

**INFORME CAMPAÑA DE MEDIDA DE
BENCENO (C₆H₆) EN LA ESTACIÓN DE
BUJARALUZ DE LA RED DE CALIDAD DEL
AIRE DEL GOBIERNO DE ARAGÓN**

**INFORME CAMPAÑA 2021
J. AGUIRRE S.L.**

**INFORME CAMPAÑA DE MEDIDA DE BENCENO (C₆H₆)
EN LA ESTACIÓN DE BUJARALUZ DE LA RED DE
CALIDAD DEL AIRE DEL GOBIERNO DE ARAGÓN**

Zaragoza, 01 de marzo de 2022

INDICE

1. Objeto	3
2. Presentación Campaña	3
3. Descripción Contaminante	4
4. Legislación Aplicable	5
5. Metodología de la Campaña	6
6. Equipos.....	7
7. Fundamento del Sistema de captación pasivo	10
7.1 Descripción de cartucho RAD 145.....	11
8. Ubicación.....	11
9. Datos Meteorológicos.....	13
9.1 Temperatura	13
9.2 Humedad Relativa	14
9.3 Precipitación	14
9.4 Rosa de los vientos	15
10. Toma de muestras.....	17
11. Evaluación de los datos.....	18
11.1 Efecto de la temperatura, la humedad y la velocidad del viento.....	18
12. Resultados	19
13. Conclusiones	21

1. Objeto

El presente informe tiene como objeto la descripción de los resultados de la campaña de medidas indicativas de benceno (C_6H_6) en aire ambiente, realizada en la estación de Bujaraloz de la Red de Calidad de Aire del Gobierno de Aragón, mediante captadores pasivos en el período comprendido de marzo 2021 a enero 2022

Los trabajos se desarrollan por la empresa J. Aguirre s.l, de acuerdo con el contrato de mantenimiento de la Red de Calidad de Aire del Gobierno de Aragón, con expediente N° 1404-4422-2019/13.

2. Presentación Campaña

La selección de la ubicación se realiza teniendo en cuenta los criterios expresados en las normativas actuales y en particular, las descritas en el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, y Real Decreto 39/2017, relativo a la mejora de la calidad del aire.

La determinación de Benceno se realiza en laboratorio acreditado por la Norma UNE EN ISO/IEC 17025:2015. El Laboratorio seleccionado fue IPROMA, Laboratorio de análisis y asesoramiento medioambiental.

La determinación de benceno por laboratorio, se realiza según Norma UNE-EN ISO 16017-2, muestreo y análisis de compuestos orgánicos volátiles por tubo adsorbente/desorción térmica/cromatografía de gases capilar. Parte 2: Muestreo por difusión.

3. Descripción Contaminante

El benceno es un hidrocarburo aromático de fórmula molecular C_6H_6 . Procede sobre todo de fuentes de tipo natural. Se libera básicamente como consecuencia de procesos de combustión incompleta y por evaporación de determinados combustibles.

El benceno es un compuesto orgánico potencialmente carcinogénico que, tras ser inhalado y después de exposiciones prolongadas, puede ocasionar graves efectos sobre la salud humana, ya que afecta al sistema nervioso central y a la normal producción de células sanguíneas, puede deteriorar el sistema inmunitario y dañar el material genético celular, lo que a su vez puede originar determinados tipos de cáncer (leucemia) así como malformaciones congénitas.¹

Sus efectos nocivos se dejan igualmente sentir sobre el medio ambiente, ya que resulta marcadamente tóxico para los organismos acuáticos y, en especial, sobre los invertebrados, en los que puede producir cambios genéticos (problemas reproductivos, malformaciones) y de comportamiento. Afecta también a la vegetación (puede llegar a provocar la muerte de la planta afectada, lo que adquiere además un matiz económico cuando se trata de cultivos, así como al clima, ya que se trata de un gas de efecto invernadero que contribuye al calentamiento de la atmósfera y a la formación de O_3 y de aerosoles orgánicos secundarios.

¹ <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/salud/benceno.aspx>

4. Legislación Aplicable

Debido a su toxicidad, tanto la Directiva 2008/50/CE como el Real Decreto 102/2011 establecen un valor límite (VL) para el promedio anual de benceno en el aire ambiente de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.²

En la citada normativa se incluyen los umbrales superior e inferior de evaluación (UES y UEI), cuya superación se debe determinar sobre la base de las concentraciones registradas durante los cinco años anteriores si se dispone de datos. Se considera que se ha superado un umbral de evaluación cuando, en el transcurso de esos cinco años, se haya superado el valor numérico del umbral durante al menos tres años distintos.

