



Citizen Science Project on Urban Environment and Health (CitieS-Health)

Cuando la ciudadanía lidera la investigación en
contaminación y salud mental



Protocolo del estudio

Versión 1

26 marzo 2020

Contactos de los investigadores y técnicos de investigación:Instituto de Salud Global de Barcelona (ISGlobal):

Xavier Basagaña (xavier.basagana@isglobal.org)

Rodney Ortiz (rodney.ortiz@isglobal.org)

Raul Toran (raul.toran@isglobal.org)

Florence Gignac (florence.gignac@isglobal.org)

Ideas for Change (IFC):

Valeria Righi (valeriarighi@ideasforchange.com)

Lucia Paz Errandonea (luciaerrandonea@ideasforchange.com)

Giovanni Macconi (giovannimacconi@ideasforchange.com)

Este protocolo es el resultado de un proceso de participación con la ciudadanía de Barcelona. Agradecemos a todas las personas que han participado en las actividades de co-creación, contribuyendo así a la base de este protocolo.

Abreviaciones

dB: Decibeles

DE: Desviación estándar

EVA: Escala visual análoga

IFC: Ideas for Change

NDVI: Índice de vegetación de diferencia normalizada

NO₂: Dióxido de nitrógeno

PM: Partículas finas, del inglés *Particulate Matter*

SNC: Sistema Nervioso Central

TR: Tiempo de reacción

Contenido

Abreviaciones	2
Contenido	3
Introducción	5
A.1) CiteS-Health: un proyecto a escala europea	5
A.2) Un proceso participativo	5
A.3) Antecedentes: contaminación atmosférica y salud mental	5
A.4) Objetivos	8
Metodología	9
B.1) Diseño del estudio	9
B.2) Población de estudio y reclutamiento	9
B.3) Trabajo de campo	9
Nivel de participación 1	10
Nivel de participación 2	11
Nivel de participación 3	12
B.4) Mediciones de salud mental	14
Test cognitivo (Color-word STROOP Task)	14
Preguntas sobre estrés, estado de ánimo y calidad de sueño	15
Cuestionario sobre las últimas 24 horas	16
B.5) Variables de exposición	16
B.6) Variables de estratificación	17
Espacios verdes y espacios azules	17
Ruido del tráfico de vehículos	19
B.7) Análisis estadístico	20
B.8) Cálculo de potencia estadística	21
Aspectos éticos	22
C.1) Hoja informativa y consentimiento informado	25
C.2) Seguridad de los datos	26
C.3) Notas sobre privacidad y ética de la app Ethica Data	27
Referencias	29
Anexos	33
Anexo 1: Materiales para buscar voluntario	33
Anexo 2: Cuestionario para determinar elegibilidad del individuo	34
Anexo 3: Preguntas de base para poder valorar el impacto del estudio en los participantes	35
Anexo 4: Lista de las preguntas en el cuestionario inicial	38

Anexo 5: Ejemplos de cómo el STROOP Test aparecería en el smartphone	40
Anexo 6: Preguntas sobre estrés, estado de ánimo y calidad de sueño como aparecería en el smartphone	41
Anexo 7: Preguntas del cuestionario corto de las últimas 24-horas	42
Anexo 8: Hoja informativa y consentimiento informado	43

A. Introducción

A.1) CitieS-Health: un proyecto a escala europea

El estudio que se describe en este documento forma parte de CitieS-Health, proyecto financiado a través del programa europeo Horizon 2020 de la Unión Europea con el Grant Agreement No 824484, en su categoría de Science with and for Society (SwafS). Participan seis socios de cinco países europeos y está coordinado desde el Instituto de Salud Global de Barcelona (ISGlobal). CitieS-Health tiene como objetivo llevar las preocupaciones ciudadanas en materia de epidemiología ambiental al centro de la agenda de investigación. Tratará de investigar las cuestiones planteadas por los ciudadanos que participen a través de cinco estudios piloto, que se llevarán a cabo en España (Barcelona), Lituania (Kaunas), Italia (Lucca), Eslovenia (Ljubljana) y Países Bajos (Utrecht). Además, CitieS-Health creará modelos de proyectos de ciencia ciudadana con herramientas que después puedan ser aprovechados para que cualquier persona profesional de la ciencia o la ciudadanía, pueda desarrollar su propia investigación científica de manera participativa. Este protocolo presenta el estudio que se implementará en Barcelona, focalizado en la relación entre contaminación atmosférica y salud.

