

**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 2020
J. AGUIRRE S.L.**

**INFORME CAMPAÑA DE MEDIDA DE BENCENO C_6H_6
EN LA ESTACIÓN DE BUJARALUZ DE LA RED DE
CALIDAD DEL AIRE DEL GOBIERNO DE ARAGÓN**

Zaragoza, 22 de Enero de 2021

INDICE

1. Objeto.....	3
2. Presentación Campaña	3
3. Descripción del Contaminante.....	4
4. Legislación Aplicable	5
5. Metodología de la Campaña	6
6. Equipos	7
7. Fundamento del Sistema de captación pasivo	9
7.1 Descripción de cartucho RAD 145.....	10
8. Ubicación.....	11
9. Datos Meteorológicos.....	13
9.1 Temperatura.....	13
9.2 Humedad Relativa	14
9.3 Radiación Solar	15
9.4 Precipitación.....	15
9.5 Rosa de los vientos	16
10. Toma de muestras.....	18
11. Evaluación de los datos	19
11.2 Efecto de la temperatura, la humedad y la velocidad del viento	19
12. Resultados.....	20
13. Conclusiones	21

1. Objeto

El objeto del presente informe es describir los resultados de la evaluación de las concentraciones en aire ambiente de benceno en el municipio de Bujaraloz, realizadas mediante captadores pasivos en el año 2020.

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 Nº 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 14662-4:2006 en monitores pasivos, método normalizado de medida de las concentraciones de benceno, muestreo difusivo seguido de desorción térmica y cromatografía de gases.

3. Descripción del 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 que aquí se presentan corresponden a la estación fría o de invierno 2020 y la estación cálida o verano 2020 comprendidos:

- Verano: 09 de Julio de 2020 a 07 de Agosto de 2020
- Invierno: 01 de Octubre de 2020 a 28 de Octubre de 2020.

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

6. Equipos

Para la medición se ha empleado la captación pasiva, mediante tubos adsorbentes Radiello (Figura 2).

Los componentes del sistema de muestreo son:

- Cuerpo difusor amarillo código RAD1202
- Placa de apoyo código RAD121
- Adaptador vertical código RAD122
- Cartucho adsorbente RAD145
- Soporte triangular
- Carcasa protectora



Figura 2. Sistema de muestreo Pasivos Radiello
Fuente: Manual Radiello 2019

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 3. Instalación 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://npt151.com)

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 $350 \pm 10 \text{ mg}$ 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, el análisis se realiza por cromatografía de gases capilar y detección FID o MS.



Figura 4. Punto de muestreo Pasivos Radiello
Fuente: Propia

8. Ubicación

El presente estudio se realiza en la cabina de la estación de calidad del aire del gobierno de Aragón, en el municipio de Bujaraloz.

Situación: Paraje situado junto campo de fútbol y piscinas.

Posición GPS: N: 41° 30' 285'' W: 0° 09' 183''



Figura 5. Ubicación Estación de Bujaraloz
Fuente: Google. (s.f.). [Estación Bujaraloz, Aragón].



Figura 6. Estación de Bujaraloz
Fuente: Propia

9. Datos Meteorológicos

9.1 Temperatura

La temperatura media en la campaña de verano fue de: 25,8 °C, por su parte en la campaña de invierno se presentó una temperatura media de 14,92 °C (Figura 7).

Las temperaturas máximas diarias presentada fueron de 30,3 °C en verano y 20,6 °C en invierno. Las temperaturas mínimas diarias registradas fueron de 21,6 °C en verano, frente a 10,4 °C en invierno.

