

Proyecto de Ciencia Ciudadana



# VIGI LANTES DEL CIERZO

Creación de mapas de calidad  
del aire a través de la  
colaboración ciudadana.  
Zaragoza, 2017/2018



# VIGILANTES DEL CIERZO

1. MOTIVACIONES DEL PROYECTO - pág. 3

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO - pág. 4

- \* La plantas de Fresa
- \* La investigación ambiental
- \* Antecedentes

3. ¿QUÉ ES CIENCIA CIUDADANA? - pág. 8

- \* La ciencia ciudadana aplicada a Vigilantes del Cierzo
- \* Metodología utilizada por los ciudadanos

4. RESULTADOS DEL EXPERIMENTO - pág. 12

- \* Descripción del análisis
- \* Proceso
- \* Descripción de los principales resultados
- \* Resultados
- \* Conclusiones del experimento

AGRADECIMIENTOS - pág. 21



# MOTIVACIONES DEL PROYECTO

A todos nos preocupa la calidad del aire que respiramos. Para controlar los parámetros de contaminación habitualmente se utilizan equipos profesionales que recogen datos con mucha precisión y que son analizados por profesionales. En Ibercivis quisimos saber más sobre la calidad del aire de Zaragoza, en concreto sobre un tipo de contaminantes que son los metales pesados en suspensión. También quisimos hacer posible la contribución colaborativa en este tipo de investigaciones, desde nuestras casas y lugares de trabajo.



## DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Las plantas son, a través de sus hojas directamente en contacto con el aire, estaciones de monitorización de la contaminación ambiental. A lo largo del tiempo se acumulan en sus hojas partículas que están presentes en el aire. Aplicando técnicas biomagnéticas podemos identificar qué compuestos están en las hojas y por tanto en el aire. Haciendo un estudio agregado de los datos obtenidos, podremos estudiar la concentración de contaminantes en el aire de Zaragoza.

Estudios previos ya han demostrado que la concentración de metales pesados se correlaciona fuertemente con el volumen de tráfico y con otros agentes como trenes o tranvías. Vigilantes del Cierzo es un proyecto que replica en Zaragoza el proyecto Airbezen de la Universidad de Amberes, fruto de la colaboración entre el profesor Roeland Samson y la Fundación Ibercivis.



## **LAS PLANTAS DE FRESA**

En general la fresa es una planta de cultivo fácil, y puede permanecer en macetas varios años. Es una planta vivaz, herbácea perenne, lo que quiere decir que retoña todos los años de la misma cepa porque sus raíces permanecen siempre vivas, aunque algunas hojas o el tallo parezcan haber muerto.

Su tallo alcanza los 20 cm y podemos encontrar flores en casi cualquier momento del año. Especialmente relevante son sus hojas pilosas, tienen muchos pelitos en los que se adhieren los contaminantes presentes en suspensión en el aire.

En colaboración con Zaragoza Activa se compraron unas 1.000 plantas de fresa ecológicas a través de la empresa colaboradora Hortals, la red huertos ecológicos, sociales y urbanos de Zaragoza.

Las plantas se repartieron a los ciudadanos en diciembre de 2016 en envases de 10,5cm de diámetro. Cada uno de los ciudadanos fue responsable del cuidado de su planta y del envío de hojas de muestra de su planta pasados tres meses desde el reparto. En la sección 3 se explica la metodología correspondiente a la participación ciudadana.

# LA INVESTIGACIÓN AMBIENTAL

Las hojas enviadas por los ciudadanos fueron analizadas en laboratorio por un método de magnetización que permite obtener una medida de cantidad de partículas magnetizables que se han depositado en las hojas. Las partículas magnetizables provienen principalmente de la quema de combustibles fósiles, del desgaste de los discos de freno y otros elementos como las ruedas en los raíles de trenes y tranvías.

Una vez identificadas las partículas de cada muestra, se procedió a analizar la concentración a nivel local para las distintas calles y barrios de Zaragoza, elaborando un mapa de la distribución espacial de la contaminación relacionada con el tráfico en Zaragoza.



Roelan Samson (Foto GVA)

## ANTECEDENTES

El uso de bioindicadores para monitorizar la contaminación ambiental es una técnica que se lleva aplicando durante muchas décadas con diferentes tipos de plantas, algas, líquenes, hongos, invertebrados y vertebrados. En el caso de la contaminación atmosférica, diversos autores han señalado buenos bioindicadores aquellos organismos que presentan sensibilidad a los contaminantes aéreos, una amplia distribución en el territorio en estudio y una gran longevidad.

