>	<b>56</b>	20/08	57	28/07	9
04/10	48	24/08	23	<b>Prom.</b>	<b>26</b>			01/09	20	03/08	23
16/10	48	05/09	27					19/09	11	09/08	12
09/11	38	17/09	14					19/10	16	15/08	17
<b>Prom.</b>	<b>38</b>	29/09	17					<b>Prom.</b>	<b>32</b>	26/09	25
		04/11	17							02/10	35
		22/12	15							08/10	22
		<b>Prom.</b>	<b>25</b>							20/10	12
										26/10	11
										01/11	20
										19/11	42
										25/11	21
										01/12	16
										25/12	18
										31/12	28
										<b>Prom.</b>	<b>24</b>

Para conocer la cantidad de muestras tomadas por año y dentro de cada estación del año se elaboró la Tabla 5. En ella es posible ver cómo se distribuyeron las muestras en el lapso 2017 – 2022 en cada trimestre del año.

Tabla 5: Muestras obtenidas en Ciudad de la Costa, por trimestre. Período 2017 - 2022.

	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Ene-Mar	0	5	3	0	3	0
Abr-Jun	4	4	2	1	4	7
Jul-Sep	6	5	1	5	5	7
Oct-Dic	3	2	4	3	1	10
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>16</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>13</b>	<b>24</b>

## 5.2. Monitoreo en Pando

En la Tabla 6 se muestran los resultados obtenidos para el monitoreo en Pando para los años en que este monitoreo se encontró operativo.

Tabla 6: Resultados de monitoreo de PM10 en Pando y promedio de cada año (concentraciones expresadas en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Período 2017 - 2022.

2021		2022	
Fecha	Conc.	Fecha	Conc.
07/10	46	22/06	26
13/10	15	28/06	38
19/10	26	10/07	24
25/10	42	22/07	31
31/10	28	<b>Prom.</b>	<b>30</b>
<b>Prom.</b>	<b>31</b>		

De la misma forma que para la Ciudad de la Costa, se elaboró la Tabla 7 para mostrar la distribución de la toma de muestras dentro de cada año desde 2021.

Tabla 7: Muestras obtenidas en Pando, por trimestre. Período 2021 - 2022.

	2021	2022
Ene-Mar	0	0
Abr-Jun	0	2
Jul-Sep	0	2
Oct-Dic	5	0
<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>4</b>

## 6. Resultados y análisis global del monitoreo

El monitoreo de PM10 en Canelones funcionó desde su comienzo con acciones coordinadas entre la Dinacea y la IC. A nivel operativo, el trabajo de campo estuvo volcado a los esfuerzos de los técnicos de la IC, tanto cuando se operó un único equipo de muestreo (entre 2017 y 2021) así como cuando se operaron dos equipos de muestreo (2021 a la fecha). Este incremento en los esfuerzos de monitoreo de la calidad del aire en el departamento implicó un mayor esfuerzo del equipo técnico que realiza las tomas de muestras así como el mantenimiento y verificación realizada por Dinacea. Si bien en ambas instituciones hubo nuevo personal destinado a estas tareas, se tuvieron lapsos de tiempo importantes dentro del trabajo en los que los equipos de muestreo no se encontraron operativos.

Considerando un régimen de muestreos cada doce días para los años 2017 a 2021 y un régimen de muestreo cada seis días durante 2022, se obtienen treinta muestreos posibles para el primer período y sesenta en el 2022. Los muestreos efectivamente realizados en relación con los posibles (Figura 7), muestran un porcentaje de ejecución de entre 30 % y 60 % para la Ciudad de la Costa. En este sitio, el porcentaje se mantiene en un valor similar de 2021 a 2022, demostrando no solo un aumento de muestreos realizados, en concordancia con el aumento de la frecuencia de muestreo establecida para ese año, sino también un aumento de muestreos válidos. Esto último muestra que para 2022 se mejoró notablemente la operativa en este lugar. En el caso de Pando los porcentajes son bajos por las limitaciones anteriormente expuestas. En ambos casos aún se tiene un amplio margen de mejora en este índice.

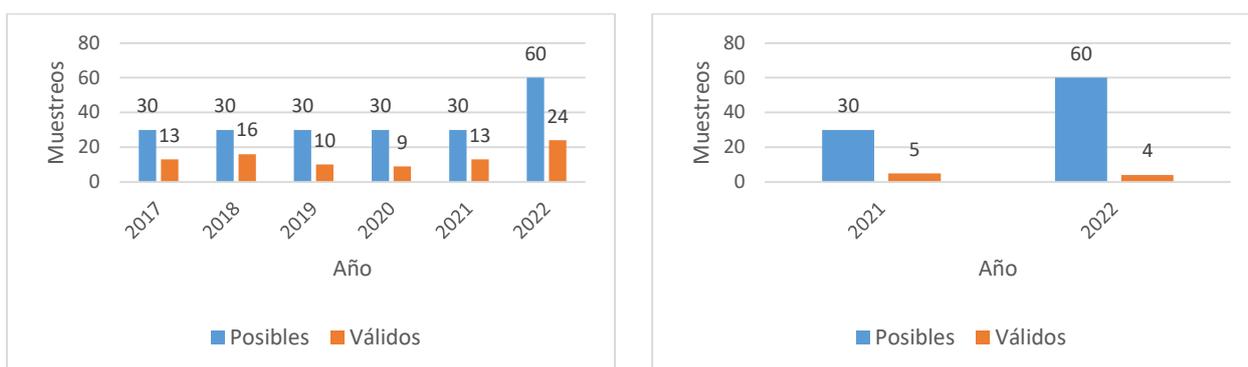


Figura 7: Muestreos posibles y realizados válidos para Ciudad de la Costa (izquierda) y Pando (derecha).

