Ministerio de Ambiente

RIVERA
Sin fronteras
CRECIENDO CON EQUIDAD

Monitoreo de Calidad de aire en Rivera
Departamento de Rivera

Informe de resultados 2023 – 2024



agosto, 2025

Ministerio
de Ambiente

Monitoreo de Calidad de aire en Rivera
Departamento de Rivera

Informe de resultados 2023 - 2024.

Autoridades Ministerio de Ambiente (MA) – Intendencia de Rivera (IR)

Ministerio de Ambiente – Prof. Edgardo Ortuño (Ministro)

Dirección Nacional de Calidad y Evaluación Ambiental – Ing. Quím. Alejandro Nario (Director)

Intendencia de Rivera – Cr. Richard Sander (Intendente)

Dirección General de Desarrollo y Medio Ambiente – Q.F. Alejandro Bertón (Director)

Áreas técnicas y operativas (MA – IR)

Área Información y Calidad Ambiental (MA) – Ing. Eugenio Lorenzo (Gerente)

Departamento Monitoreo y Evaluación Ambiental (MA) – Ing. Quím. Magdalena Hill (Jefa)

Procesamiento, análisis de datos y redacción del informe – Arq. Noelia Gasperi (Técnica MA)

Mantenimiento, verificación y operación de los equipos de monitoreo (MA) – Q.F. Alejandro Bertón (Director – Dir. Gral. de Desarrollo y Medio Ambiente); Dra. Bárbara Henderson (Técnico – Div. Empresas y Laboratorio Municipal- DMA); B.C. Melina Leites (Técnico – Div. Empresas y Laboratorio Municipal- DMA); Dra. Karla Saavedra (Técnico – Div. Empresas y Laboratorio Municipal- DMA); MSc. Pablo Fernández (Técnico MA); Arq. Noelia Gasperi (Técnica MA); Quím. Sofía Santiago (Técnica MA)

Análisis de Laboratorio (Laboratorio Intendencia de Rivera y Laboratorio Química Biológica Ambiental, Sede Rivera, CENUR NORESTE) - Dra. Bárbara Henderson (Técnico – Div. Empresas y Laboratorio Municipal- DMA); B.C. Melina Leites (Técnico – Div. Empresas y Laboratorio Municipal- DMA); Dra. Karla Saavedra (Técnico – Div. Empresas y Laboratorio Municipal- DMA); Prof. Agregada María Laura Lavaggi (Docente – Lab. Química Biológica Ambiental, CENUR NORESTE); Especialista Tecnológica Laura Lima (Técnico – Lab. Química Biológica Ambiental, CENUR NORESTE)

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

Ministerio
de Ambiente

Contenido

Contenido 3

Resumen 4

1. Introducción 5

2. Caracterización y descripción del esquema de monitoreo 6

2.1. Objetivo 6

2.2. Metodología de muestreo 6

2.3. Coordinación interinstitucional del trabajo 7

2.4. Caracterización del esquema de monitoreo 8

2.5. Contexto local: Rivera 9

3. Marco normativo 13

4. Actividades 2023 - 2024 14

5. Resultados del monitoreo 2023 - 2024 15

6. Análisis del monitoreo 2023-2024 17

7. Evolución de los contaminantes 2021-2024 20

8. Conclusiones 22

9. Perspectivas 23

10. Referencias 24

Ministerio
de Ambiente

Resumen

El presente documento, elaborado por el Ministerio de Ambiente, compila la evaluación de la calidad del aire en la ciudad de Rivera, a partir del monitoreo que allí se encuentra operativo desde 2021.

El monitoreo se lleva a cabo en una estación localizada en la planta industrial Nº14 de Conaprole en el sur de la ciudad, con un analizador discreto de material particulado menor a 10 µm. Este parámetro se encuentra contemplado en el Decreto 135/021 que establece los objetivos de calidad de aire en el Uruguay.

El presente informe reúne los resultados del monitoreo entre los años 2023 y 2024 y realiza el análisis de la situación respecto a las partículas en el aire para la zona de influencia del sitio de monitoreo. Para ello se realizaron procesamientos básicos que permiten mostrar la evolución de los resultados encontrados y el promedio de los datos anuales.

En términos generales, se encuentra que la calidad del aire es de buena en el sitio monitoreado. Al momento de generado este informe, se encontraron algunas excedencias al valor objetivo para períodos de muestreo de veinticuatro horas, una incluso por sobre la tolerancia propuesta. Si bien se considera que no es suficiente la cantidad de muestreos colectados para representar el año de manera completa, el promedio del año calculado para el año 2023 está muy próximo a superar el valor objetivo y para el año 2024 lo supera.

Ministerio
de Ambiente

1. Introducción

La calidad del aire es uno de los aspectos atendidos dentro de las matrices ambientales. 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 posteriormente son utilizados para la elaboración de información, la que permite el análisis de la calidad del aire en el sitio monitoreado y la evaluación 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. En este caso, se trata del segundo informe de monitoreo de calidad del aire en la ciudad de Rivera, ambos abarcando períodos de dos años consecutivos (2021 a 2022 y 2023 a 2024).

En primera instancia, la necesidad de contar con una estación estuvo asociada a un incendio en el sitio de disposición final de la ciudad de Rivera. Posteriormente, se decidió conservar el monitoreo para obtener valores de base de calidad de aire, sin ninguna afectación particular. Para ello se trabajó con un equipo de muestreo discreto de material particulado menor a 10 µm (PM10) el cual se localizó en la planta industrial Nº14 de Conaprole, en la principal vía de acceso sur a la capital departamental. Este muestreador de alto volumen, conocido como *HiVol*, fue puesto en operación por la Dirección Nacional de Calidad y Evaluación Ambiental (Dinacea) siendo esta la propietaria de dicho equipo. Una vez instalado, la verificación del funcionamiento estuvo a cargo de la Dinacea, la operación y el procesamiento de los muestreos estuvo a cargo de la Intendencia de Rivera (IR) y el mantenimiento fue compartido entre la Dinacea y la IR.

El equipo discreto utilizado provee datos de períodos de veinticuatro horas para cada muestreo realizado. Por las características de este tipo de muestreo, es necesario un trabajo en laboratorio y posterior procesamiento de la información obtenida, por lo que estos datos no son puestos a disposición del público en tiempo real. Con ellos, se evalúa el cumplimiento de los valores objetivo establecidos en el Decreto 135/021 que establece objetivos de calidad del aire[1] y se concluye sobre el estado de la calidad del aire en la ciudad de Rivera.