A continuación, se describen los umbrales de evaluación para el benceno, descritos en el Real Decreto 102/2011:

Umbral	Media Anual
Umbral Superior de evaluación	70% del valor limite ($3,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$)
Umbral Inferior de evaluación	40% del valor limite ($2 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

Figura 1. Umbrales de Evaluación benceno
Fuente: Real Decreto 102/2011

Además del VL y de los UEI y UES para benceno, en la normativa se establecen recomendaciones para la medición de los COV precursores de ozono. Éstos incluyen la monitorización de los compuestos BTEX, además de otros 26 compuestos orgánicos volátiles.

² Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire.

5. Metodología de la Campaña

Los datos de la campaña indicativa que aquí se presentan corresponden a 8 medidas distribuidas uniformemente en el período de marzo 2021 a enero de 2022:

DENOMINACIÓN	PERÍODO ESTACIONAL	FECHA INICIO	FECHA FINAL
BEN-BUJ-01	PRIMAVERA	26/03/2021	08/04/2021
BEN-BUJ-02	PRIMAVERA	26/05/2021	04/06/2021
BEN-BUJ-03	VERANO	15/07/2021	27/07/2021
BEN-BUJ-04	VERANO	12/08/2021	24/08/2021
BEN-BUJ-05	OTOÑO	14/10/2021	26/10/2021
BEN-BUJ-06	OTOÑO	05/11/2021	16/11/2021
BEN-BUJ-07	INVIERNO	17/12/2021	28/12/2021
BEN-BUJ-08	INVIERNO	13/01/2022	24/01/2022

Figura 2. Metodología de la campaña
Fuente: Propia

Como información complementaria al estudio se han utilizado los datos meteorológicos de la estación de Bujaraloz, ubicada en el punto de muestreo, perteneciente a la Red de Calidad del Aire del Gobierno de Aragón.

6. Equipos

Para la medición se ha empleado la captación pasiva, mediante tubos adsorbentes Radiello.

Los componentes del sistema de muestreo son:

- Cuerpo difusor amarillo
- Placa de apoyo
- Adaptador vertical
- Cartucho adsorbente RAD145
- Soporte triangular
- Carcasa protectora



Figura 3. Sistema de muestreo Pasivos Radiello
Fuente: Manual Radiello

El cuerpo difusor, restringe el tipo de moléculas que se difunden a través de él y minimiza la sensibilidad del sistema frente a la velocidad del viento y las turbulencias.

La carcasa, está diseñada para proteger los filtros de las inclemencias del clima, como la lluvia, el viento, etc.

El cartucho adsorbente se fija sobre un soporte triangular de policarbonato, tal y como puede observarse en la siguiente fotografía donde se muestra su instalación en el punto de muestreo:



Figura 4. Instalación de Pasivos Radiello
Fuente: Propia



Figura 5. Ubicación de Pasivos Radiello
Fuente: Propia

7. Fundamento del Sistema de captación pasivo

Los captadores pasivos tienen su fundamento en los fenómenos de difusión y permeación, por los cuales, las moléculas de un gas que están en constante movimiento, son capaces de penetrar y difundirse espontáneamente a través de la masa de otro gas hasta repartirse uniformemente en su seno, así como de atravesar una membrana sólida que le presente una determinada capacidad de permeación³.

Los captadores pasivos para la captación de gases se rigen por la Ley de Fick que relaciona el flujo de un gas que difunde desde una región de alta concentración (extremo abierto del tubo), con el tiempo de exposición y el área del captador, que está expuesto al contaminante.

Dicha ley se basa en que las moléculas de un gas se difunden en todas direcciones con igual probabilidad. Por ello la difusión intentaría eliminar la carencia de moléculas originada por el gradiente que hay en un determinado espacio mediante el movimiento de moléculas hacia dicho espacio.

La ecuación a emplear proviene de la Ley de Fick y es:

$$C = \frac{Q}{S * t}$$

Donde:

C: Concentración del contaminante en moles por centímetro cúbico (mol/cm³)

Q: Cantidad de moles difundidos (mol)

S: Coeficiente de captación (cm³/min)

T: Tiempo de difusión (min)

³ [NTP 151: Toma de muestras con captadores pasivos \(insst.es\)](http://insst.es)

7.1 Descripción de cartucho RAD 145

RAD145 es un cilindro de red de acero inoxidable, con abertura de rejilla de malla de $3 \times 8 \mu\text{m}$ y 4,8 mm de diámetro, empaquetado con 350 ± 10 mg de carbón grafitizado (Carbograph 4), el tamaño de partícula es de malla 35-50.