Vigilantes del Cierzo es una extensión del estudio AirBezen que la Universidad de Amberes realizó en esa ciudad el año 2014. Fruto de la colaboración y del apoyo del profesor Roeland Samson, responsable de AirBezen, quisimos repetir, complementar, escalar y adaptar el proyecto a nuestra ciudad.

Parte de la investigación se ha realizado bajo el proyecto europeo **COST Citizen Science** to promote creativity, scientific literacy, and innovation throughout Europe y de la European Citizen Science Association.

Además de AirBezen, en la propia ciudad de Zaragoza, el investigador Dr. E. Navarro, del Instituto Pirenaico de Ecología del CSIC, realizó durante los años 2010-2011 un estudio titulado “**Las plantas urbanas como indicadores de la contaminación atmosférica**”. Esta investigación, financiada por el Depto. de Ciencia, Tecnología y Universidad del

Gobierno de Aragón, tenía el objetivo de evaluar el uso de las adelfas como herramienta para monitorizar la presencia de determinados contaminantes en el aire de la ciudad de Zaragoza. Más información disponible en el artículo científico publicado o en este documento resumen.



# ¿QUÉ ES LA CIENCIA CIUDADANA?

La ciencia ciudadana se refiere a la participación de cualquier persona con interés, aunque no tenga una certificación académica, en los procesos de investigación. Existen muchos y muy diferentes prácticas de ciencia ciudadana en todo el mundo. En proyectos como Vigilantes del Cierzo los participantes no solo contribuyen, sino que aprenden de la mano de investigadores adquiriendo habilidades científico-técnicas. Este paradigma está cobrando un fuerte impulso por la disponibilidad de tecnologías de bajo coste y la conectividad masiva cada vez más accesible. [En este enlace](#) se puede acceder

al Observatorio de la Ciencia Ciudadana en España, un proyecto de Ibercivis que está visibilizando, catalogando y estudiando los diferentes formatos e impactos que estas prácticas de ciencia colaborativa están teniendo en la sociedad.

## LA CIENCIA CIUDADANA APLICADA A VIGILANTES DEL CIERZO

A diferencia de otros proyectos de ciencia ciudadana en los que la participación colectiva se canaliza a través de la tecnología, en Vigilantes del Cierzo queríamos que cualquier persona pudiera participar sin necesidad de tener conocimientos tecnológicos de ningún tipo. En lugar de solicitar a los participantes el envío de datos a través de una aplicación en el móvil o de una página web, lo que pedimos fue que nos enviaran tres hojitas de la planta, por correo postal, es decir, a la antigua usanza. Las tres hojas debían enviarlas en el sobre franqueado que recibieron junto con la maceta, incluyendo un breve cuestionario cumplimentado con información sobre la exposición de la muestra.

# METODOLOGÍA UTILIZADA POR LOS CIUDADANOS

La metodología que los participantes debían seguir, y que se les proporcionó en fichas en papel, fue la siguiente:

- Acudir al lugar de entrega de macetas y recoger una planta junto con el resto del kit, que incluye un sobre franqueado y la información relevante del proyecto.
- Proporcionarnos la forma elegida de contacto para que podamos contactar con cualquier información relevante para el estudio (teléfono, dirección postal, correo electrónico, redes sociales, etc).
- Aceptar los términos de uso, donde os aseguramos que vuestra información será utilizada exclusivamente con fines científicos y con arreglo a la ley de protección de datos.
- Colocar su planta en el exterior de su vivienda para que permanezca ahí hasta el momento de recortar las hojas que serán enviadas para el estudio. Por las posibles inclemencias del tiempo, se recomienda no situar la planta muy expuesta al cierzo. No añadas abonos o fertilizantes.
- Regar regularmente la planta sin pasarse. A las fresas les gustan los suelos húmedos. Se puede tocar la tierra y notar si está húmeda. Más o menos necesitará unos 33cl de agua a la semana. Se recomienda poner un platito debajo de la maceta y al regarla, deja el agua que se quede en el plato para que la planta absorba lo que necesita. Al regar intentar no echar el agua por encima de las hojas.

- Cuando llegue el momento de recolectar las hojas, desplumar 3 hojas maduras intactas (por ejemplo, que no tengan agujeros o partes muertas), teniendo en cuenta lo siguiente:

- \* Recortar por el tallo las hojas que más tiempo lleven vivas, es decir, no cojáis las hojas nuevas que hayan podido salir poco tiempo antes de la recolección.