A.2) Un proceso participativo

El estudio que se presenta es el resultado de un proceso participativo que se desarrolló con la ciudadanía de Barcelona a lo largo del 2019 y 2020. El marco del estudio en Barcelona es la relación entre contaminación atmosférica y salud. Partiendo de este marco tan amplio, centenares de ciudadanos han participado en diversas actividades para concretar y definir la pregunta de investigación final, para asegurar que esta responde a los intereses de la propia ciudadanía. En concreto, se realizó un cuestionario online sobre qué temas concretos de salud y contaminación se deberían investigar, con la participación de 488 ciudadanos de Barcelona; una reunión presencial con más de 20 ciudadanos con mesas de debate para analizar los resultados de la encuesta y traducirlas a potenciales preguntas de investigación; una segunda encuesta online para votar la pregunta de investigación final, con la participación de 557 ciudadanos; y otra reunión presencial con XX ciudadanos para discutir el diseño de estudio. Además, se ha hecho pública una versión inicial del protocolo con el fin de recibir comentarios y sugerencias. Toda esa información se ha utilizado para la redacción del protocolo aquí presentado, que se centra en la relación entre salud mental y contaminación atmosférica.

A.3) Antecedentes: contaminación atmosférica y salud mental

En comparación con la gran cantidad de investigaciones que estudian los efectos de la contaminación del aire en la salud respiratoria y cardiovascular, la literatura científica centrada en la influencia de la contaminación del aire

en la salud mental es más reducida. Sin embargo, está creciendo la evidencia de que la exposición a un aire contaminado puede ser neurotóxica (Block et al., 2012; Grandjean & Landrigan, 2014). Los mecanismos biológicos sugeridos para explicar esta relación son que los contaminantes inhalados se depositan en las vías respiratorias y pueden translocarse al sistema nervioso central a través del epitelio olfativo, a través de la barrera hematoencefálica o a través de las aferencias sensoriales que se encuentran en el tracto gastrointestinal (Block et al., 2012). Tanto los estudios epidemiológicos como los estudios en animales han detectado la presencia de partículas procedentes del tráfico en el cerebro (Block et al., 2012). Una vez en el cerebro, se sospecha que las partículas contaminantes son responsables de daño del sistema nervioso central (SNC) al desencadenar neuroinflamación, estrés oxidativo y lesión de la sustancia blanca (Block & Calderón-Garcidueñas, 2009). Aún se necesita más investigación para una mejor comprensión de cómo los componentes específicos de la contaminación del aire son responsables del daño en el SNC.

Siguiendo estos hipotéticos mecanismos biológicos, algunos estudios en las últimas dos décadas han comenzado a centrarse en la asociación entre la contaminación del aire y efectos psicológicos, sugiriendo que la mala calidad del aire puede ser un factor de riesgo para el desarrollo de enfermedades neurológicas (por ejemplo, Alzheimer), de trastornos del estado de ánimo (por ejemplo, depresión) y sus síntomas (por ejemplo, aumento del estrés), así como para déficits cognitivos (por ejemplo, disminución de la capacidad de atención) (Peters et al., 2019; Fans et al., 2020; Suades-González et al., 2015). La mayoría de los estudios que vinculan la calidad del aire y la salud mental son análisis a largo plazo.

La información sobre la asociación entre la exposición a la contaminación del aire a corto plazo (durante días o semanas) y la salud mental sigue siendo insuficiente. A principios de la década de 1970, Lewis et al (1970) informó que la eficiencia mental en adultos disminuía después de que respirasen aire contaminado en las calles de Londres. Otros estudios también indican que la contaminación del aire está relacionada con mayores niveles de estrés percibidos en hombres de edad avanzada (Mehta et al., 2015). Por otro lado, un estudio de Szyszkowicz, Rowe y Colman (2009) encontró que la exposición a la contaminación del aire durante un período de tiempo corto estaba asociada con un aumento de las visitas al departamento de emergencias debido a depresión o a intentos de suicidio. Recientemente, en un estudio de panel de personas mayores sanas (entre 58 y 76 años), la exposición a corto plazo a concentraciones de NO₂ pareció inducir alteraciones en el estado de ánimo (Nuyts et al., 2019). Otro estudio de panel con niños encontró que la exposición reciente a contaminación del aire por PM (el mismo día y hasta 2

días antes) se asociaba con cambios negativos en el comportamiento neurológico (Saenen et al., 2016).

Sunyer et al. 2017, investigador perteneciente a ISGlobal (nuestro instituto), realizó un estudio observacional que fue el primero en investigar la relación entre la exposición a la contaminación del aire y los cambios en la atención a corto plazo (dentro de las 24 horas) de niños de entre 7 y 10 años. Los resultados de las pruebas de atención fueron peores en los días con mayor contaminación del aire, lo que sugiere un posible efecto agudo de la contaminación del aire sobre la atención. Un estudio experimental en 10 adultos detectó cambios en la actividad de la corteza frontal, relacionada con los procesos de atención, 30 minutos después de comenzar la exposición a aire contaminado (Crüts et al., 2008), lo que respalda la hipótesis de que los efectos de la contaminación del aire pueden ocurrir rápidamente. Recientemente, un estudio de cohortes mostró que los niveles elevados de contaminación de PM afectan significativamente la función cognitiva a corto plazo, como la atención selectiva (Shehab & Pope, 2019). A pesar de todos estos hallazgos recientes, la salud mental sigue siendo un tema novedoso en la investigación de la contaminación del aire, donde aún se deben explorar muchas lagunas (Thurston et al., 2017), como los cambios que ocurren en cortos períodos de tiempo en los resultados de salud mental (como el estrés percibido, el estado de ánimo y el rendimiento cognitivo) inducidos por contaminantes atmosféricos específicos.