Los compuestos orgánicos volátiles son atrapados por adsorción y recuperados por desorción térmica.

8. Ubicación

El presente estudio se realiza en la estación de calidad del aire del Gobierno de Aragón, en el municipio de Bujaraloz, Provincia de Zaragoza.

La medición se realiza en una estación de tipo Fondo - Rural.

Situación: Paraje situado junto campo de fútbol y piscinas.

Coordenadas GMS:N: $41^{\circ} 30' 285''$

W: $0^{\circ} 09' 183''$

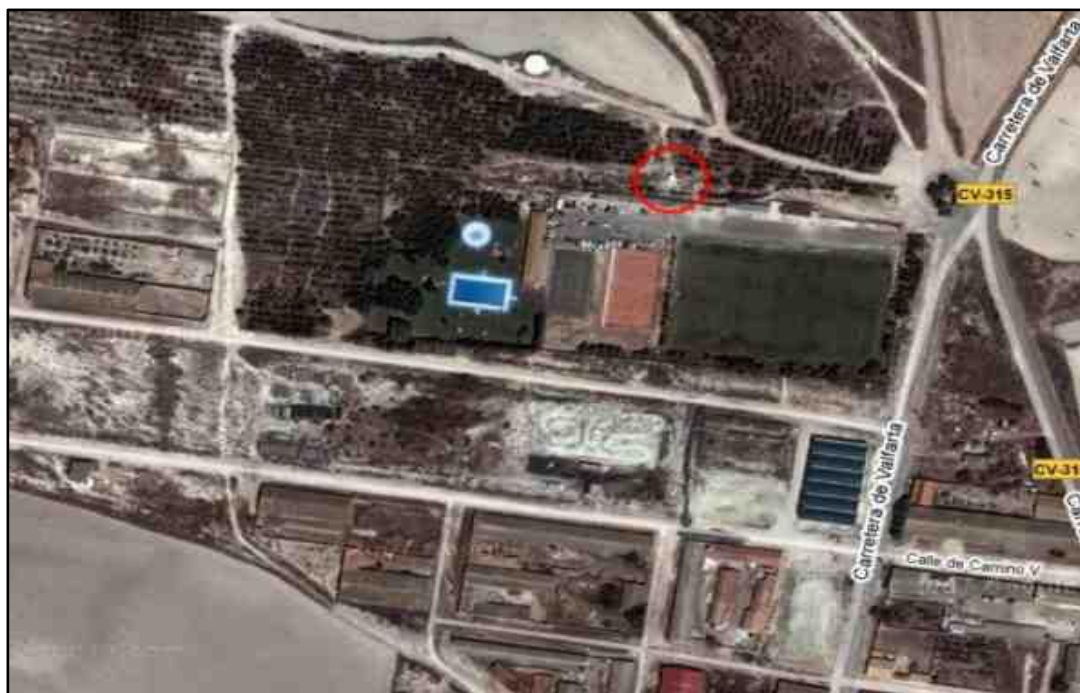


Figura 6. Ubicación Estación de Bujaraloz
Fuente: Google. (s.f.). [Estación Bujaraloz, Aragón].



Figura 7. Ubicación Estación de Bujaraloz
Fuente: Propia

9. Datos Meteorológicos

9.1 Temperatura

En la campaña de medida indicativa, la temperatura media del período de estudio fue de 15,4 °C.

En el periodo estacional de primavera se registró una media de temperatura de 17,3 °C. Para las mediciones del período de verano se presentó una temperatura media de 25,7 °C. Para las mediciones correspondientes al período de otoño se registró una media de 13,1 °C. En las últimas mediciones correspondientes a la etapa invernal se registró una media de 5,4 °C.

La temperatura máxima diaria presentada fue de 31,3 °C el día 14/08/2021 en la medida correspondiente a BEN-BUJ-04 en verano. La temperatura mínima diaria registrada fue de 2,0 °C el 20/12/2021 en la medida BEN-BUJ-07 de invierno.