[1] https://www.ambiente.gub.uy/oan/documentos/DCA-Decreto_135_021_calidad_de_aire-2021.pdf

2. Caracterización y descripción del esquema de monitoreo

2.1. Objetivo

El monitoreo implementado tiene como objetivo conocer y evaluar la calidad del aire, contemplando al PM10 como contaminante objetivo por disponer de equipamiento para su monitoreo y por considerarlo de alta incidencia en esta zona de acuerdo a las actividades desarrolladas en ella. Se trata del primer trabajo de monitoreo de la calidad del aire a largo plazo en la ciudad de Rivera.

Además de la ambición diagnóstica, el monitoreo sostenido y la información generada en este tipo de 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

Se utilizó un equipo de muestreo discreto de alto volumen (*HiVol*) marca Thermo Andersen (Figura 1). 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 h de un día y finalizando a las 00 h 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.



Figura 1: Equipo *HiVol* utilizado en el muestreo de Rivera.

Es importante marcar que esta metodología de muestreo permite la adquisición de muestras que integran períodos de veinticuatro horas. Esto 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 permite ver y comparar niveles de PM10 durante un día, pero no permite identificar eventos puntuales que tengan duración de minutos u horas que puedan haber ocurrido dentro de cada muestreo.

Los datos obtenidos a partir de los muestreos pueden pos procesarse 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.

La obtención de este estadístico anual, no necesariamente implica que sea representativo del año de trabajo. Existe un criterio de suficiencia que está relacionado con la cantidad de muestras y su distribución a lo largo del año considerado que define la representatividad de dicho estadístico anual.

Dicho criterio se apoya en la normativa mexicana[2] a fin de evaluar si la cantidad de muestreos recopilada cada año es suficiente para considerar que su promedio es representativo de ese período. Tal normativa considera 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 de esos trimestres válidos según el criterio mencionado. 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.

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 continúe operativo.

En esta articulación ha participado tanto la Dinacea como la IR. La Dinacea es la propietaria del equipo instalado, quien lo proveyó y trasladó al sitio de trabajo. Es también la encargada de realizar el mantenimiento preventivo y correctivo, la verificación de su correcto funcionamiento y de gestionar el material para la toma de muestras.

Por su parte, la IR es la encargada de gestionar la infraestructura y disponibilidad del sitio para la instalación del equipo. Una vez operativo, su equipo técnico es quien realiza la toma de muestras y registro de datos en campo al momento del muestreo. Para ello, las personas que realizan esta tarea fueron capacitadas por técnicos de la Dinacea. La IR realiza algunas operaciones de mantenimiento en apoyo al personal de Dinacea, el que por encontrarse a distancia del sitio de muestreo no siempre puede dar respuesta de manera inmediata. También realiza el secado de los filtros en el Laboratorio de la IR y las determinaciones gravimétricas de los filtros en el laboratorio de Química Biológica Ambiental, Sede Rivera CENUR NORESTE. Por último, también realiza los cálculos para obtener las concentraciones de PM10 en cada muestreo.

Complementariamente, la planta de Conaprole en Rivera provee el sitio para la instalación del equipo. Esto implica la permanencia del equipo en el lugar, la disposición de un suministro eléctrico, condiciones de accesibilidad y seguridad y la coordinación con los técnicos de la IR para las instancias en las que se debe trabajar sobre los equipos con el permiso de acceso correspondiente.

[2] https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5633855&fecha=27/10/2021#gsc.tab=0

Esta lógica de trabajo resultó funcional desde el comienzo viéndose beneficiada por la inmediata autonomía de la IR en la gestión del trabajo.

2.4. Caracterización del esquema de monitoreo

Se implementó el monitoreo discreto de PM10 con un equipo instalado en la ciudad de Rivera el que se presentó operativo desde su instalación, solo contando con un período fuera de servicio a causa de tormentas en la zona y un incidente en el cual el equipo fue chocado por un vehículo que operaba dentro de la planta de Conaprole.

La localización del equipo de monitoreo se muestra en la Figura 2.



Figura 2: Ubicación de la estación de monitoreo.

En la Tabla 1 se especifica la ubicación exacta del equipo.

Tabla 1: Ubicación de estación de monitoreo de PM10 de Rivera (coordenadas).

Estación	Ubicación
Rivera	30° 56' 01.95"S / 55° 32' 47.03"O

Con el fin de caracterizar los vientos de la zona se muestra en la Figura 3 la rosa de los vientos medios diarios para la zona.