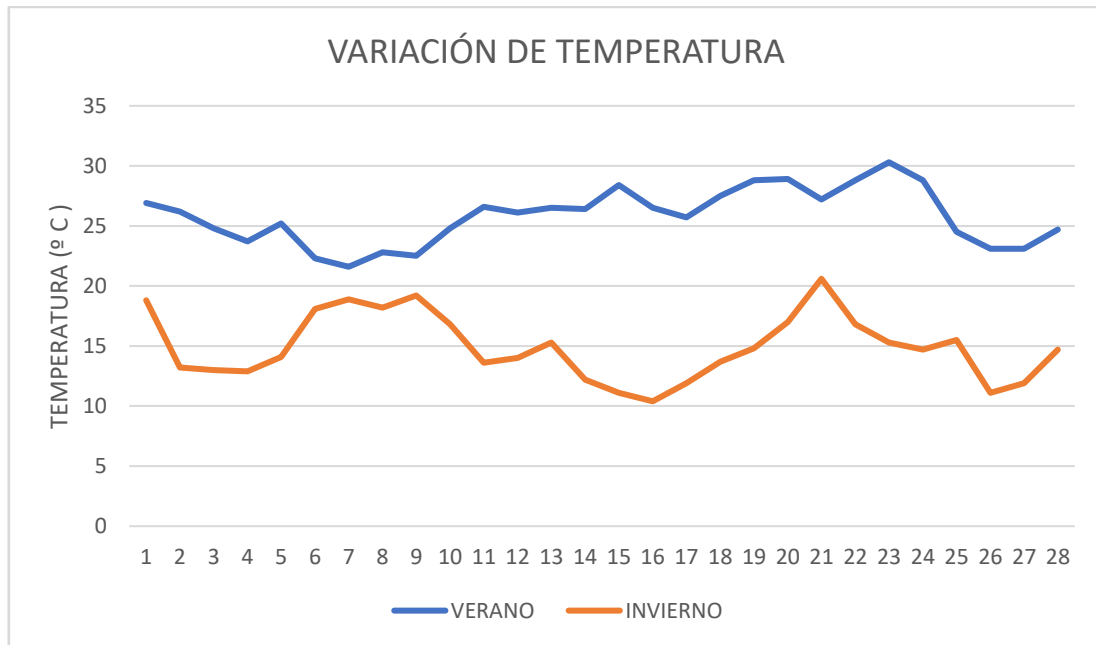


Figura 7. Variación de temperatura
Fuente: Propia

9.2 Humedad Relativa

Los valores de humedad relativa, promediados durante los días de muestreo fueron de 50,89 % para la campaña de verano y 62,50 % para la campaña de invierno. (Figura 8).

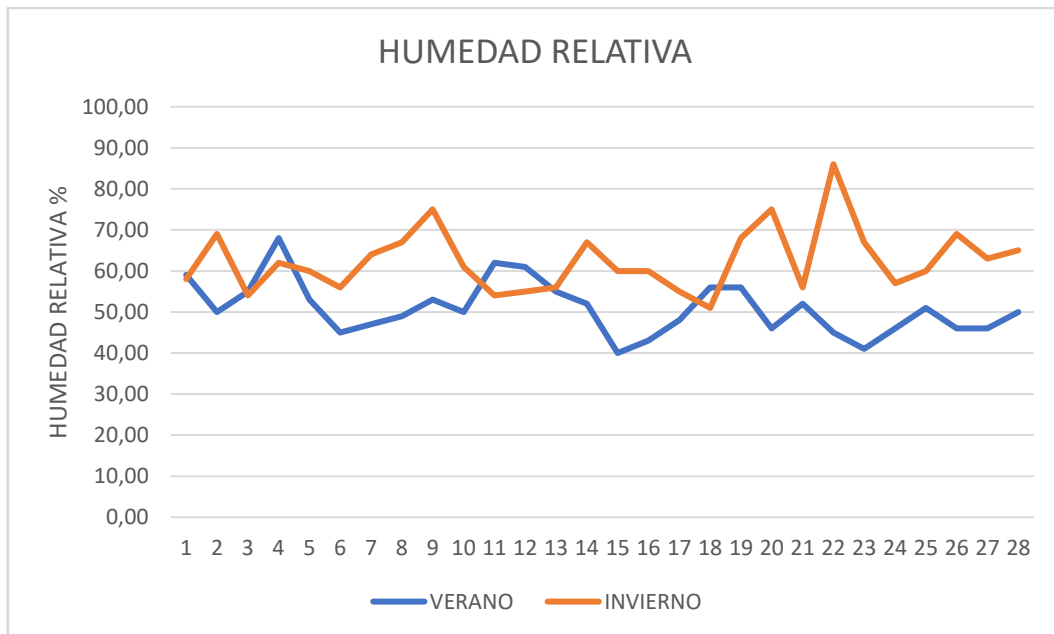


Figura 8. Humedad Relativa
Fuente: Propia

9.3 Radiación Solar

Durante la campaña de verano con un tiempo cálido y muy soleado el promedio fue de 271,14 (W/m²) que descendió considerablemente en la campaña 2 hasta los 144,32 (W/m²), debido a condiciones propias de invierno (Figura 9).