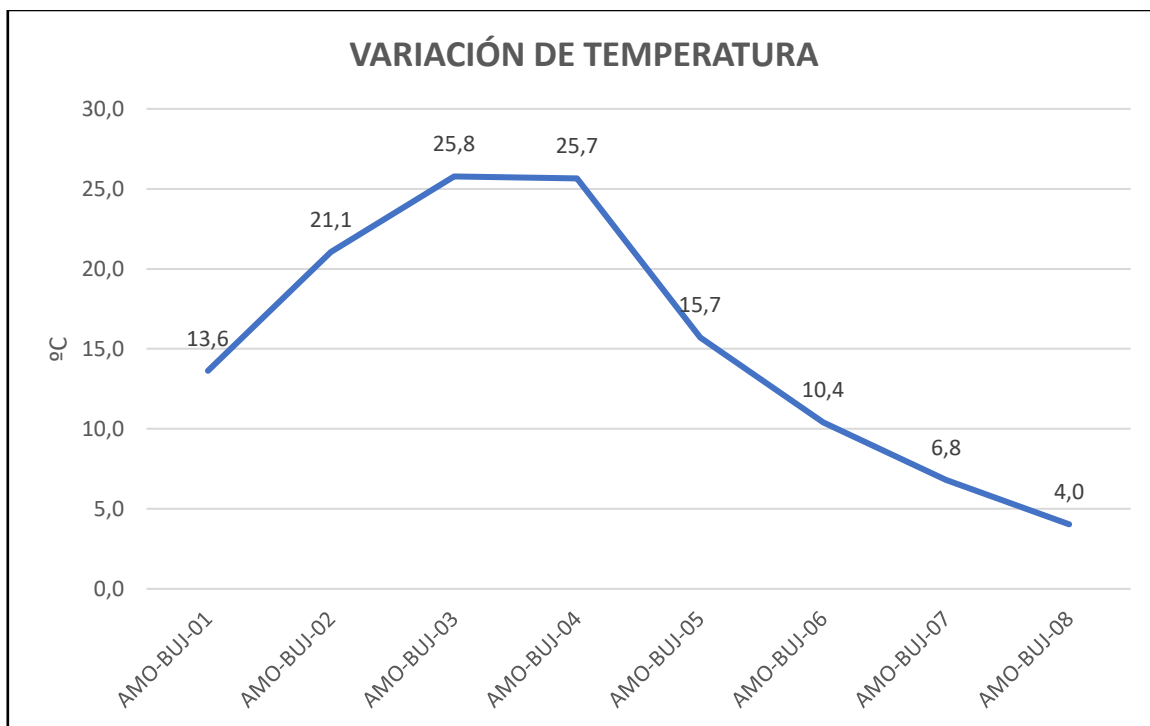


Figura 8. Variación de temperatura
Fuente: Propia

9.2 Humedad Relativa

Los valores medios de humedad relativa, fueron de 55,3 % en Primavera; 50,8 % en Verano; 64,9 % en otoño y 81,2 % en la época invernal. (Figura 9).

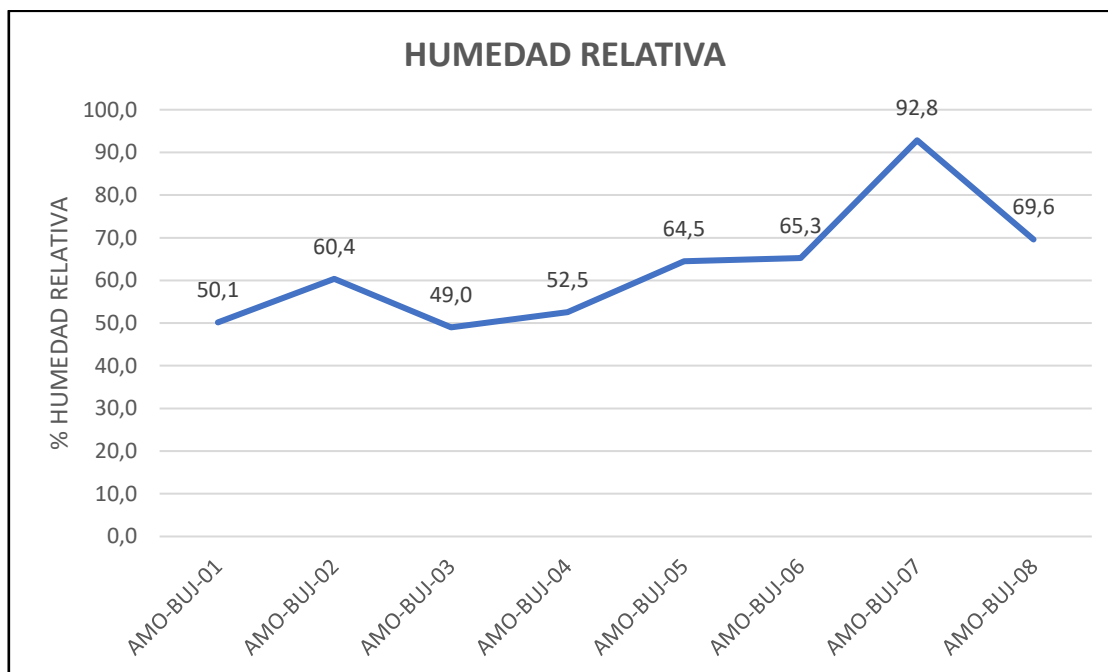


Figura 9. Humedad Relativa
Fuente: Propia

9.3 Precipitación

La precipitación acumulada durante la estación de primavera fue de 15 mm; en verano se registraron 7 mm; en el período de otoño se registró un valor de 0,4 mm y en invierno de 6,6 mm.