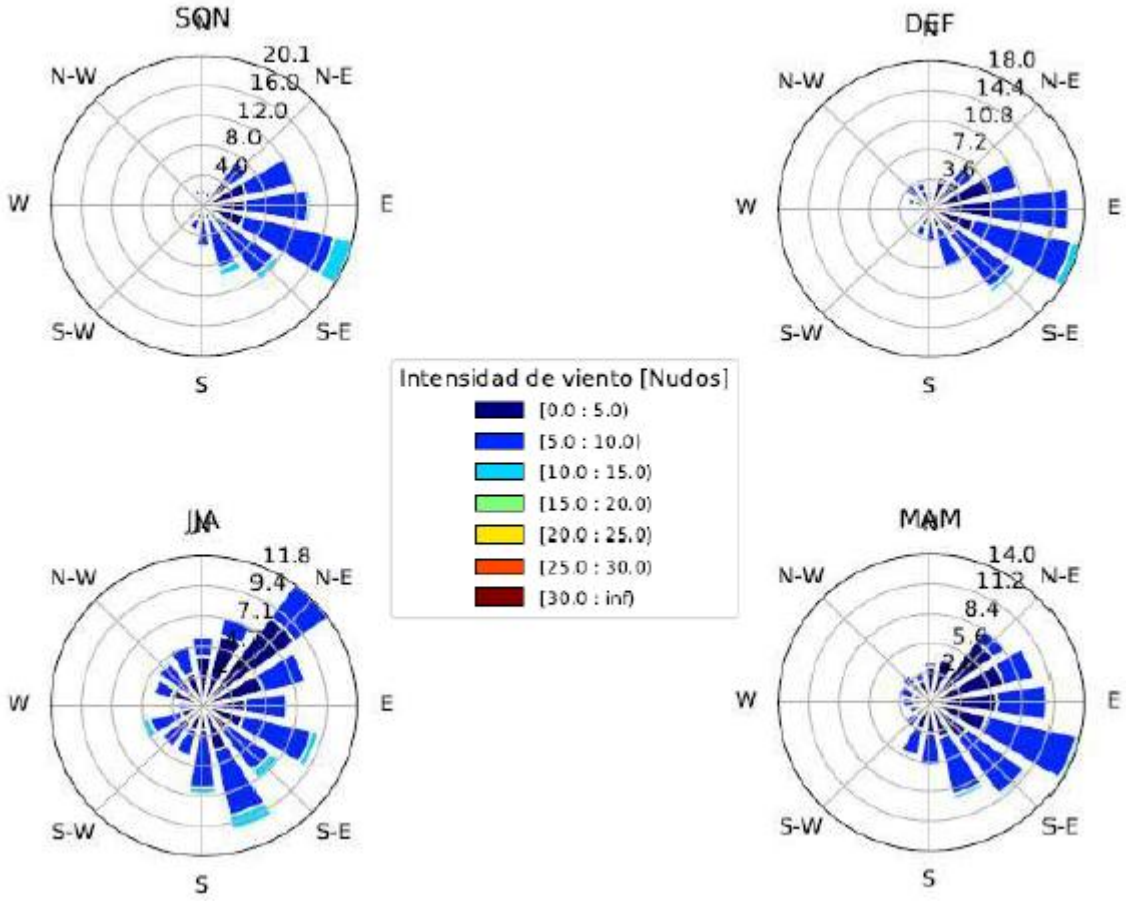


Figura 3: Rosa de los vientos medios diarios en Rivera[3].

De las rosas por estación es posible concluir que los vientos de componentes este son los que se presentan con mayor frecuencia en la zona, teniendo como dirección preponderante este-sureste y velocidades con una ocupación variable (1 m/s = 1.9438 nudos).

2.5. Contexto local: Rivera

La ciudad de Rivera, capital del departamento homónimo, cuenta con 84.775 habitantes con base en datos del Censo 2023[4].

La ciudad se encuentra en la zona norte del departamento de Rivera, sobre el límite con la República Federativa del Brasil y compartiendo la línea fronteriza con la ciudad brasileña de Santana do Livramento (Figura 4). Ambas ciudades conforman una sola urbanización.

Rivera se constituye en una de las principales zonas intercambio entre Uruguay y Brasil por lo que cumple un rol clave en las actividades comerciales y migratorias binacionales.

La ciudad presenta una evolución demográfica con tendencia a la expansión. Esto ha llevado a que se consoliden en la periferia suburbana y rural, barrios y asentamientos que albergan una importante cantidad

[3] Barreiro M, Arizmendi F, Díaz N, Trinchin R (2021): Análisis de la variabilidad y tendencias observadas de los vientos en Uruguay. Producto realizado en el marco del CONVENIO PNUD-UDELAR Proyecto URU/18/002 “Integración del enfoque de adaptación en ciudades, infraestructura y ordenamiento territorial en Uruguay”

[4] https://www5.ine.gub.uy/documents/VisualizadorCenso2023.html

de población. Lo anterior propicia un importante flujo de personas hacia el centro de Rivera, incluso desde otros departamentos de Uruguay y desde Brasil.

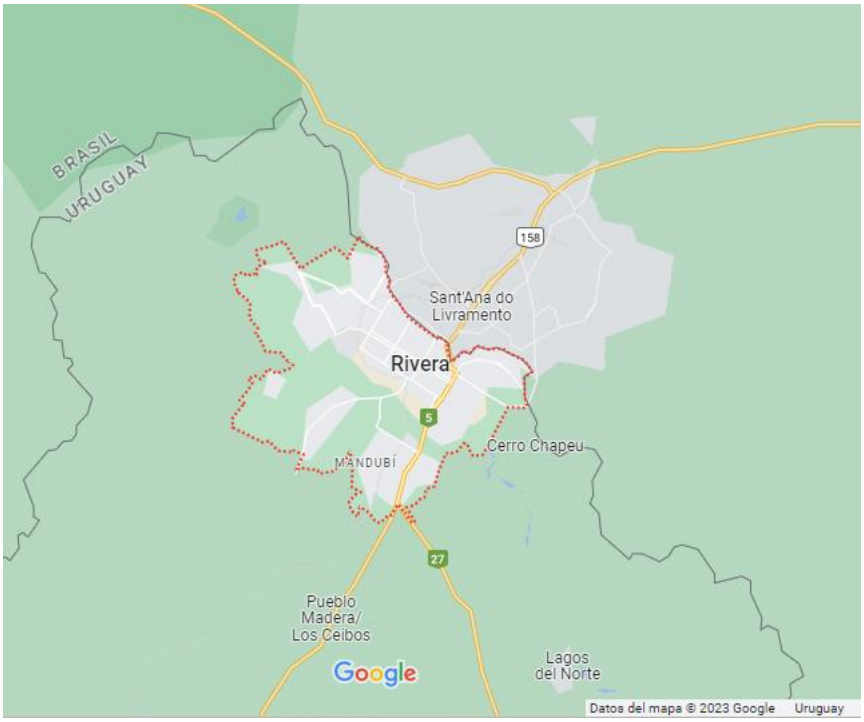


Figura 4: Ubicación de las ciudades de Rivera y Santana do Livramento.

Su topografía presenta variaciones de altitud, con una altitud promedio sobre el nivel del mar de 206 metros (Figura 5). Sus construcciones son mayormente bajas, por lo que su fisiografía no presenta grandes ondulaciones. En cuanto a su meteorología, presenta veranos calurosos y húmedos e inviernos frescos.

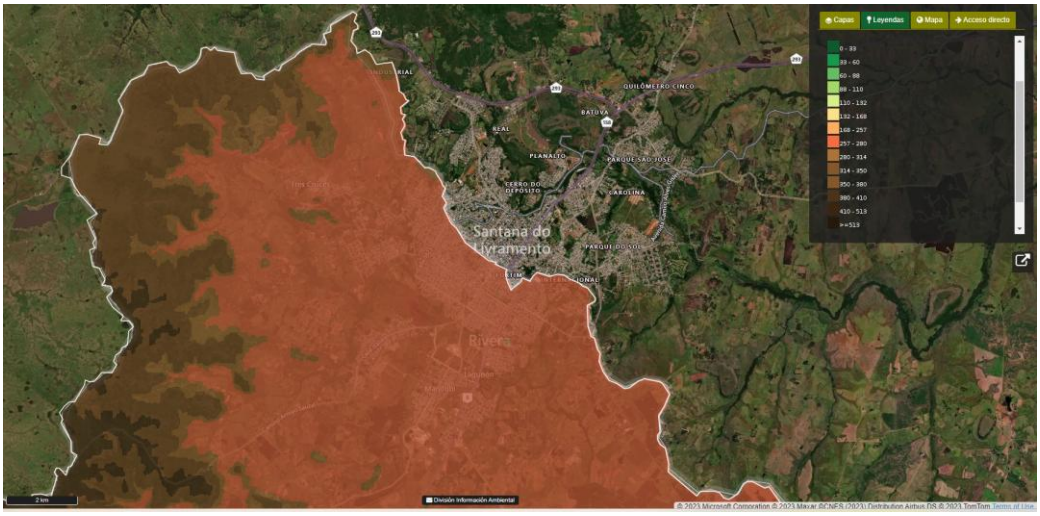


Figura 5: Mapa topográfico de Rivera[5]

[5] Visualizador de mapas del Observatorio Ambiental Nacional (https://www.ambiente.gub.uy/visualizador/index.php?vis=sig)

Esta ciudad cuenta con un sitio de disposición final de residuos localizado en Paso del Enano (Figura 6). Este sitio registró un intenso incendio el sábado 31 de octubre de 2021. A partir de esta fecha y hasta al menos el fin de semana del 06 de noviembre 2021, se constataron eventos de humo sobre la ciudad. Este episodio despertó la preocupación de vecinos y autoridades y originó la solicitud de apoyo al Ministerio de Ambiente para monitorear la calidad del aire.