- \* Si es posible, seleccionar las hojas que no han sido cubiertas por otras hojas.

- \* En la medida de lo posible no tocar las hojas con las manos, sólo en los tallos de las hojas.

- \* Esperar a que el tiempo esté seco, asegúrese de que las hojas están secas en el momento de la cosecha.

- \* Una vez recortadas las plantas,

- \* Envolverlas en un papel doblado. Cualquier folio de casa sirve.

- \* Meterlas en el sobre franqueado que se suministrada con su información de contacto (nombre y dirección).

- \* Rellenar la hoja de información de perfil de muestra entregada junto con la planta, también disponible en la esta misma página web un poco más abajo.

- Cerrar el sobre y depositarlo en un buzón de Correos.



*Y seguir cuidando y disfrutando de la fresa, es tuya ¡para siempre!*

# 4

## RESULTADOS DEL EXPERIMENTO

Se analizó la cantidad de contaminantes en cada muestra, esto es, en la superficie de cada hoja mediante monitorización biomagnética.

De esta forma podemos investigar acerca de la concentración de particulate matter (PM) en el aire y crear un mapa de la concentración de los contaminantes.

Con PM en nuestro caso nos referimos a partículas aéreas de menos de 10 micrones (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>0.1</sub>).

Normalmente, mediante estaciones de monitorización presentes en nuestras ciudades, las PM se miden de forma continua,

pero debido a la gran irregularidad en la estructura de una ciudad, estas medidas nos dan únicamente indicaciones de un área muy limitada de la ciudad.

Para el análisis de las hojas se usó la técnica SIRM, siglas en inglés correspondientes a *saturation isothermal remanent magnetization*. Esta técnica mide la magnetización remanente o residual que queda tras haber aplicado un campo magnético intenso a un material, estableciendo una relación entre el magnetismo remanente y la cantidad de metales ferromagnéticos presentes en la hoja.

# DESCRIPCIÓN DEL ANÁLISIS

El estudio de las 300 muestras enviadas por los científicos ciudadanos que participaron en el proyecto fue realizado en el mes de abril de 2018 en Amberes, por la investigadora Cristina Hernández Ruiz junto con el Prof. Dr. Roeland Samson, creador del proyecto AirBezeb.

La técnica de análisis SIRM permitió detectar en las hojas de fresa la existencia de partículas ferromagnéticas provenientes de fuentes de contaminación medioambiental, como puede ser el tráfico rodado, fricción de tranvía/tren con los raíles, obras públicas o humo proveniente de la industria.

El **análisis SIRM** posibilita así un estudio cuantitativo y cualitativo de la presencia de estas partículas metálicas, directamente relacionadas con la contaminación ambiental.

De esta forma podemos conocer la calidad del aire de las diferentes áreas urbanas de la ciudad donde había participantes cuidando sus fresas, posibilitando por un lado **una comparativa entre Zaragoza y la ciudad belga de Amberes**, y por otro lado, una comparativa entre diferentes áreas de Zaragoza.



# PROCESO

**Revisión del estado de las 300 muestras que van a ser analizadas.**

Selección de 150 muestras representativas de todas las áreas de Zaragoza.

Preparación de las hojas para el estudio, ordenación y numeración.

## PRIMERA FASE EXPERIMENTAL

Determinación del área de la hoja que va a ser usada. Medición de área con Li-3100C Area Meter (200 muestras).

Fin de la fase experimental, medida del área de las 100 hojas restantes.

Revisión de los fundamentos científicos de la técnica SIRM.

## SEGUNDA FASE EXPERIMENTAL

Magnetización y medida de saturación magnética isoterma remanente (SIRM), para ello se usaron magnetizador y magnetómetro. Medida SIRM de 50 muestras.

Medida SIRM de 150 muestras.

Fin de la segunda fase, medida SIRM de 60 muestras.

## Recolección de datos.

## NORMALIZACIÓN DE LAS MEDIDAS SIRM

Se toman nuevas medidas en las muestras cuestionables.

Reunión para el procesamiento de datos e interpretación de gráficos.

**Análisis comparativo con los datos del proyecto Airbezen desarrollado en Amberes.**

En primer lugar, el área de todas las hojas se midió usando el equipamiento **Li-3100C Area Meter**.

Las hojas se empaquetaron usando cling film, impidiendo el movimiento de las hojas, empaquetándose en un contenedor de 10 cm<sup>3</sup>. Las muestras se magnetizaron mediante un campo de 1T mediante un magnetizador Molspin (10e300mT; Molspin Ltd, UK).