(La estación no cuenta con datos de precipitación, por lo que se tomaron como referencia, datos de la estación meteorológica más cercana a la zona).

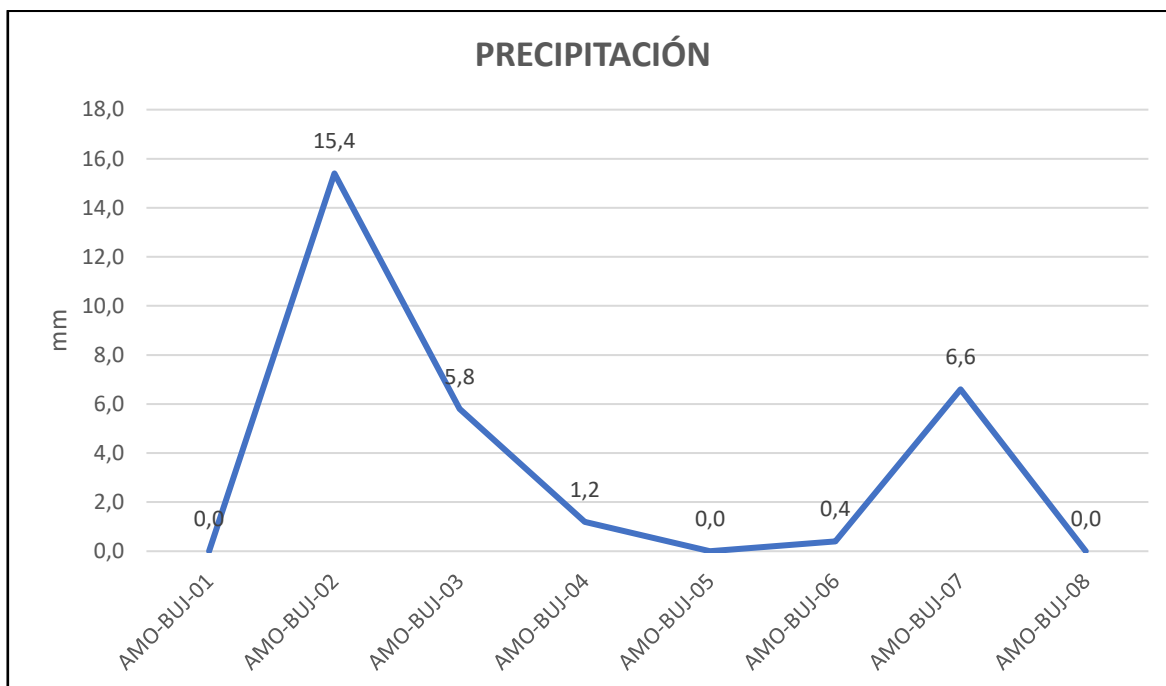


Figura 10. Precipitación
Fuente: Propia

9.4 Rosa de los vientos

En la figura 11, se observa la rosa de los vientos considerando los datos horarios de dirección e intensidad de viento registrados durante las 8 medidas de la campaña.

La dirección del viento predominante en Bujaraloz en la campaña de medidas indicativas fue del Oeste. Su velocidad media fue de 0,4 m/s, con un porcentaje de calma de 65,89 %. En la medida BEN-BUJ-02, la dirección del viento predominante fue del Este-sureste y Sureste. Su velocidad media fue de 0,15 m/s, con un porcentaje de calma de 79,17%.