Figura 6: Ubicación de la estación de monitoreo y del sitio de disposición final (vertedero municipal)

Respondiendo a esta solicitud, el MA a través de la Dinacea y en coordinación con la IR, instaló el equipo de muestreo en la planta de Conaprole de la ciudad. Este equipo se encuentra a unos 1.250 m al noroeste del sitio de disposición final de residuos (por tanto, corriente abajo de los vientos medios predominantes del lugar presentados previamente) y muy próximo a la ruta 5. Esta ruta provee comunicación directa entre la ciudad de Rivera y Montevideo y sobre ella es habitual el tráfico de cargas pesadas. Por esta ruta, entre otras líneas de producción, circula la producción forestal que se dirige hacia el sur y a los aserraderos industriales de la ciudad de Rivera, la producción de granos de la zona noroeste y la producción de leche hacia la ciudad de Rivera para su procesamiento. A este tráfico en la ruta se le deben sumar el pasaje de ómnibus, automóviles, bicicletas, motocicletas, etc.

Es importante la circulación de personas en la zona dado que, frente al sitio donde se ubica el equipo, se encuentra el polo educativo de la región constituido por el edificio de la Universidad Tecnológica del Uruguay y el Centro Universitario de Rivera. A una escala más local, se encuentran también allí la escuela N° 156, el Liceo N°8 y el Polideportivo.

Esta zona cuenta mayormente con viviendas bajas, de hasta dos plantas. En cuanto a las fuentes de calefacción de estas viviendas, con base en datos del Censo 2023, es extendida la utilización de leña en los hogares de la ciudad (Figura 7).

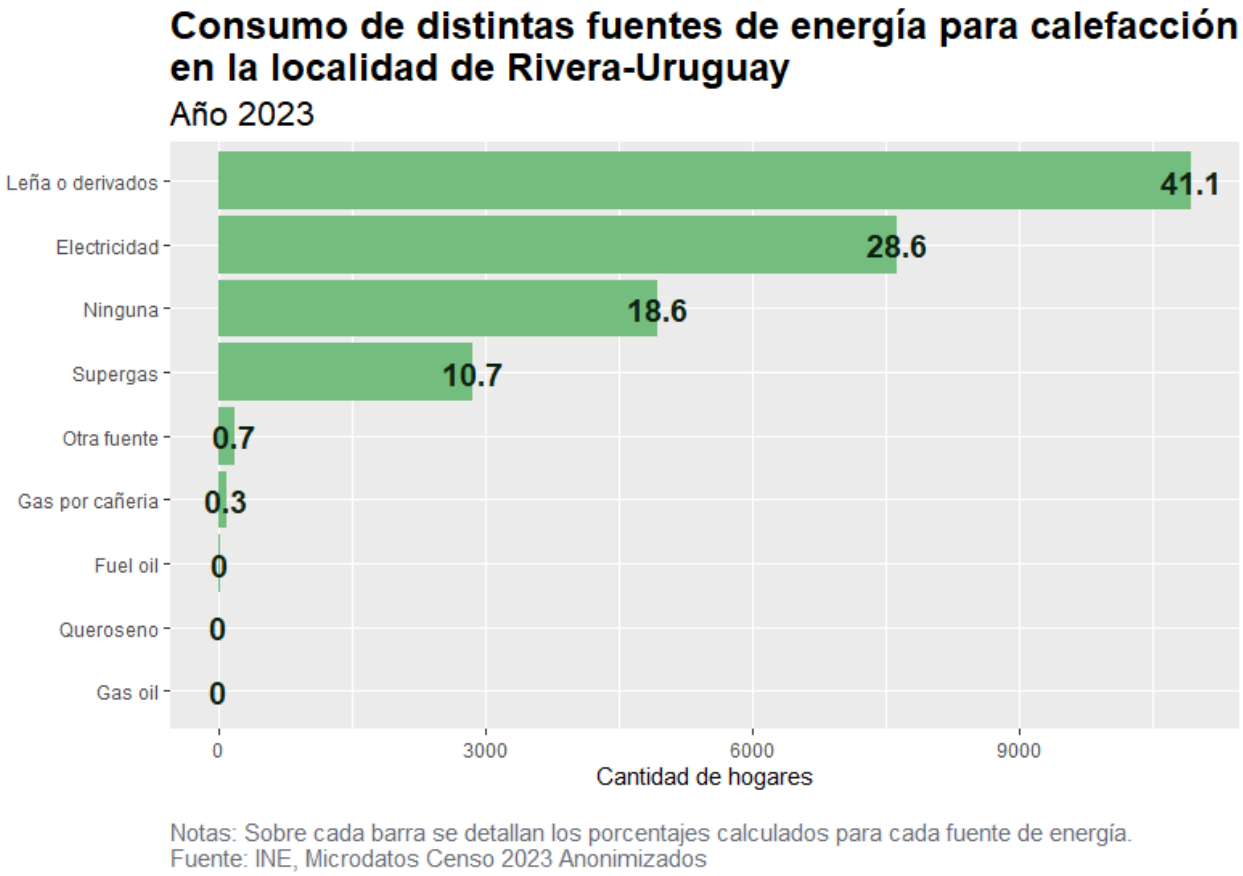


Figura 7: Porcentajes de consumo de distintas fuentes de energía para calefacción en la ciudad de Rivera (elaboración propia).

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 Rivera.

En el caso concreto del PM10, único parámetro monitoreado en el sitio de muestreo de Rivera, 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 ($\mu g/m^3$)	Tolerancia/aplicabilidad
Hasta 31/12/2023	Anual	30*	-
	24 h	75	Podrá ser superado hasta quince días al año con valores de hasta 112 $\mu g/m^3$.
Desde 01/01/2024	Anual	20*	-
	24 h	50	Podrá ser superado hasta quince días al año con valores de hasta 75 $\mu g/m^3$.