Seguidamente se midió la magnetización remanente usando un magnetómetro Molspin Minispin de alta sensibilidad (wo.1 10<sup>8</sup> A m<sup>2</sup>), recalibrando el equipamiento cada 8 medidas mediante un elemento magnético-estable.

Por último, la medida SIRM se normalizó usando el área de la hoja. Cada valor SIRM se tomó como la media de dos medidas de la misma muestra.



Li-3100C Area Meter.

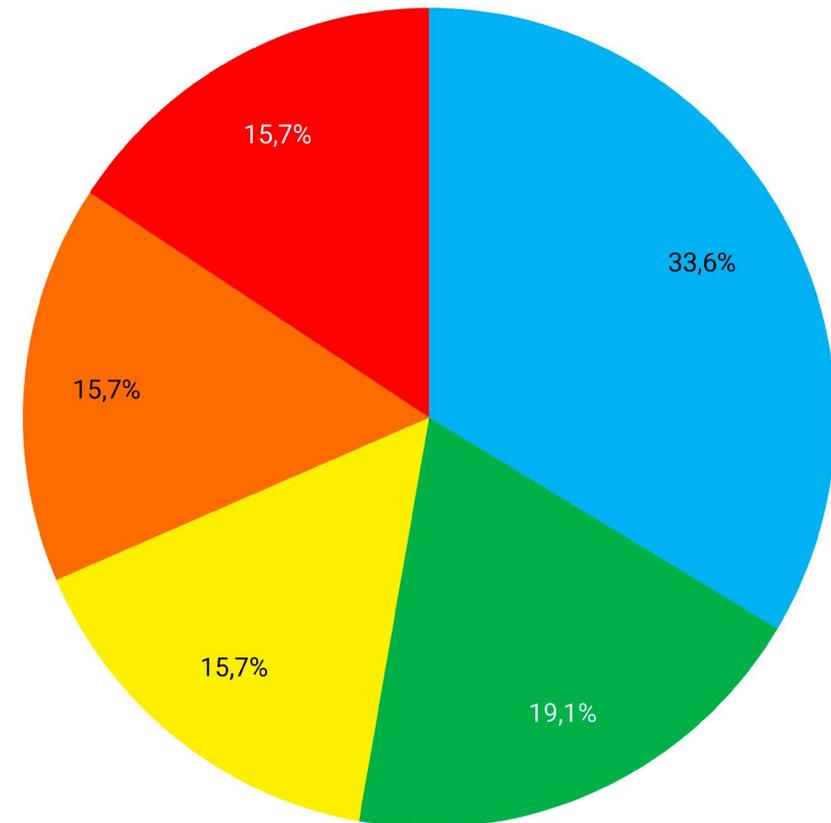
De las 1000 plantas que se repartieron, recibimos hojas de un 30% de la población, y de esas 300 muestras, 265 estaban en condiciones de ser usadas, lo que hace un 26.5% de la muestra inicial.

Este primer gráfico muestra el porcentaje de intensidad SIRM dentro de un rango de valores:

*Las 256 muestras analizadas se clasificaron por su nivel de magnetización:*

## DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES RESULTADOS OBTENIDOS

- 1-32,1 ( $\mu\text{A}$ )
- 32,1 - 47,8 ( $\mu\text{A}$ )
- 47,9 - 68,6 ( $\mu\text{A}$ )
- 68,7 - 107,3 ( $\mu\text{A}$ )
- 107,3-1000 ( $\mu\text{A}$ )



En diversas investigaciones recientes se ha usado la técnica SIRM en hojas para el estudio de partículas contaminantes de la atmósfera. En nuestro proyecto de ciencia ciudadana hemos llevado a cabo la misma metodología. Se muestran a continuación los resultados obtenidos.