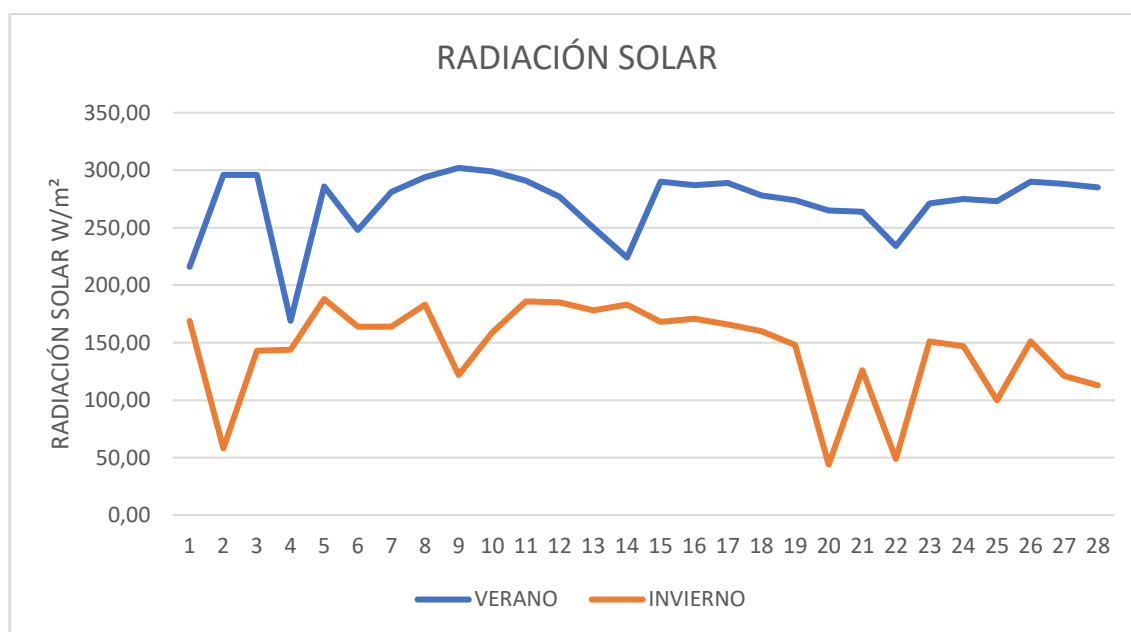


Figura 9. Radiación solar
Fuente: Propia

9.4 Precipitación

La precipitación acumulada de lluvia durante la campaña de verano en Bujaraloz, fue de 1,7 mm. En la campaña de invierno, se registró un valor de 12,4 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).

9.5 Rosa de los vientos

En la figura 10, se observa la rosa de los vientos considerando los datos horarios de dirección e intensidad de viento registrados durante la campaña de verano.

La dirección del viento predominante en Bujaraloz es del oeste en la campaña de verano. Su velocidad media fue de 1,05 m/s, con un porcentaje de calma de 16,39 %.