* Medias aritméticas

Es importante marcar que en este parámetro existe un ajuste progresivo en los valores objetivo. Esto lleva a que hayan existido valores objetivo vigentes hasta el 31/12/2023 y que hayan pasado a ser más restrictivo a partir del 01/01/2024. En consecuencia, desde entonces es mayor la exigencia para el cumplimiento del valor objetivo.

En el análisis y la evaluación de cumplimiento llevada a cabo en este informe se tomaron como referencia los valores objetivo vigentes hasta diciembre de 2023 para los muestreos realizados durante el año 2023 y los valores objetivo vigentes a partir de enero de 2024 para los muestreos realizados durante el año 2024.

4. Actividades 2023- 2024

Durante los dos años evaluados en este informe, se realizaron visitas al sitio de muestreo. Durante las mismas se realizaron tanto actividades de mantenimiento y verificación, como intercambios técnicos sobre la operación de los equipos.

Se detalla en Tabla 3 el resumen de visitas y actividades relativas al monitoreo de calidad de aire en Rivera.

Tabla 3: Resumen de actividades en Rivera. Período 2023 – 2024.

Fecha de visita	Participantes	Tareas realizadas	Condiciones al finalizar
27/07/2023	Marisol Mayo (Dinacea) Gerardo Balero (Dinacea) Pablo Fernández (Dinacea)	Presentación de los resultados de monitoreo de calidad de aire en Rivera	-Presentación realizada
28/02/2024 al 29/02/2024	Bárbara Henderson (IR) Melina Leites (IR) Pablo Fernández (Dinacea) Noelia Gasperi (Dinacea)	-Verificación del equipo -Mantenimiento del equipo -Entrega de carbones	-Equipo verificado y a punto -Material de mantenimiento entregado
21/05/2024 al 22/05/2024	Alejandro Bertón (IR) Bárbara Henderson (IR) Melina Leites (IR) Magdalena Hill (Dinacea) Pablo Fernández (Dinacea)	-Reunión de seguimiento -Verificación del equipo -Mantenimiento del equipo -Entrega de material de muestreo	-Reunión efectuada -Equipo verificado y a punto -Material de muestreo entregado

5. Resultados del monitoreo 2023- 2024

En el presente capítulo se presentan todos los resultados de los muestreos realizados entre los años 2023 y 2024. 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 o bien en los que la concentración resultante estuviera por debajo del límite de cuantificación del equipo (4 µg/m^3).

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

Tabla 4: Resultados de monitoreo de PM10 en Rivera y promedio de cada año (concentraciones expresadas en µg/m^3). Periodo 2023 - 2024.

2023	
Fecha	**Conc.**
05/01	24
11/01	9
08/02	27
08/06	47
16/08	35
07/09	31
13/09	14
12/10	52
26/10	16
10/12	33
18/12	19
Prom.	**28**

2024	
Fecha	**Conc.**
26/02	12
08/03	16
15/03	9
12/04	14
26/04	29
01/06	49
10/06	26
26/06	37
04/07	27
12/07	54
20/07	35
28/07	21
05/08	13
13/08	80
12/09	6
10/10	8
25/10	9
30/10	18
05/11	10
11/11	26
17/11	34
25/11	14
30/11	14
18/12	19
Prom.	**24**

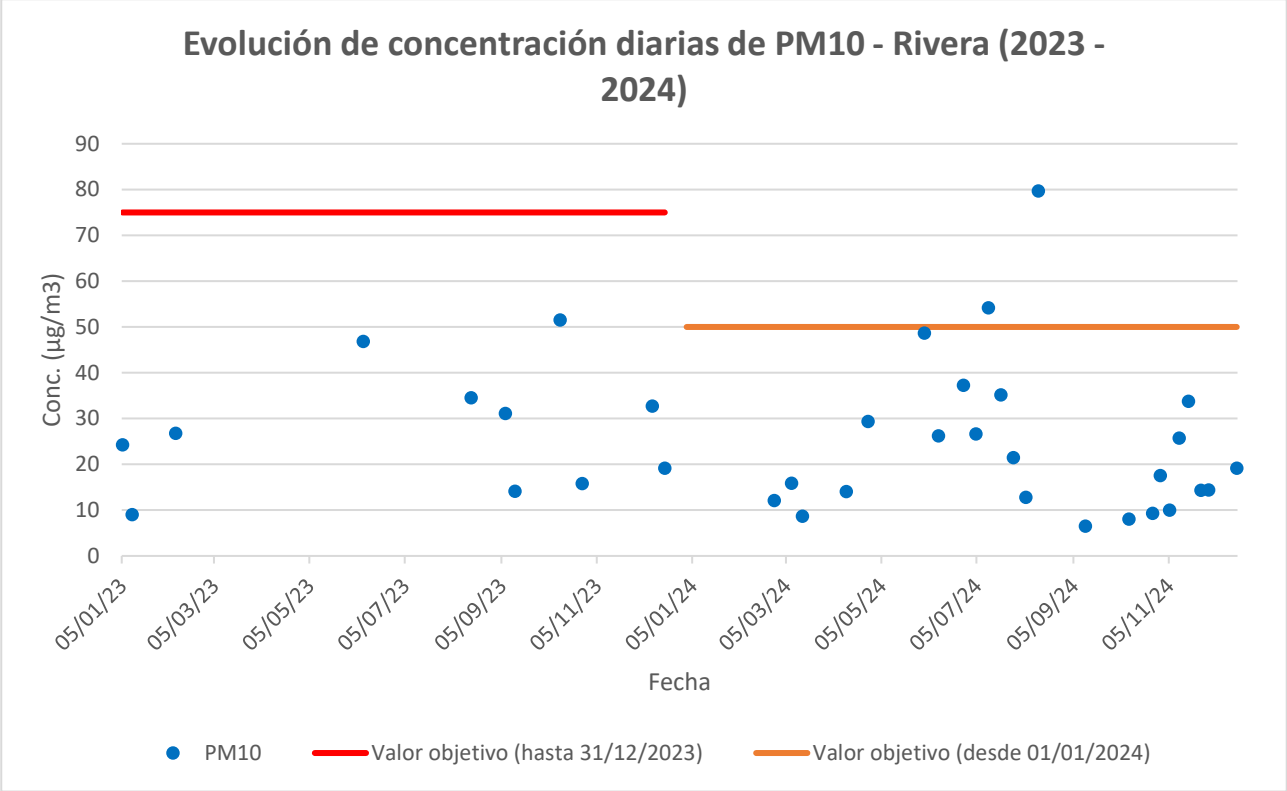


Figura 8: Evolución de concentraciones diarias de PM10 en la ciudad de Rivera para los años 2023 y 2024. Se muestran los valores objetivo para períodos de veinticuatro horas.