## RESULTADOS

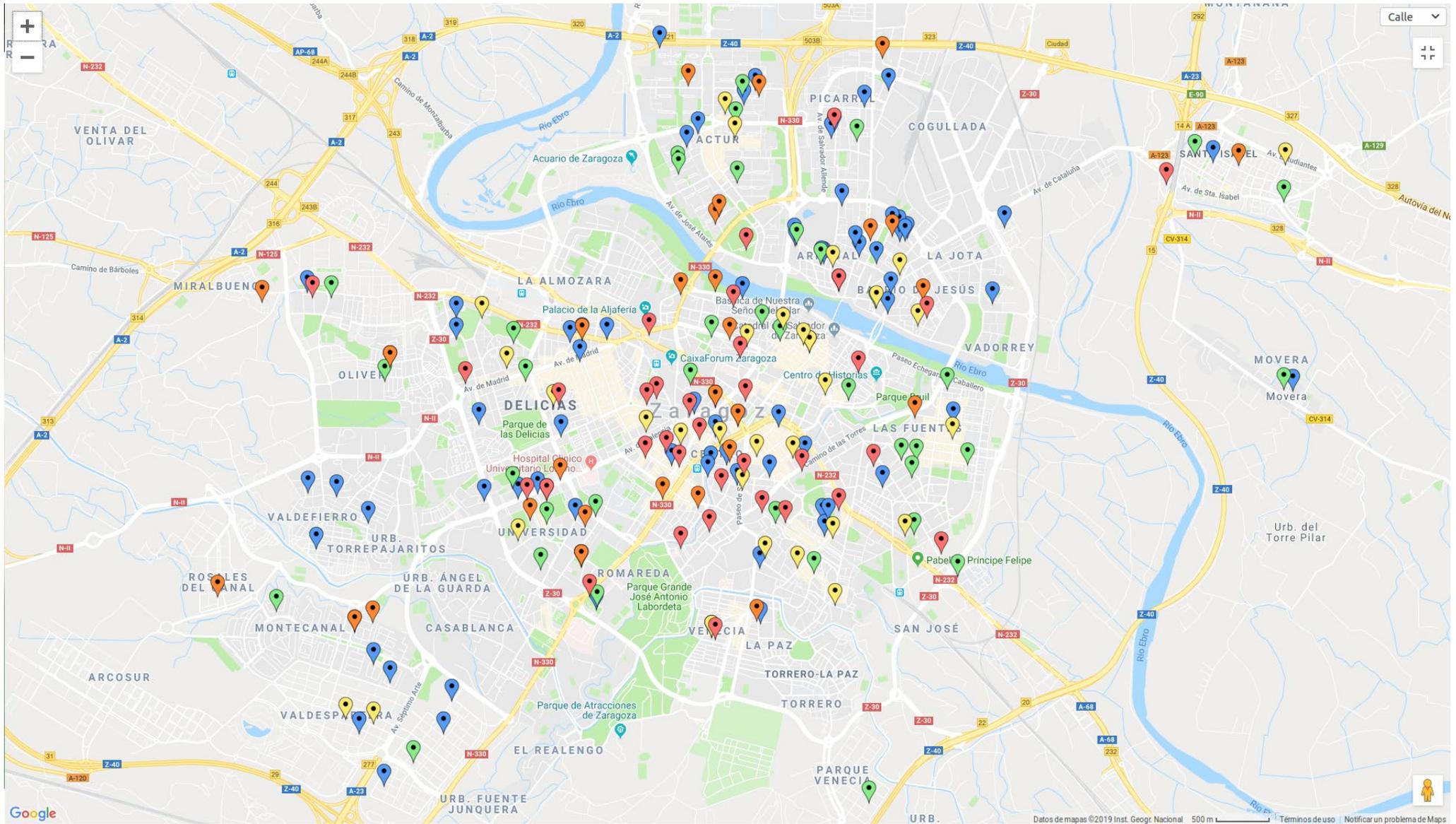
Un 33% de las muestras tenían **valores bajos de magnetización** - en azul. Las muestras con tasas más altas de magnetización - en rojo - representan un 16%.

El **valor medio SIRM fue de 72.55 ( $\mu\text{A}$ )**, siendo el valor más alto 650 ( $\mu\text{A}$ ). En el siguiente mapa vemos la localización de la mayoría de las muestras analizadas de cada uno de los grupos.

*El principal resultado obtenido en este estudio parece reflejar la correlación entre la intensidad de la magnetización y la intensidad del tráfico.*

*Altos valores SIRM muestran una concentración más alta de partículas metálicas magnetizables.*





El mapa nos muestra las diferencias locales en los valores SIRM y, como consecuencia, en la cantidad de partículas contaminantes en el aire. Estas diferencias pueden ser causadas por diferentes motivos:

Se puede observar en el mapa como el área central de la ciudad, donde hay una mayor presencia de tráfico se detecta una presencia más alta de muestras “rojas” y “naranjas”.

En las zonas más expuestas al cierzo y alejadas del centro, podemos observar una mayor presencia de puntos azules, verdes y amarillos. Las áreas rojas y naranjas de las zonas más céntricas corresponden, efectivamente, a calles más protegidas del viento, y por lo tanto con menor dispersión de las partículas presentes en el aire.