Las causas principales de que los equipos se encontraran fuera de operación fueron demoras en las intervenciones de puesta a punto de los equipos, errores y fallas en la programación para el muestreo, fallas en el motor y falta de disponibilidad de operadores para la toma de muestras.

Por esta razón, la cantidad de muestreos no ha sido óptima si bien se observa que hacia 2022 este aspecto mejoró en la Ciudad de la Costa. Esto, junto con la ampliación de la cantidad de técnicos afectados a este trabajo, denota un progreso en la internalización de la tarea de monitoreo por parte del equipo técnico de la IC, una mejora en la respuesta de la Dinacea para la realización de mantenimientos programados y correctivos y una mejora en la coordinación entre ambas instituciones. Para Pando, la cantidad de muestras válidas resultó baja para ambos años obedeciendo mayormente a las dificultades eléctricas del equipo.

Bajo esta situación, la cantidad de muestras obtenidas en el monitoreo de estos lugares permite realizar un análisis de la calidad del aire con ciertas limitaciones en la representatividad de los períodos de tiempo que se conforman por los años bloque o calendario (del 1º de enero al 31 de diciembre de cada año). Esta falta de representatividad obedece a que dentro de cada año se encuentran períodos largos de tiempo, en algunos casos trimestres enteros, sin toma de muestra.

Tomando en cuenta el criterio del 75 % de muestreos de veinticuatro horas válidos para la conformación de trimestres válidos que permitan posteriormente obtener promedios anuales válidos para su comparación con el valor objetivo establecido por normativa (ver capítulo 3), se tiene que el único caso en el que se cuenta con un trimestre que cumple tal condición es el trimestre octubre-diciembre de 2022 para la Ciudad de la Costa.

En consecuencia, los promedios anuales obtenidos para cada sitio de muestreo no resultan válidos para la evaluación del cumplimiento del valor objetivo de dicho período de muestreo. De todas maneras, estos estadísticos anuales resultan útiles para evaluar la tendencia y evolución a lo largo de los años de trabajo en cada sitio (Figura 8).

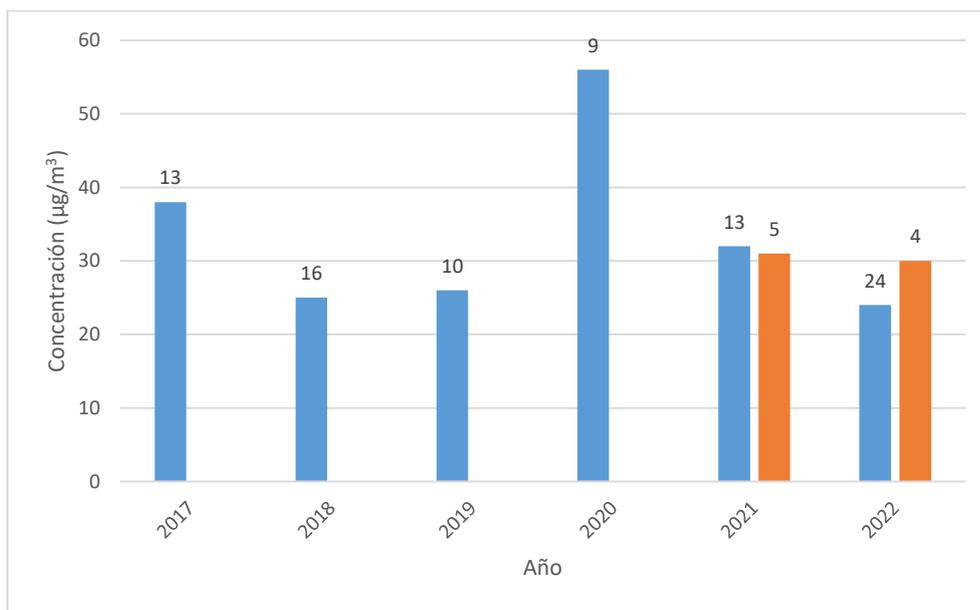


Figura 8: Valores promedio dentro de cada año para Ciudad de la Costa (azul) y Pando (anaranjado). Las leyendas sobre las barras indican la cantidad de muestreos válidos en cada año.