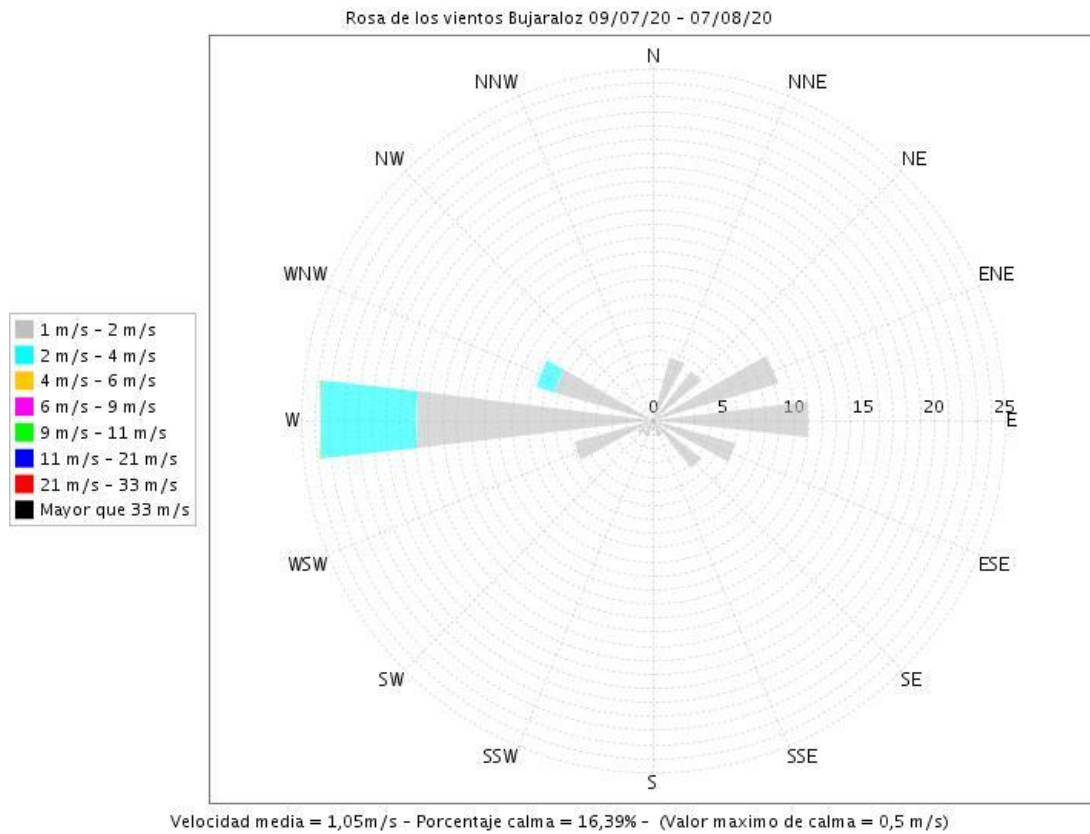


Figura 10. Rosa de los vientos campaña Verano
Fuente: CECOMA

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

En la campaña de invierno, la dirección del viento predominante en Bujaraloz es del oeste, su velocidad media fue de 1,23 m/s, con un porcentaje de calma de 19,05%.