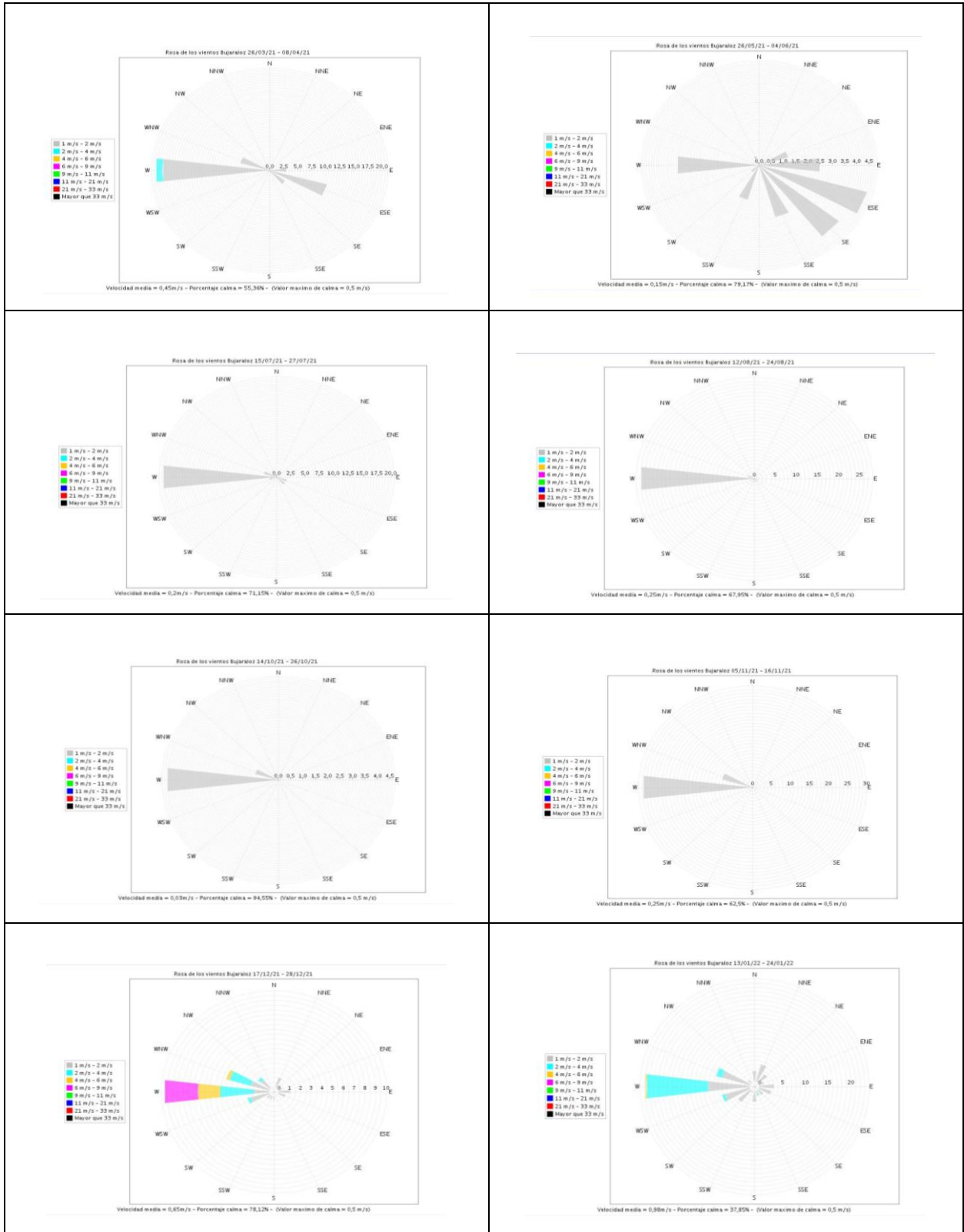


Figura 11. Rosa de los vientos campaña medición
Fuente: CECOMA

10. Toma de muestras

Los captadores pasivos se instalaron en la estación de calidad de aire del municipio de Bujaraloz, Aragón.

Se colocaron protegidos de la lluvia y según los casos, protegidos de la radiación solar. Se comprobó la no presencia de emisiones directas del contaminante en las proximidades al punto de muestreo.

Se etiquetó el captador pasivo de tal forma que permitió registrar de forma trazable, los siguientes datos: lugar de muestreo, contaminante a captar, día y hora de inicio, así como las condiciones climáticas durante la instalación.

Una vez transcurrido el tiempo de exposición deseado, se entregaron a Laboratorio Eurofins- Iproma para análisis y determinación de la cantidad contaminante captado.

11. Evaluación de los datos

La evaluación de los datos se realiza teniendo en cuenta la descripción del fundamento del sistema de captación pasivo descrita en el manual del captador Radiello para la determinación de benceno.

La concentración media del período de muestreo se calcula a partir de masa en la muestra de analito y tiempo de exposición sin introducir cualquier otro factor de corrección, además de variaciones de temperatura de Q.