Para conocer la cantidad de muestras tomadas por año agrupadas por estación del año se elaboró la Tabla 5. En ella es posible ver cómo se distribuyeron las muestras en el lapso 2023 – 2024 en cada trimestre del año.

Tabla 5: Cantidad de muestras obtenidas en Rivera, por trimestre. Período 2023 - 2024.

	2023	2024
Ene-Mar	3	3
Abr-Jun	1	5
Jul-Sep	3	7
Oct-Dic	4	9
Total	**11**	**24**

6. Análisis del monitoreo 2023-2024

Se presenta un balance considerando únicamente los muestreos ejecutados, el cual se muestra en Figura 9. En ella, también se presentan los muestreos ejecutados a través de los que se obtuvieron resultados válidos, a modo de ilustrar la eficacia del trabajo llevado a cabo. Para el año 2023 resultó válido el 55% de los muestreos ejecutados mientras que para el año 2024 dicho porcentaje fue del 78%. Lo anterior denota una mejora en la gestión de los aspectos vinculados a la ejecución de los muestreos. Tal mejora puede ser atribuida a acciones tales como: adecuación del calendario de muestreos según las condiciones del tiempo, ejecución de mejoras en la alimentación eléctrica del equipo y realización de ajustes en el funcionamiento del mismo.

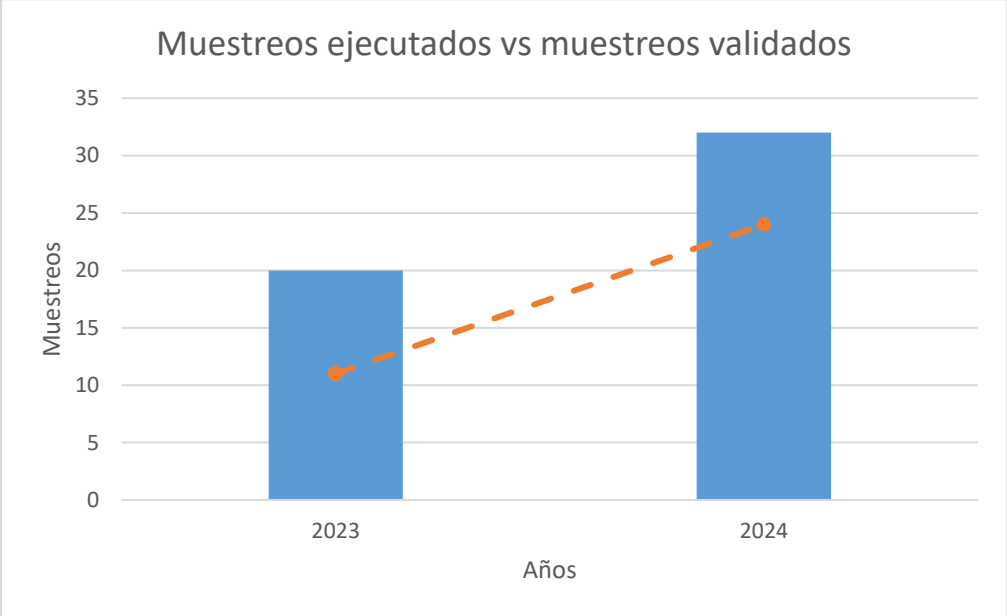


Figura 9: Muestreos ejecutados (azul) y ejecutados válidos (anaranjado).

Otra mirada posible para analizar el desempeño del trabajo es tomar en cuenta las muestras posibles a obtener dentro de cada año (aproximadamente 60 muestras al año considerando un muestreo cada seis días). Durante el año 2023, la cantidad de muestras válidas obtenidas ha sido un 18 % de la cantidad total esperada mientras que para el año 2024 este valor fue 39 %.

Bajo esta situación, la cantidad de muestras obtenidas permite realizar un análisis de la calidad del aire con ciertas limitaciones, las que tienen que ver con la representatividad de los períodos de tiempo para cada año calendario (del 1º de enero al 31 de diciembre).

Tomando en cuenta la NORMA Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2021 (ver apartado 2.2), el promedio anual obtenido para ambos años no resulta válido para la evaluación del cumplimiento del valor objetivo de dicho período de muestreo. De todas maneras, este estadístico anual resulta útil para evaluar la tendencia a lo largo de los años de trabajo.

A pesar de lo anterior y a modo orientativo, de este procesamiento se extrae que el valor anual en Rivera para año 2023 es de 28 $\mu g/m^3$ no excediendo el valor objetivo a tener en cuenta hasta dicho año (30 $\mu g/m^3$) mientras que, para el año 2024 el valor anual es de 24 $\mu g/m^3$, registro que sí excede el valor objetivo vigente desde ese año (20 $\mu g/m^3$).

En escala diaria, para el bienio se encontraron dos excedencias al valor objetivo de veinticuatro horas, ambas dentro del 2024. Las excedencias mencionadas se registraron el viernes 12/07/2024 (54 µg/m^3) y el martes 13/08/2024 (80 µg/m^3).

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, una de las excedencias registradas superó el valor establecido como tolerancia para los períodos de muestreo de veinticuatro horas (75 µg/m^3 para el 2024).

Ambas excedencias se registraron en invierno, lo que podría sugerir que este comportamiento se debió al fenómeno de inversión térmica acompañado de emisiones características de esta época. Este fenómeno se da en noches despejadas y con poco viento, especialmente durante el invierno. En estas condiciones el suelo se enfría rápidamente por la noche. Este aire frío permanece cerca del suelo, mientras que el aire más cálido de niveles superiores no se mezcla con él. Esta inversión actúa como una barrera, impidiendo que los contaminantes liberados por actividades humanas se dispersen, lo que provoca una acumulación de contaminantes cerca de la superficie. Para este caso, al ser reducida la cantidad de muestras recolectadas, es difícil inferir de forma inequívoca el comportamiento con el que puedan estar relacionados.

Con los datos obtenidos, fue posible elaborar una rosa de contaminación (Figura 10) lo que permitió analizar la relación entre las concentraciones de PM10 y la dirección del viento. Los datos de PM10 utilizados fueron los obtenidos para la estación Rivera y los de dirección de viento los extraídos del portal de Ogimet para la estación Rivera (OMM 86350) entre el 01/01/2023 y el 04/10/2023 y la estación Aeropuerto Rivera (OMM 86351) entre el 05/10/2023 y el 31/12/2024, ambas localizadas en la misma ubicación. Los datos utilizados fueron los correspondientes únicamente a los días en que se realizaron muestreos entre el 01/01/2023 y el 31/12/2024. El resultado permite visualizar a qué direcciones del viento se asocian las distintas concentraciones encontradas.