De este procesamiento es posible ver que los valores anuales en la Ciudad de la Costa mayormente se encuentran entre 20 y 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . El año 2020 tuvo un promedio anual más alto producto de algunos valores de veinticuatro horas elevados, algunos incluso por encima del valor objetivo de ese período de muestreo, también influenciado por la poca cantidad de muestras obtenidas a raíz de la pandemia. Por su parte, en Pando los promedios anuales han dado resultados similares para 2021 y 2022, en ambos casos obtenidos con pocas muestras a lo largo del año.

Para identificar cambios significativos en las concentraciones registradas en los años de trabajo se construyeron diagramas de cajas, nucleando los datos por año calendario para cada sitio. Para la construcción de estos diagramas se separaron los muestreos por año, generando para cada uno de ellos un subconjunto distinto. Estos diagramas muestran cajas que agrupan los datos que se encuentran entre los percentiles 25 y 75. Dentro de estas cajas se muestra una línea horizontal que representa la mediana. Además, se muestran ramas que se extienden desde el extremo inferior y superior de la caja, las que alcanzan el valor determinado por  $P25 - 1,5 \times IQR$  y por  $P75 + 1,5 \times IQR$  respectivamente, siendo *IQR* el rango intercuartílico (por su sigla en inglés), definido como  $P75 - P25$ . Por último, los datos que caen por fuera de la caja y sus ramas se muestran con puntos.

Al realizar estos procesamientos fue posible ver la variación interanual de los resultados entre 2017 (2021) y 2022 para Ciudad de la Costa (Pando). En dichos diagramas (Figura 9), se consideran estadísticamente

diferentes entre sí aquellos pares que el test de Wilcoxon marca con asteriscos. A su vez, una mayor cantidad de asteriscos indica una probabilidad mayor de que existan diferencias significativas entre las estaciones pareadas, lo que se traduce en valores de significancia menores.

Con ello, es posible observar que existe una diferencia significativa solamente entre los resultados del año 2019 y 2020 para la Ciudad de la Costa, mientras que no existieron diferencias significativas para el monitoreo en Pando en los años para los que se tienen resultados.

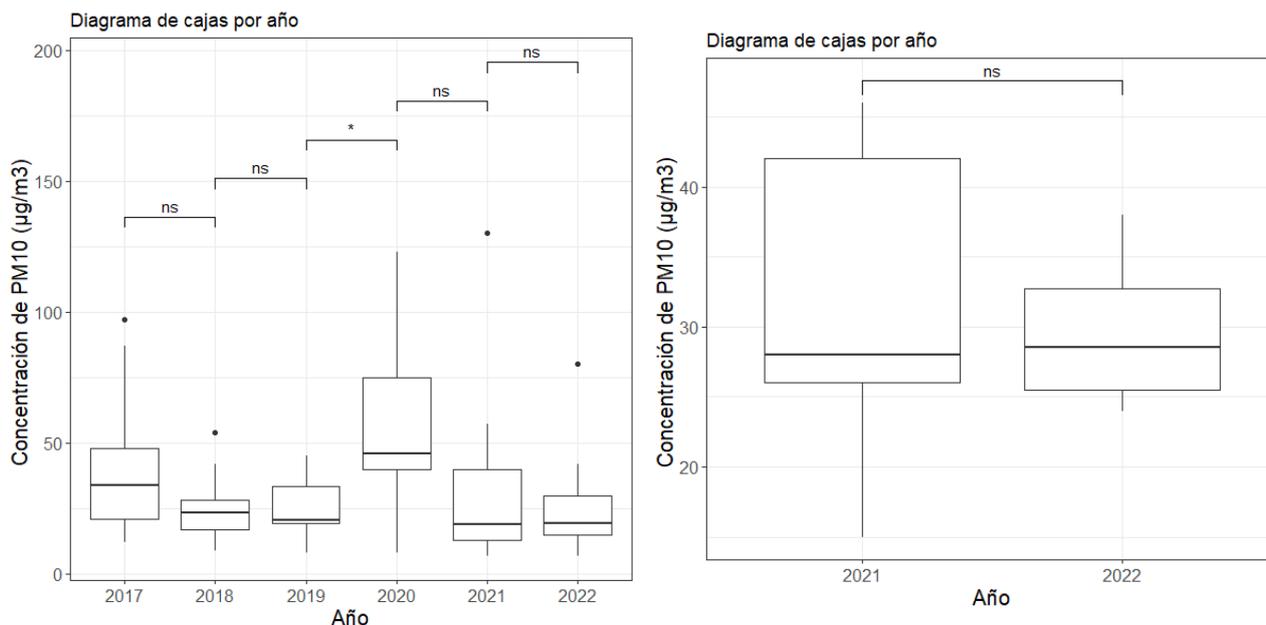


Figura 9: Diagramas de cajas de promedios de veinticuatro horas de PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) por año, Ciudad de la costa (izquierda) y Pando (derecha). Barras superiores indican prueba de Wilcoxon. Asteriscos indican significancia menor o igual a: (\*\*\*\*) 0,0001, (\*\*\*) 0,001, (\*\*) 0,01, (\*) 0,05, (ns) no significativo.