La concentración media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) se calcula según la ecuación:

$$C = \frac{m}{Q_k * t} * 1000000$$

Donde:

C: concentración $\mu\text{g}/\text{m}^3$

m: masa del analito en μg

t: tiempo de exposición en minutos

Q_k : frecuencia de muestreo a la temperatura K

11.1 Efecto de la temperatura, la humedad y la velocidad del viento

Las tasas de muestreo varían desde el valor a 298 K sobre el efecto de la temperatura (en Kelvin) como se expresa en la siguiente ecuación:

$$Q_k = Q_{298} * \left(\frac{K}{298}\right)^{1,5}$$

donde Q_k es la frecuencia de muestreo a la temperatura K y Q_{298} es el valor de referencia a 298 K. Esto produce una variación de $\pm 5\%$ de la variación 10°C (hacia arriba o hacia abajo) a partir de 25°C . Por su parte, la tasa de muestreo es invariante con humedad en el rango 15-90% y con velocidad del viento entre 0,1 y 10 m/s.

Por lo anterior, la constante de frecuencia de muestreo del analito Q_k , debe corregirse en función de la temperatura media de exposición de los tubos pasivos en cada campaña, teniendo en cuenta los datos de temperatura proporcionados por la estación meteorológica ubicada en el punto de muestreo.

12. Resultados

Teniendo en cuenta los boletines de referencia, dados por el laboratorio, se realizaron los cálculos descritos en el capítulo 10, referente a evaluación de datos.

A continuación, se describen los resultados:

Medida	Identificación	Fecha Inicio	Hora Inicio	Fecha Finalización	Hora Final
1	BEN-BUJ-01	26/03/2021	14:00	08/04/2021	14:00
2	BEN-BUJ-02	26/05/2021	12:30	04/06/2021	12:30
3	BEN-BUJ-03	15/07/2021	14:00	27/07/2021	14:00
4	BEN-BUJ-04	12/08/2021	13:00	24/08/2021	13:00
5	BEN-BUJ-05	14/10/2021	14:00	26/10/2021	14:00
6	BEN-BUJ-06	05/11/2021	11:00	16/11/2021	11:00
7	BEN-BUJ-07	17/12/2021	15:00	28/12/2021	15:00
8	BEN-BUJ-08	13/01/2022	11:00	24/01/2022	11:00

Figura 12. Identificación de campaña
Fuente: Propia

Medida	Identificación	Masa (μg)	Lte. Cuantif (μg)	Incertidumbre
1	BEN-BUJ-01	0,08	0,05	0,02
2	BEN-BUJ-02	<0,05	0,05	0,02
3	BEN-BUJ-03	<0,05	0,05	0,02
4	BEN-BUJ-04	0,06	0,05	0,02
5	BEN-BUJ-05	0,13	0,05	0,03
6	BEN-BUJ-06	0,10	0,05	0,02
7	BEN-BUJ-07	0,12	0,05	0,02
8	BEN-BUJ-08	0,28	0,05	0,06

Figura 13. Resultados de laboratorio
Fuente: Propia

Medida	Identificación	Masa (μg)	Tiempo (min)	Q_k
1	BEN-BUJ-01	0,08	18720	24,99
2	BEN-BUJ-02	0,05	12960	25,88
3	BEN-BUJ-03	0,05	17280	26,80
4	BEN-BUJ-04	0,06	17280	26,79
5	BEN-BUJ-05	0,13	17280	25,61
6	BEN-BUJ-06	0,10	15840	24,74
7	BEN-BUJ-07	0,12	15840	24,49
8	AMO-BUJ-08	0,28	15840	24,28

Figura 14. Función de corrección de temperatura
Fuente: Propia

Medida	Identificación	Concentración ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	BEN-BUJ-01	0,17
2	BEN-BUJ-02	0,15
3	BEN-BUJ-03	0,11
4	BEN-BUJ-04	0,13
5	BEN-BUJ-05	0,29
6	BEN-BUJ-06	0,26
7	BEN-BUJ-07	0,31
8	AMO-BUJ-08	0,73

Figura 15. Resultados Concentración Benceno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Fuente: Propia

Media anual	Concentración Benceno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
2021	0,27

Figura 16. Concentración media anual Benceno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Fuente: Propia