Figura 10: Rosa de contaminación para estación Rivera ubicada geoespacialmente.

Para dimensionar la distribución de las concentraciones por dirección se muestra en la Figura 10 la misma rosa de contaminación, pero fuera del mapa y con el porcentaje asociado a cada dirección con círculos concéntricos. De esta rosa de vientos se obtiene que la dirección promedio de incidencia del viento sobre la estación Rivera durante los días en que se realizaron muestreos fue de 150º.

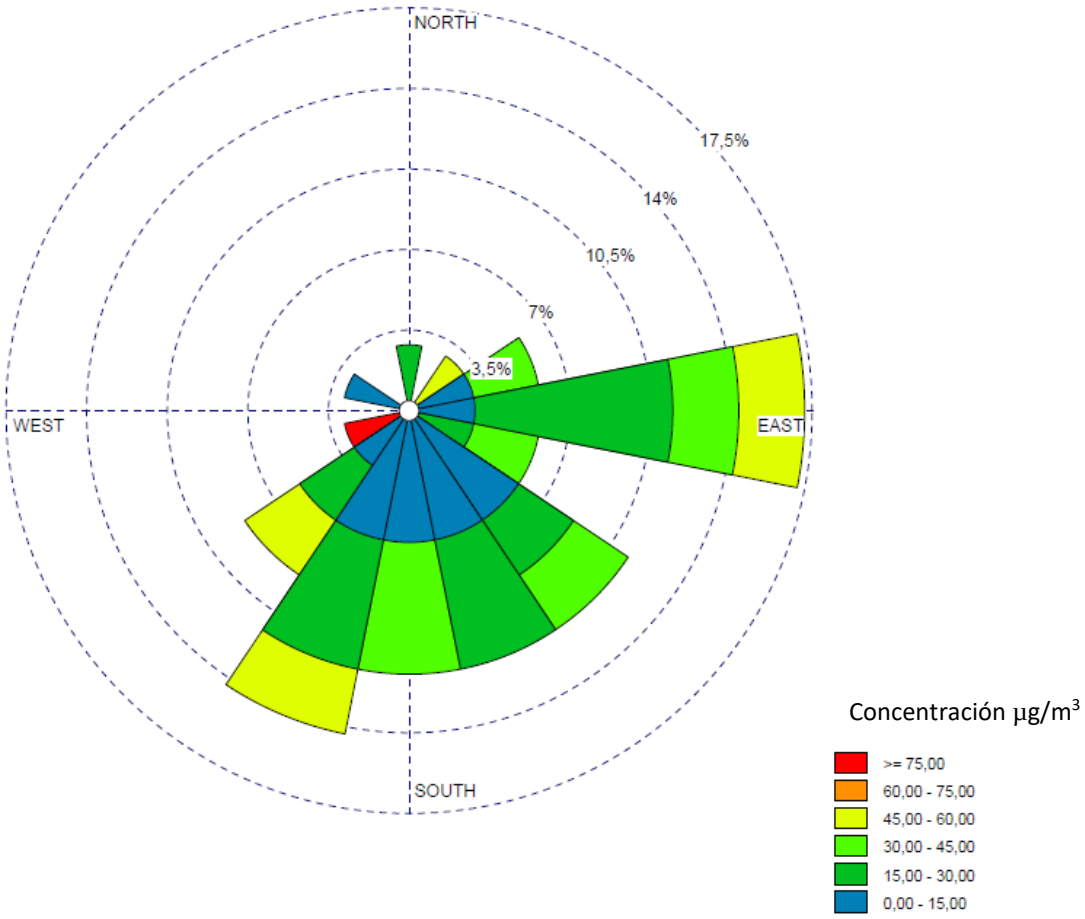


Figura 11: Rosa de contaminación para estación Rivera. Dirección de viento (º); PM10 (µg/m³).

A partir de este diagrama se interpreta que las concentraciones más altas provinieron principalmente del suroeste, sur suroeste y el este con concentraciones que tendieron a ser moderadas. También se destaca el cuadrante conformado por las direcciones oeste y sur indicando un evento de alta concentración proveniente desde el oeste suroeste. Por lo anterior, existen otras direcciones de viento relevantes aparte de la que deja a la estación Rivera corriente debajo del sitio de disposición final municipal.

7. Evolución de los contaminantes 2021-2024

Para visualizar la evolución de los valores diarios de PM10 a lo largo de los años, se realizó el gráfico que se muestra en la Figura 12. Se observa una cierta disminución del valor de las excedencias a lo largo del tiempo. Los valores objetivo son progresivamente más estrictos, lo que favorece a que se continúen encontrando muestreos con valores por encima o en el entorno de los mismos.