En escala diaria, se encontraron algunas excedencias al valor objetivo de veinticuatro horas en el monitoreo de la Ciudad de la Costa mientras que en Pando no hubo superaciones a dicho valor. Las excedencias mencionadas se registraron el 14/06/2020 ( $123 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), el 16/05/2021 ( $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y el 28/06/2022 ( $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) siendo día domingo en los dos primeros casos, días no hábiles en los que es esperable que la población se encuentre más tiempo en su vivienda y en los que los pequeños comercios que utilicen leña para cocción, como parrilladas y pizzerías, pueden incrementar su actividad. De acuerdo al marco normativo presentado, esos eventos no exceden la cantidad de episodios de superación previstos para el período de un año correspondiente en cada caso. A pesar de ello, las excedencias registradas superaron el valor establecido como tolerancia para los períodos de muestreo de veinticuatro horas ( $112 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para los casos de 2020 y  $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para el caso de 2022).

Como denominador común, los mencionados eventos ocurrieron en meses en los que generalmente comienzan a aparecer temperaturas bajas por más que sean previos al invierno. Con el fin de ilustrar este efecto, para cada sitio se realizó un análisis de correlación entre las concentraciones de todo el período y la temperatura promedio diaria de cada día de muestreo.

Este análisis indica la fracción de la varianza de una de las dos variables que está descrita linealmente por la otra. Para ello, se utilizó la correlación de Spearman ya que no todas las series de datos utilizadas presentaban una distribución normal.

Para ambos sitios se obtuvieron valores de correlación negativos entre ambas variables: -0,34 en Ciudad de la Costa y -0,22 en Pando. Para la Ciudad de la Costa la correlación resultó significativa con un nivel de significancia del 95 % mientras que el resultado de esta correlación para Pando no resultó estadísticamente significativo.

En la Figura 10 es posible observar estas relaciones, además de la recta de regresión lineal y su intervalo de confianza. Este intervalo es más acotado para la Ciudad de la Costa por contar con una cantidad de muestras más importantes que robustecen el análisis. El resultado indica que una variable crece linealmente cuando la otra decrece. En efecto, las concentraciones más elevadas encontradas durante el período de trabajo ocurrieron en días de temperatura media más baja, especialmente para la Ciudad de la Costa.

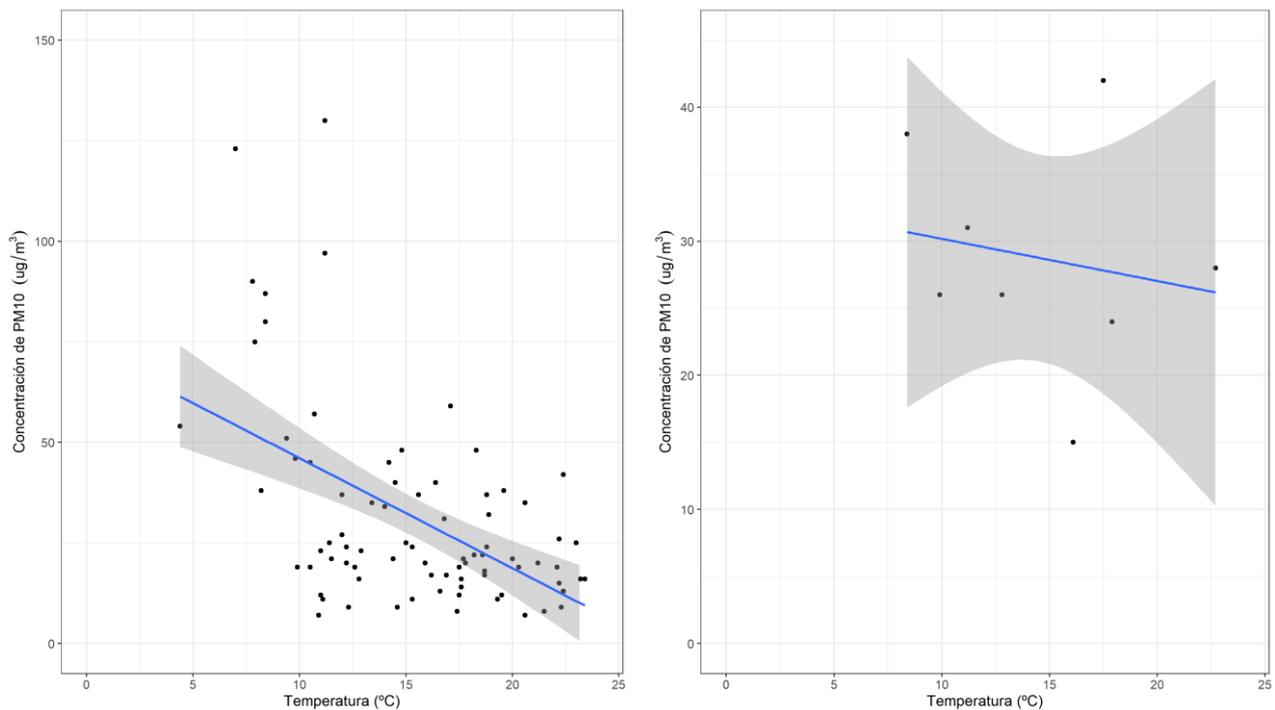


Figura 10: Diagramas de dispersión de concentración de PM10 y temperatura media diaria (OMM 86580) para Ciudad de la Costa (izquierda) y Pando (Derecha). Se muestra la recta de regresión lineal (azul) y su intervalo de confianza al 95% (gris).