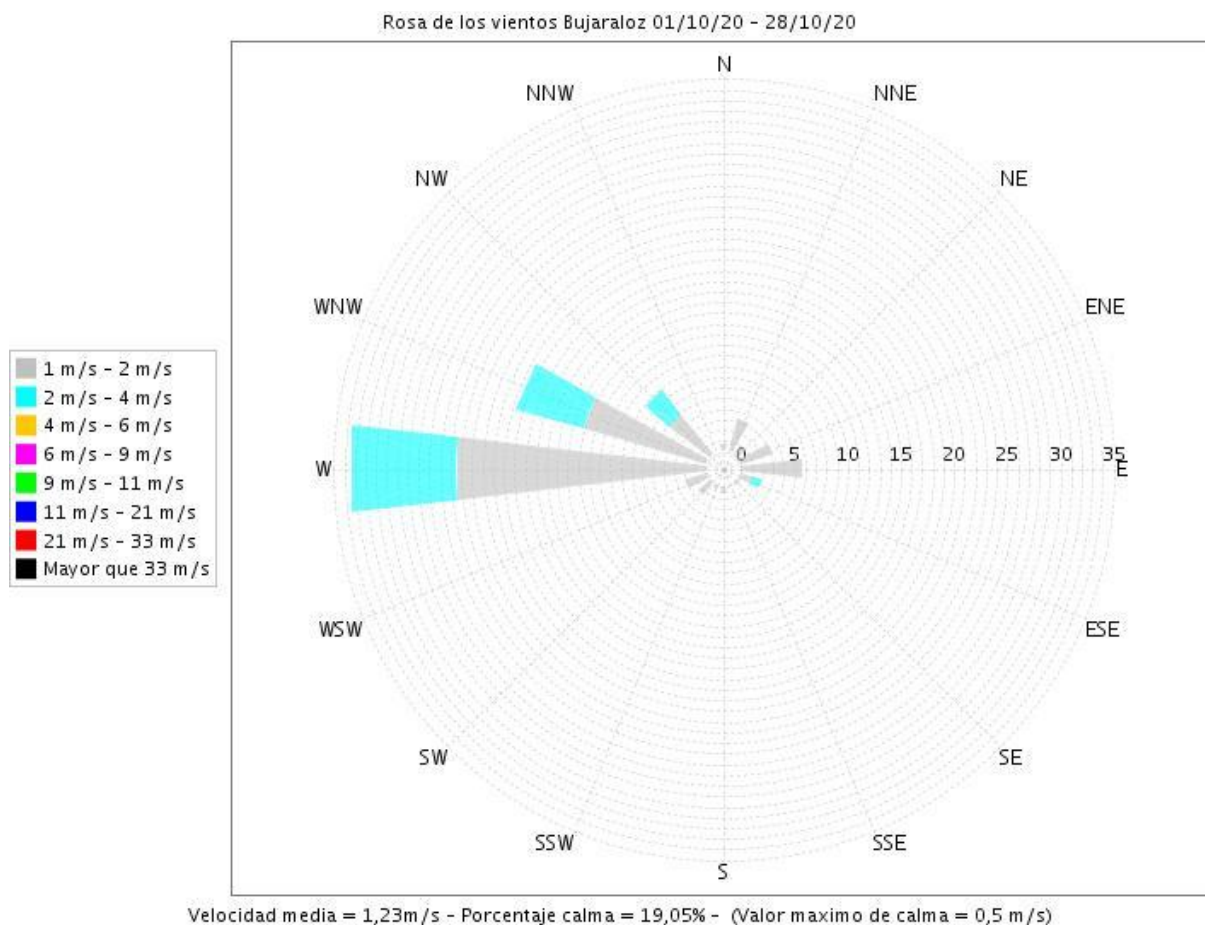


Figura 11. Rosa de los vientos campaña Invierno
Fuente: CECOMA

10. Toma de muestras

Los captadores se instalaron en la cabina de la estación de calidad de aire del municipio de Bujaraloz.

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 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 capítulo 7 y la información del 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

11.2 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 107412/2020 y 162540/2020, dados por laboratorio IPROMA, se realizaron los cálculos descritos en el capítulo 10, referente a evaluación de datos. A continuación, se describen los resultados:

Campaña	Identificación	Fecha Inicio	Hora Inicio	Fecha Finalización	Hora Final
VERANO	BEN-BUJ-01/20	09/07/2020	14:00	07/08/2020	14:00
INVIERNO	BEN-BUJ-02/20	01/10/2020	14:00	28/10/2020	14:00

Figura 12. Identificación de campaña
Fuente: Propia

Campaña	Parámetro	Resultado	Unidades	Método	Lte. Cuantif.	Incertid.
VERANO	Benceno	<0,5	µg	UNE-EN 14662-4:2006	0,5 µg	0,10 µg
INVIERNO	Benceno	<0,5	µg	UNE-EN 14662-4:2006	0,5 µg	0,10 µg

Figura 13. Resultados de laboratorio
Fuente: Propia

Campaña	Masa (µg)	Tiempo (min)	Q ₂₉₈	T (°C)	Q _k
VERANO	0,5	41760	26,8	25,8	26,93
INVIERNO	0,5	40320	26,8	14,92	25,47

Figura 14. Aplicación factor de corrección Q_k
Fuente: Propia

Campaña	Concentración Benceno (µg/m ³)
VERANO	0,44
INVIERNO	0,49

Figura 15. Resultados campañas benceno
Fuente: Propia

Promedio medio anual	Concentración Benceno (µg/m ³)
2020	0,47

Figura 16. Promedio medio anual benceno
Fuente: Propia

De acuerdo a los resultados, se registraron en el municipio de Bujaraloz, concentraciones de benceno de $0,44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la campaña de verano y concentraciones de $0,49 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la campaña de invierno. Obteniendo un promedio anual de concentración de benceno de $0,47 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

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.

Para la campaña de verano, se tiene una media de $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para NO_2 y $71 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para O_3 . Por su parte, en la campaña de invierno, se tiene una media de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para NO_2 y $53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para O_3 .

13. Conclusiones

La campaña de medición de benceno, ha sido satisfactoria al obtener el 100% de los datos para los días de muestreo programados. Se cumple así con el 14% de cobertura mínima de datos en mediciones indicativas, distribuidas uniformemente a lo largo de todo el año.

En el municipio de Bujaraloz, en la campaña de verano, se registró una concentración de $0,44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de C_6H_6 . Por su parte, en la campaña de invierno, se registró un valor de $0,49 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de C_6H_6 . Determinando así un valor medio anual de benceno de $0,47 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

En el periodo 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 del valor promedio 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.