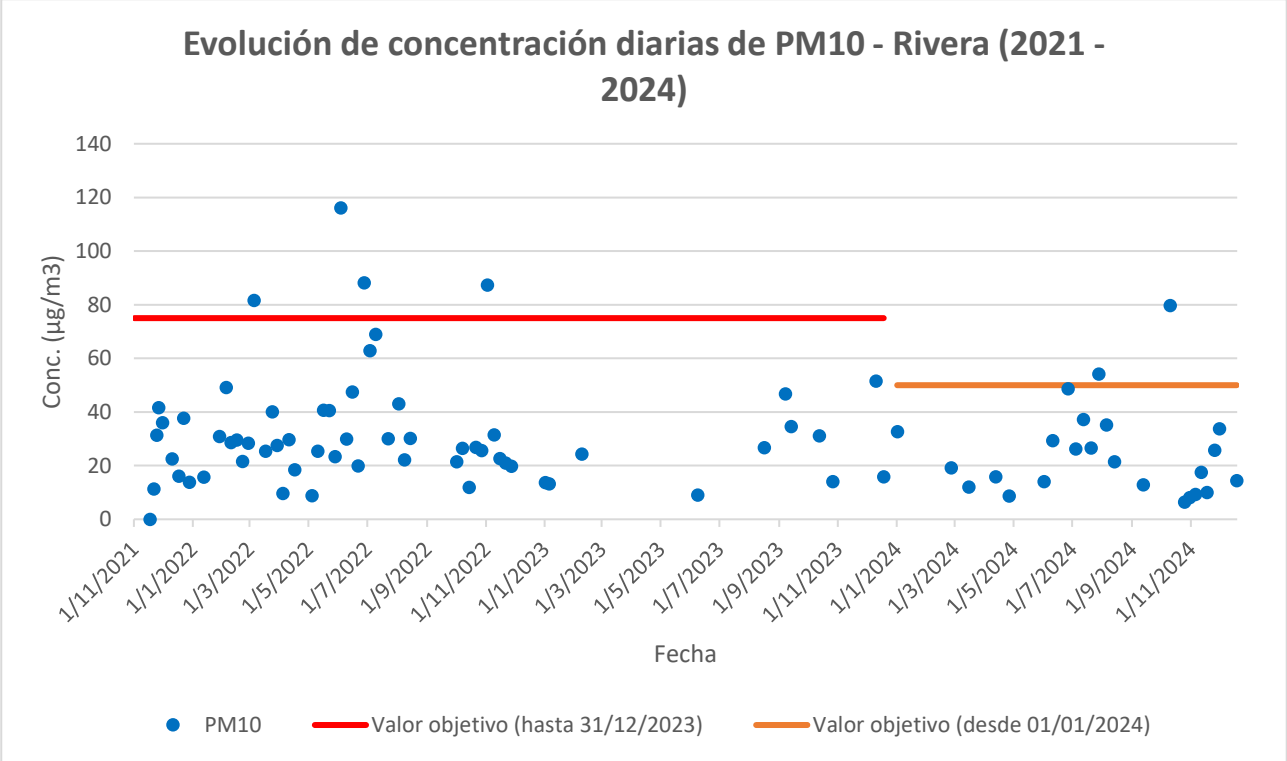


Figura 12: Evolución de concentraciones diarias de PM10 en la ciudad de Rivera entre los años 2021 y 2024

Para poder conocer la evolución de la concentración de PM10 respecto a otros años, se presenta en el gráfico que se muestra en la Figura 13 el valor promedio de concentraciones anuales (no representativas) obtenidas. No se tomó en cuenta el promedio del año 2021 debido a que en ese año fue cuando el monitoreo comenzó y solo se llevó a cabo durante los dos últimos meses del mismo.

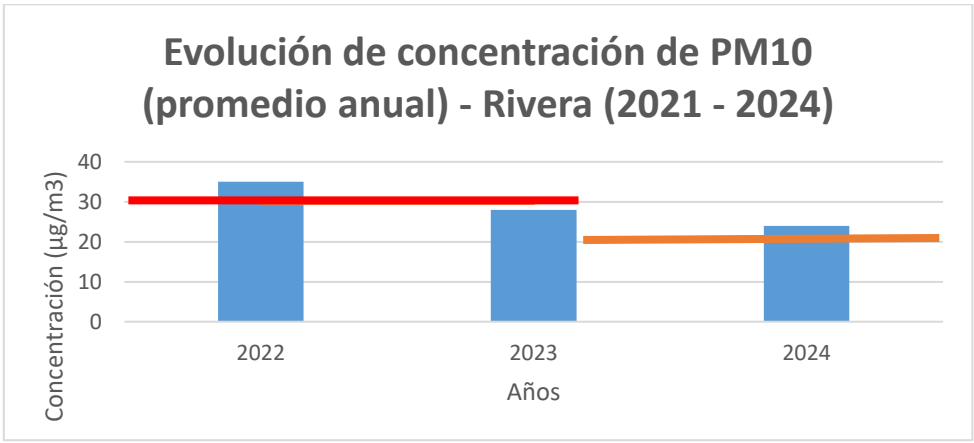


Figura 13: Evolución de concentraciones anuales de PM10 en la ciudad de Rivera entre los años 2022 y 2024. La línea roja representa valor objetivo anual vigente hasta el 31/12/2023 y la línea naranja representa valor objetivo anual vigente desde 01/01/2024

Se presenta la serie histórica de promedios anuales (no representativos) en la Tabla 6.

Tabla 6: Evolución de PM10 en Rivera. Período 2021 - 2024.

	2021	2022	2023	2024
Cantidad de muestras	10	40	11	24
Concentración (µg/m^3)	**26**	**35**	**28**	**24**
Límite objetivo anual (µg/m^3)	30	30	30	20

A partir de este procesamiento es posible observar que los valores anuales se encuentran entre 24 y 35 µg/m^3. Cabe destacar que, a partir del 1 de enero de 2024, los valores objetivo para material particulado también fueron modificados para esta frecuencia, adoptando un valor objetivo más estricto (20 µg/m^3). Como consecuencia, la concentración anual calculada para 2024, a pesar de ser inferior a la encontrada para los años anteriores, excedió el valor objetivo de calidad de aire.

8. Conclusiones

El monitoreo de PM10 en el departamento de Rivera se encuentra implementado y en funcionamiento.

Para este monitoreo, 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, si bien los promedios encontrados resultaron útiles para ver su evolución dentro del período de trabajo, 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 aumentar la cantidad de muestras obtenidas en cada trimestre, lo que derivaría en una mejor representación del estado anual de la calidad del aire en relación con el PM10.

De los resultados de los muestreos de veinticuatro horas obtenidos se entiende que la calidad del aire en la ciudad de Rivera es buena, solo contando con dos superaciones al valor objetivo diario (50 µg/m^3) en 35 muestreos válidos tomados durante los veinticuatro meses considerados.

El valor promedio (no representativo) de PM10 encontrado para este sitio en el año 2024 es de 24 µg/m^3, excediendo el valor objetivo anual de calidad de aire (20 µg/m^3).

Por lo anterior, se entiende necesario mantener el monitoreo en la zona, así como la generación de información que eventualmente permita tomar acciones para mejorar la calidad de aire en la ciudad.

9. Perspectivas

Como perspectivas principales se plantean aquellas cuestiones que se entiende 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 del equipo mejorando las gestiones de mantenimiento del mismo. Esto derivaría en que la toma de muestras pueda seguir de mejor manera al cronograma establecido y en lograr una mayor representatividad del período de muestreo de un año.

Como resultado de lo anterior, se espera que sea posible la evaluación de los promedios anuales respecto a sus valores objetivo correspondientes.

Por otro lado, el escenario de cierre de la planta de Conaprole en Rivera recientemente confirmado, obliga a discutir la pertinencia de la re ubicación del equipo. Esta inquietud ha estado en estudio desde hace tiempo entre las partes, motivados por la necesidad de facilitar la tarea de muestreo a los actores locales.

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

10. Referencias

Categorías de calidad de aire establecidas por la Intendencia de Montevideo https://montevideo.gub.uy/sites/default/files/documentos/Informe_24_0.pdf página n° 14.

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 (consultado 05/03/2025)).

https://www.ogimet.com/gsynres.phtml (indicativo de estación 86350 (operativa hasta el 04/10/2023) y 86351 (operativa desde el 05/10/2023), consultado el 05/03/2025).

https://www5.ine.gub.uy/documents/VisualizadorCenso2023.html

https://www.ambiente.gub.uy/visualizador/

Decreto 135/021 – Reglamento de calidad del aire (https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/institucional/normativa/decreto-135021-reglamento-calidad-del-aire (consultado 05/03/2025)

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 06/03/2025)