Esos episodios pueden haber estado relacionados con el uso residencial de dispositivos para calefacción y cocción a leña en días de condiciones meteorológicas que no favorecieron ni la mezcla ni la dispersión de los contaminantes en las capas bajas de la atmósfera. Esto habitualmente sucede cuando las temperaturas son muy bajas y las condiciones de viento son calmas o de baja velocidad.

Para profundizar en esta hipótesis, se realizó otro gráfico de cajas que distribuye las concentraciones de veinticuatro horas obtenidas en cada muestreo a lo largo de los meses del año (Figura 11), en este caso sin análisis estadístico ya que solo se buscaba observar el comportamiento. Para la construcción de estos diagramas se consideraron todos los años de trabajo como un único conjunto, separando luego los muestreos por cada mes del año. Si bien por completitud este análisis se hizo para ambos sitios, resulta más ilustrativo para la Ciudad de la Costa por tener muestreos dentro de todos los meses del año.

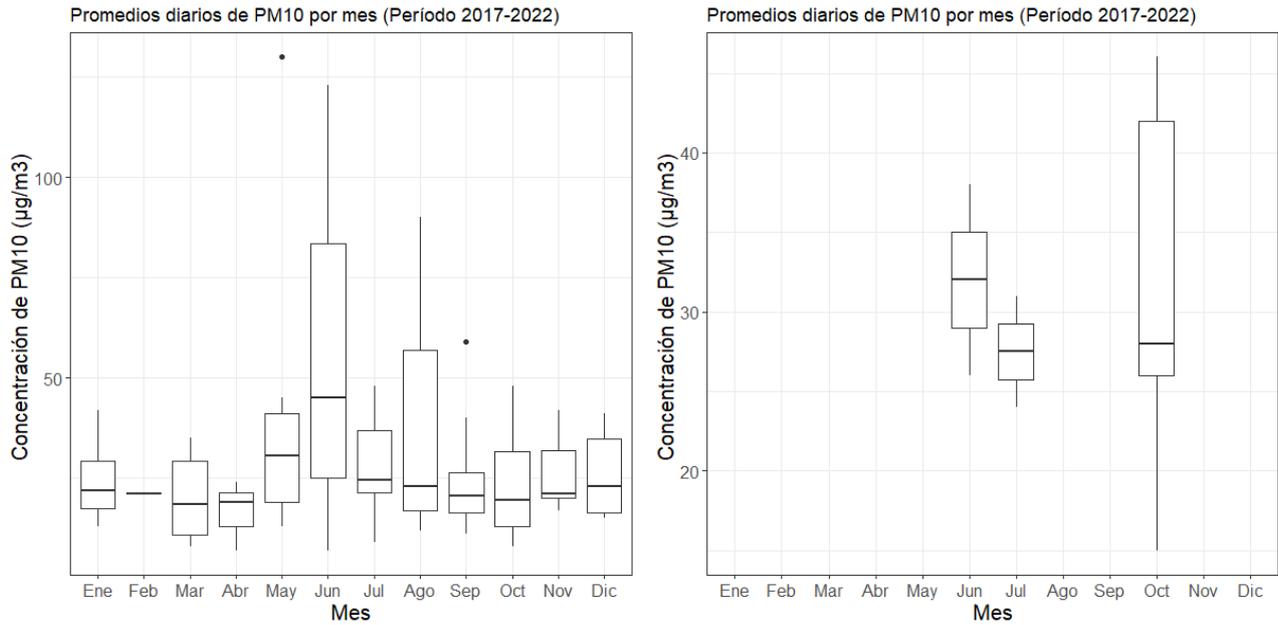


Figura 11: Diagramas de cajas de promedios de veinticuatro horas de PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) por mes, Ciudad de la Costa (izquierda) y Pando (derecha).

De los diagramas anteriores, particularmente se observa para la Ciudad de la Costa que entre abril y junio existe un aumento en los niveles de material particulado, evidenciado por el crecimiento del valor de la mediana en cada mes. En efecto, el mes de junio presentó la mediana más elevada de todos los meses del año y la mayor variabilidad, lo que determina una caja más extendida. De todas maneras, el valor de la mediana del mes de junio no se sostiene para los siguientes meses de invierno.

## 7. Conclusiones

El monitoreo de PM10 en el departamento de Canelones se encuentra implementado y en funcionamiento, cubriendo dos de los tres ejes principales identificados en relación con el desarrollo del departamento.