Por otro lado, comparando la media de los resultados de Zaragoza (72  $\mu\text{A}$ ) con la media de los obtenidos en la ciudad de

Amberes (200 $\mu\text{A}$ ), observamos un valor medio significativamente más pequeño en Zaragoza.

Aún siendo un valor relativamente esperado - ya que tanto el tráfico rodado en Zaragoza como el número de tranvías es menor que en Amberes, **debemos tomar con precaución esta conclusión a la espera de comparar las metodologías seguidas en ambos experimentos**, considerando la posibilidad de que existan otros parámetros influyentes.



# CONCLUSIONES DEL EXPERIMENTO

**Vigilantes del Cierzo** es un proyecto con una trascendencia mayor de lo que podría parecer a primera vista.

La combinación de la recogida de datos mediante biosensores y la participación ciudadana en esa recolección de los datos de investigación hace que este proyecto cumpla con sus entrelazados objetivos científicos, ambientales, sociales, y cívico-democráticos.

Los resultados específicos más relevantes de este estudio muestran que:

*- En la ciudad de Zaragoza los valores de SIRM son significativamente más altos en áreas con tráfico intenso y en las cercanías del tranvía.*

*De igual modo, es más bajo en áreas alejadas de las mencionadas fuentes y en áreas expuestas al viento.*

*- Respecto de las dos ciudades en las que ha aplicado esta técnica, si bien es cierto que deberán realizarse nuevos estudios, por el momento se confirma el resultado esperable de valores de SIRM más altos - de acuerdo con un mayor volumen de tráfico - en Amberes que en Zaragoza.*

Como resultados generales -y separando aquí aspectos que, lógicamente, se dan de un modo simultáneo- se puede concluir que:

*Desde el punto de vista científico, el análisis SIRM es un técnica adecuada para monitorizar la variación de partículas magnéticas en entornos urbanos.*

*Desde el punto de vista social, usar plantas de fresas cuidadas por los participantes hacen de este proyecto un ejemplo de diversidad e inclusividad de la ciencia ciudadana, al hacer posible la participación de personas muy diversas, tanto en sus capacidades socio-económicas como en sus gustos y aficiones.*

*Queremos también destacar la importancia de este proyecto desde el punto de vista cívico-democrático, subrayando la participación y corresponsabilidad de toda la ciudadanía en el espacio público, y en particular el derecho a acceder al conocimiento así como a generarlo.*

*Además, la colaboración entre diversos centros europeos de investigación ha sido muy útil para intercambiar buenas prácticas y experiencias relacionadas con proyectos de biotecnología, por ejemplo, para abrir wetlabs para la ciencia ciudadana y para explorar acciones conjuntas en el futuro.*

*La gran repercusión mediática de este proyecto en el ámbito local ha sido, sin duda, fruto de la confluencia de todos estos factores que, según parece, la ciudadanía ha sabido - hemos sabido - apreciar.*

# AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, mostramos nuestro más sincero agradecimiento a cada uno de los ciudadanos y ciudadanas de Zaragoza por su magnífica colaboración.

Verdaderamente, sin esa participación ciudadana, la biomonitorización no habría podido realizarse, y mucho menos tal como se ha hecho: con cientos de 'miniestaciones ambientales' mantenidas por cientos de científicas y científicos ciudadanos, barrio por barrio, incluso calle por calle.

Mostramos también nuestro agradecimiento al Ayuntamiento de Zaragoza, a través de Zaragoza Activa, por su colaboración, una vez más, en este como en tantos otros proyectos de Ibercivis y BIFI-Unizar para hacer ciencia ciudadana.

Queremos recordar el impulso y el apoyo recibido por parte de Fermín Serrano, que en su etapa como Director Ejecutivo de la Fundación Ibercivis dio forma a este proyecto y encontró el mejor modo posible de llevarlo a cabo.

Gracias también al apoyo recibido a través de la COST action - CA15212,

financiada en el marco del Programa Europeo Horizonte 2020 para la cooperación europea en ciencia y tecnología.

Dicha acción ha hecho posible la colaboración entre investigadores e investigadoras de las ciudades de Amberes y Zaragoza, en concreto de los centros:

University of Antwerp (UA), Laboratory of Environmental and Urban Ecology,

Department of Bioscience Engineering, Faculty of Science'.



# VIGILANTES DEL CIERZO

[vigilantesdelcierzo.ibercivis.es](http://vigilantesdelcierzo.ibercivis.es)