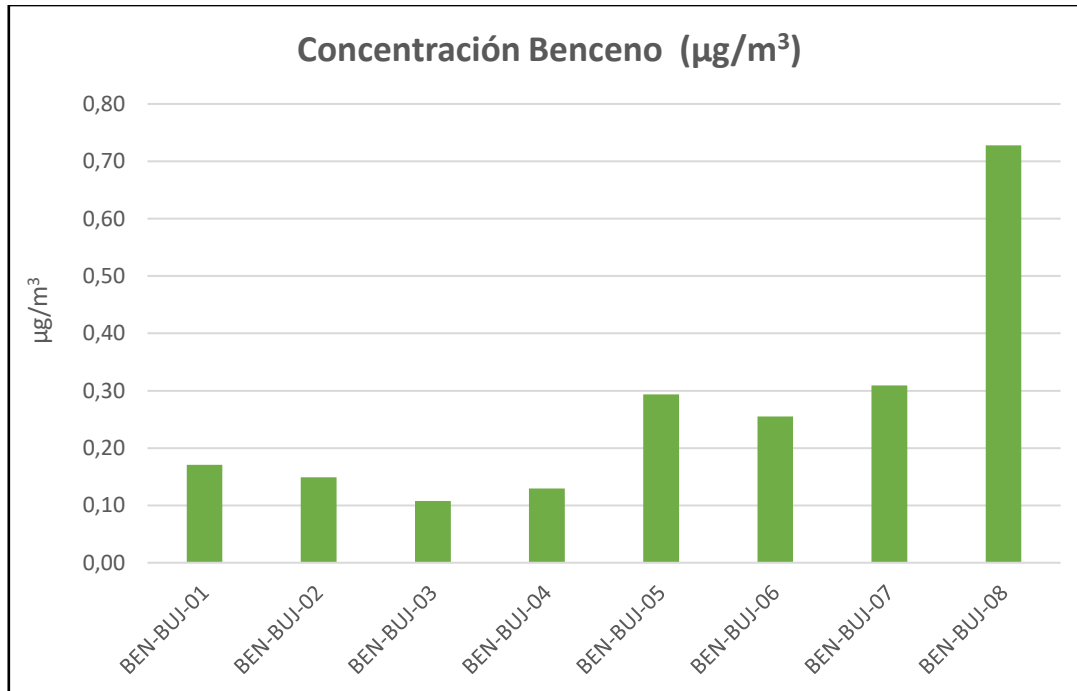


Figura 17. Resultados Concentración Benceno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Fuente: Propia

De acuerdo a los resultados, se registraron en el municipio de Bujaraloz, concentraciones de Benceno (C_6H_6) de $0,17 \mu g/m^3$ y $0,15 \mu g/m^3$ en el período estacional de primavera. En la estación de verano, se presentaron valores de $0,11 \mu g/m^3$ y $0,13 \mu g/m^3$. En el período otoñal se presentaron concentraciones de $0,29 \mu g/m^3$ y $0,26 \mu g/m^3$. Por su parte, en la estación invernal se registraron valores de $0,31 \mu g/m^3$ y $0,73 \mu g/m^3$. Obteniéndose así una media anual de concentración de benceno de $0,27 \mu g/m^3$.

Para la estación de primavera, se tiene una media de benceno de $0,16 \mu g/m^3$; para el período de verano, se tiene una media de $0,12 \mu g/m^3$; para otoño de $0,27 \mu g/m^3$. Por su parte, en la campaña de invierno, se tiene una media de $0,52 \mu g/m^3$, siendo este valor el más alto de los periodos estacionales.

Si tenemos en cuenta la medición de contaminantes en el punto de muestreo, encontramos que, para el periodo de medición de benceno, no se presentan superaciones en valores límite horario de óxidos de nitrógeno ni en los valores objetivo de ozono.

13. Conclusiones

La campaña de medición de benceno ha sido satisfactoria al obtener el 100% de los datos para los días de muestreo programados. La campaña se dividió en 8 medidas, distribuidas uniformemente a lo largo de 365 días. Las medidas fueron realizadas en los 4 períodos estacionales y representaron 91 días de muestreo. Por lo anterior, se cumple así con el 14% de cobertura mínima de datos en mediciones indicativas.

En el municipio de Bujaraloz, se registró la mayor concentración en el período del 13/01/2022 al 24/01/2022 con $0,73 \mu g/m^3$ de C_6H_6 . Por su parte, el menor valor se registrado fue de $0,11 \mu g/m^3$ de C_6H_6 en el período del 15/07/2021 al 27/07/2021.

Como resultado de la campaña indicativa se determinó un valor medio anual de benceno de $0,27 \mu g/m^3$.

En el período de muestreo, no se presentaron superaciones en valores límite horario de óxidos de nitrógeno ni en los valores objetivo de ozono. Así mismo, no se presentaron condiciones meteorológicas que afectarán las campañas de medición de benceno.



Al realizar la comparativa del resultado de la media anual con el valor regulado en la legislación, se concluye que la concentración de benceno, no presenta superación del umbral inferior de evaluación en la zona de estudio.