Del trabajo realizado al momento, se obtuvieron resultados pasibles de ser comparados con los valores objetivo para períodos de muestreo de veinticuatro horas. En cambio, para períodos de muestreo anual los promedios encontrados resultaron útiles para ver su evolución dentro del período de trabajo pero, en sentido estricto, por su falta de representatividad según las referencias utilizadas no resultan comparables con los valores objetivos correspondientes.

Existe margen de mejora en la coordinación de acciones correctivas y en la implementación de los muestreos para mejorar la cantidad de muestras obtenidas en cada trimestre, lo que derivaría en mejores representaciones del estado anual de la calidad del aire en relación con el PM10. Un ejemplo del funcionamiento esperado es lo que se logró en el último trimestre de 2022 en la Ciudad de la Costa. Estas mejoras, que se mantienen durante 2023, se consolidaron en base a la asignación de más recursos locales y de parte de Dinacea.

De los resultados obtenidos, se obtuvo que el 96 % de los muestreos en la Ciudad de la Costa se encontraron por debajo del valor objetivo de veinticuatro horas (tres excedencias en 85 muestreos tomados en los seis años considerados). Para Pando todos los muestreos realizados cumplen con dicho valor objetivo.

Los valores anuales encontrados para ambos sitios se encuentran mayormente entre 20 y 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Considerando que actualmente el valor objetivo anual es 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y que será 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  desde el 01/01/2024 es importante trabajar en medidas que progresivamente muestren una reducción de los niveles de PM10 para lograr el cumplimiento de esos objetivos. Además, dentro de la escala anual se observó que los meses de invierno, particularmente junio, presentaron valores más elevados que el resto del año para el período 2017-2022.

## 8. Perspectivas

Como perspectivas principales se plantean aquellas cuestiones que se entienden mejorarían el desempeño del monitoreo, de la calidad del aire en sí y de la comunicación de los resultados obtenidos.

En primera instancia, se entiende que se puede mejorar la disponibilidad operativa de los equipos optimizando las gestiones de mantenimiento y de sus sitios de muestreo. Ello derivaría una mayor constancia en la toma de muestras para la frecuencia establecida y redundaría en una mayor representatividad del período de muestreo de un año. Particularmente para Pando, resulta importante lograr un régimen de trabajo similar al logrado para la Ciudad de la Costa durante el último trimestre de 2022 y lo transcurrido de 2023. En ese escenario se espera que sea posible la evaluación de los promedios anuales respecto a sus valores objetivo correspondientes.

Alcanzado un régimen que permita una representatividad completa de cada año de trabajo, resulta relevante una evaluación recurrente de la pertinencia de la ubicación de los equipos de muestreo así como una evaluación de las condiciones operativas para el trabajo por parte de los operadores, por si se requirieran adecuaciones o reubicación de los equipos.

La operatividad constante del monitoreo permitiría también tener mayores posibilidades de encontrar impactos de situaciones puntuales de contaminación transfronteriza por incendios forestales y quemas a cielo abierto, los que han sido detectados por la red de calidad de aire de Montevideo y por la IC en oportunidades previas.

Con la información generada se pretende instaurar un informe anual de resultados que muestre lo correspondiente al año calendario así como tendencias que puedan identificarse al considerar la información histórica que se tenga del monitoreo.

En términos globales, resulta de relevancia departamental instaurar una red de monitoreo de calidad de aire en el departamento. Para ello, sería importante considerar como siguiente hito la incorporación de un tercer sitio de monitoreo en el eje estratégico departamental restante (eje de Ruta 5 asociado a La Paz, Las Piedras, 18 de Mayo y Progreso) y eventualmente considerar otros parámetros asociados a la calidad del aire así como nuevo equipamiento para incorporar al monitoreo.

## Referencias

Desarrollo logístico departamental. Caso: Corredor logístico Ruta 101 – Canelones. Inalog – API Intendencia de Canelones. ([http://www.inalog.org.uy/wp-content/uploads/2021/02/Desarrollo-Log%C3%ADstico\\_Caso-Departamento-de-Canelones-VConsejo.pdf](http://www.inalog.org.uy/wp-content/uploads/2021/02/Desarrollo-Log%C3%ADstico_Caso-Departamento-de-Canelones-VConsejo.pdf) (consultado 30/08/2023)).

Informe Final. Inventario de Emisiones Atmosféricas 2015 (Abril 2019). Imfia-FING ([https://www.ambiente.gub.uy/oan/documentos/Inventario\\_de\\_Emisiones\\_Atmosfericas\\_2015.pdf](https://www.ambiente.gub.uy/oan/documentos/Inventario_de_Emisiones_Atmosfericas_2015.pdf) (consultado 02/08/2023)).

Observatorio Ambiental Nacional: <https://www.ambiente.gub.uy/oan/calidad-de-aire/> (consultado 26/07/2023).

Decreto 135/021 – Reglamento de calidad del aire (<https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/institucional/normativa/decreto-135021-reglamento-calidad-del-aire> (consultado 14/03/2023)).

Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas suspendidas PM10 y PM2.5. Valores normados para la concentración de partículas suspendidas PM10 y PM2.5 en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población ([https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5633855&fecha=27/10/2021#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5633855&fecha=27/10/2021#gsc.tab=0) (consultado 16/03/2023)).

<https://www.ogimet.com/gsynres.phtml> (indicativo de estación 86350, consultado 13/03/2023).

Software Airviro versión v5.01.55\_gc2.17\_ct64.

<https://otu.opp.gub.uy/perfiles/> (consultado 13/03/2023).

Vientos en Uruguay. Variabilidad observada, tendencias y proyecciones bajo escenarios de cambio climático. Barreiro M., Arizmendi F., Trinchín R., Díaz N. Facultad de Ciencias – UdelaR. NAP Ciudades.

Canelones en Obra. Informe quinquenal de la Dirección General de Obras. Gobierno de Canelones ([https://www.imcanelones.gub.uy/sites/default/files/pagina\\_sitio/archivos\\_adjuntos/informe\\_quinquenio\\_dgo-ic\\_6\\_1.pdf](https://www.imcanelones.gub.uy/sites/default/files/pagina_sitio/archivos_adjuntos/informe_quinquenio_dgo-ic_6_1.pdf) (consultado 10/08/2023))

Plan Local para la Microrregión Costa de Oro. Memoria de información. Setiembre 2017. ([https://www.imcanelones.gub.uy/sites/default/files/pagina\\_sitio/archivos\\_adjuntos/1\\_memoria\\_de\\_informacion.pdf](https://www.imcanelones.gub.uy/sites/default/files/pagina_sitio/archivos_adjuntos/1_memoria_de_informacion.pdf) (consultado 02/08/2023)).

Manual de procedimientos analíticos para muestras ambientales. Tercera edición, 2017. 1073UY. Determinación de material particulado en aire por filtración forzada en equipos ubicados en el punto de muestreo de interés. Método gravimétrico a partir de muestreadores de alto volumen (<https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/comunicacion/publicaciones/material-particulado-aire-pts-pm-10-1073uy> (consultado 14/03/2023)).

Apuntes curso Análisis Estadístico de Datos Climáticos (Facultad de Ingeniería, año 2017).

## Anexo I: Resumen de actividades de campo

Se presenta en la Tabla 8 el resumen de visitas y actividades al sitio de muestreo de la Ciudad de la Costa.

Tabla 8: Resumen de actividades en Ciudad de la Costa. Período 2016 – 2022.

Fecha de visita	Participantes	Tareas realizadas	Condiciones al finalizar
01/09/2016	Sandra Acevedo (IC) Silvia Cabrera (IC) Pablo Fernández (Dinacea)	-Relevamiento del lugar	-Relevamiento realizado
22/12/2016	Silvia Cabrera (IC) Juan Mariño (Dinacea) Pablo Fernández (Dinacea) Sofía Santiago (Dinacea)	-Entrega de material de muestreo -Instalación del equipo -Verificación del equipo -Mantenimiento del equipo -Capacitación a operadores	-Equipo instalado, verificado y a punto. -Material de muestreo entregado -Operadores capacitados
30/03/2017	Silvia Cabrera (IC) Juan Mariño (Dinacea) Pablo Fernández (Dinacea) Sofía Santiago (Dinacea)	-Verificación del equipo -Mantenimiento del equipo	-Equipos instalado, verificado y a punto.
26/05/2017	Jorge Rodríguez (Dinacea) Sofía Santiago (Dinacea)	-Verificación del equipo -Mantenimiento del equipo	-Equipo verificado y a punto
06/07/2017	Pablo Fernández (Dinacea) Sofía Santiago (Dinacea)	-Verificación del equipo -Mantenimiento del equipo	-Equipo verificado y a punto
17/07/2017	Pablo Fernández (Dinacea) Sofía Santiago (Dinacea)	-Verificación del equipo	-Equipo verificado
15/08/2017	Pablo Fernández (Dinacea) Sofía Santiago (Dinacea)	-Relevamiento del lugar -Verificación del equipo -Mantenimiento del equipo	-Relevamiento realizado -Equipo verificado y a punto
05/09/2017	Pablo Fernández (Dinacea) Sofía Santiago (Dinacea)	-Verificación del equipo -Mantenimiento del equipo	-Equipo verificado y a punto
03/10/2017	Pablo Fernández (Dinacea) Sofía Santiago (Dinacea)	-Verificación del equipo -Mantenimiento del equipo	-Equipo verificado y a punto
14/11/2017	Alberto Cuaces (OSE) Luis Méndez (OSE) Verónica Pesce (OSE) Pablo Fernández (Dinacea) Sofía Santiago (Dinacea)	-Relevamiento del lugar	-Relevamiento realizado
05/01/2018	Pablo Fernández (Dinacea) Sofía Santiago (Dinacea)	-Verificación del equipo -Mantenimiento del equipo	-Equipo verificado y a punto

11/06/2018	Jorge Rodríguez (Dinacea) Sofía Santiago (Dinacea)	-Verificación del equipo -Mantenimiento del equipo	-Equipo verificado y a punto
21/06/2018	Jorge Rodríguez (Dinacea) Pablo Fernández (Dinacea) Sofía Santiago (Dinacea)	-Verificación del equipo	-Equipo verificado
13/07/2018	Pablo Fernández (Dinacea) Sofía Santiago (Dinacea)	-Mantenimiento del equipo	-Equipo a punto
31/10/2018	Jorge Rodríguez (Dinacea) Pablo Fernández (Dinacea) Sofía Santiago (Dinacea)	-Instalación de equipo -Verificación del equipo	-Equipo instalado (cambio de carcasa), y verificado
11/01/2018	Christian González (Dinacea) Pablo Fernández (Dinacea)	-Verificación del equipo -Mantenimiento del equipo	-Equipo verificado y a punto
23/05/2019	Christian González (Dinacea) Pablo Fernández (Dinacea)	-Verificación del equipo -Mantenimiento del equipo	-Equipo verificado y a punto
29/11/2019	Pablo Fernández (Dinacea) Sofía Santiago (Dinacea)	-Verificación del equipo -Mantenimiento del equipo	-Equipo verificado y a punto
02/03/2020	Noelia Gasperi (Dinacea) Pablo Fernández (Dinacea) Sofía Santiago (Dinacea)	-Verificación del equipo -Mantenimiento del equipo	-Equipo verificado y a punto
06/08/2020	Pablo Fernández (Dinacea) Sofía Santiago (Dinacea)	-Verificación del equipo -Mantenimiento del equipo	-Equipo verificado y a punto
06/11/2020	Noelia Gasperi (Dinacea) Pablo Fernández (Dinacea)	-Verificación del equipo	-Equipo verificado
11/06/2021	Noelia Gasperi (Dinacea) Pablo Fernández (Dinacea)	-Verificación del equipo	-Equipo verificado
31/08/2021	Martín Díaz (IC) Gonzalo Carballo (Dinacea) Noelia Gasperi (Dinacea)	-Mantenimiento del equipo	-Equipo a punto
18/10/2021	Martín Díaz (IC) Noelia Gasperi (Dinacea) Sofía Santiago (Dinacea)	-Mantenimiento del equipo	-Equipo a punto
23/11/2021	Martín Díaz (IC) Noelia Gasperi (Dinacea) Sofía Santiago (Dinacea)	-Mantenimiento del equipo -Acondicionamiento de instalación eléctrica	-Instalación eléctrica corregida -Equipo a punto
10/05/2022	Martín Díaz (IC) Noelia Gasperi (Dinacea) Sofía Santiago (Dinacea)	-Verificación del equipo -Mantenimiento del equipo	-Equipo verificado y a punto
20/05/2022	Martín Díaz (IC) Noelia Gasperi (Dinacea) Pablo Fernández (Dinacea)	-Verificación del equipo -Mantenimiento del equipo	-Equipo verificado y a punto

	Sofía Santiago (Dinacea)		
30/06/2022	Martín Díaz (IC) Noelia Gasperi (Dinacea) Sofía Santiago (Dinacea)	-Verificación del equipo -Mantenimiento del equipo	-Equipo verificado y a punto
22/08/2022	Martín Díaz (IC) Noelia Gasperi (Dinacea) Sofía Santiago (Dinacea)	-Verificación del equipo -Mantenimiento del equipo	-Equipo verificado y a punto
21/09/2022	Martín Díaz (IC) Noelia Gasperi (Dinacea)	-Verificación del equipo -Mantenimiento del equipo	-Equipo verificado y a punto

Se presenta en la Tabla 9 el resumen de visitas y actividades al sitio de muestreo de Pando.

Tabla 9: Resumen de actividades en Pando. Período 2016 – 2022.

Fecha de visita	Participantes	Tareas realizadas	Condiciones al finalizar
03/09/2021	Martín Díaz (IC) Silvia Cabrera (IC) Noelia Gasperi (Dinacea) Pablo Fernández (Dinacea) Sofía Santiago (Dinacea)	-Entrega de material de muestreo -Instalación del equipo -Verificación del equipo	-Material de muestreo entregado -Equipo instalado, verificado y a punto
03/12/2021	Marcelo Hernández (Ladrillero) Isabel Perdomo (Escuela N° 93) Pablo Fernández (Dinacea) Sofía Santiago (Dinacea)	-Colocación de placas en caseta del equipo para disminución del impacto sonoro	-Placas colocadas
13/12/2021	Martín Díaz (IC) Isabel Perdomo (Escuela N° 93) Noelia Gasperi (Dinacea) Sofía Santiago (Dinacea)	-Verificación del equipo -Mantenimiento del equipo -Capacitación a operadores	-Equipo verificado y a punto -Operadores capacitados
14/01/2022	Martín Díaz (IC)	-Mantenimiento del equipo	-Equipo a punto
21/06/2022	Martín Díaz (IC) Noelia Gasperi (Dinacea) Sofía Santiago (Dinacea)	-Verificación del equipo -Mantenimiento del equipo	-Equipo verificado y a punto