Barcelona, España, se encuentra entre las ciudades más contaminadas de Europa (Cyrus et al., 2012; Eeftens et al., 2012), con niveles de concentración de contaminantes como NO₂, PM₁₀, PM_{2.5} y ozono por encima de las recomendaciones de la OMS (Rico et al., 2019). La evidencia local emergente sobre los efectos de la contaminación del aire y la salud mental (Sunyer et al., 2017; Vert et al., 2017) hace que esta ciudad sea interesante para realizar un estudio de panel que investigue los efectos a corto plazo de la contaminación del aire sobre las funciones cognitivas, el estado de ánimo y el estrés percibido.

A.4) Objetivos

La pregunta que los investigadores y los ciudadanos desean investigar es: **¿Cómo afecta a la salud mental la combinación de la contaminación atmosférica, ruido y espacios verdes y azules?** A partir de esta pregunta de investigación y de discusiones con grupos de ciudadanos sobre cómo implementarla y hacerla operativa en un estudio con una gran participación, se formularon los siguientes objetivos específicos:

1. Evaluar si existe asociación entre la exposición diaria a contaminación atmosférica y variaciones diarias en atención, velocidad de procesamiento, estrés, estado de ánimo y calidad del sueño.
2. Evaluar si las relaciones entre contaminación atmosférica y las variables de estudio varían en función de la exposición a ruido y a espacios verdes y azules.
3. Evaluar si el tiempo diario pasado en espacios verdes/azules se asocia con variaciones diarias en atención, velocidad de procesamiento, estrés y estado de ánimo.

B. Metodología

B.1) Diseño del estudio

Este es un estudio de panel donde los participantes aportarán medidas repetidas de los mismos parámetros durante 2 semanas distintas. Se contemplan diferentes niveles de participación (Nivel de participación 1 a 3), de manera que en cada nivel se recoge la misma información que el nivel anterior más información extra.

B.2) Población de estudio y reclutamiento

La población diana son los residentes en la ciudad de Barcelona de 18 años o más.

Los criterios de inclusión son:

- Residentes en la ciudad Barcelona.
- Tener 18 o más años de edad.
- Entender catalán o castellano.
- Disponer de un teléfono inteligente para poder contestar los cuestionarios.

Los criterios de exclusión son:

- Diagnóstico de demencia, Alzheimer u otras enfermedades que pueden interferir con las medidas de salud mental debido a que pueden afectar en términos de fiabilidad y cumplimiento.
- Ser disléxico o estar diagnosticados de trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH).

El muestreo no será aleatorio y se reclutarán voluntarios para participar en el estudio a partir de anuncios en las redes sociales y distribución de información a través de las redes de contactos. Los materiales para buscar voluntarios para el estudio se pueden ver en el [Anexo 1](#).

B.3) Trabajo de campo

Los voluntarios accederán a la web del proyecto <https://www.citieshealthbcn.eu/> para ver la hoja informativa y firmar el consentimiento informado. Una vez el voluntario haya firmado el consentimiento informado, se tendrá que descargar la app Ethica Data que servirá de plataforma para la realización del estudio. En la [sección C.2](#) se discute la seguridad de los datos.

Al abrir la aplicación en sus smartphones, primero serán guiados a una sección de cribaje para comprobar que cumplen los criterios de inclusión del estudio ([Anexo 2](#)) y para facilitar confirmar su consentimiento. Sólo podrán participar en el estudio los individuos que cumplan los requisitos para ser elegidos y que acepten el consentimiento. Los participantes no tendrán que visitar un laboratorio de investigación.

La primera tarea será rellenar un pequeño cuestionario que incluirá datos de contacto, nivel de participación en el estudio, preguntas de base para poder valorar el impacto del estudio en su percepción sobre la ciencia ([Anexo 3](#)), y datos socioeconómicos. El cuestionario inicial puede encontrarse en el [Anexo 4](#). También se preguntará por sus preferencias para el tratamiento de sus datos no identificativos (pueden publicarse como datos abiertos de forma anonimizada, ..., licencias,...). Si aceptan, los participantes facilitarán la geolocalización de su domicilio mediante un mapa. El objetivo de obtener estos datos es poder asignar niveles de contaminación atmosférica, acústica y proximidad a espacios verdes o azules al domicilio del participante mediante los mapas existentes.

Este estudio ofrece a los ciudadanos tres niveles diferentes de participación. Como hemos mencionado anteriormente, los participantes tienen que decidir al principio del estudio en qué nivel de participación quieren involucrarse.

Nivel de participación 1

En el nivel de participación 1, se pedirá a los participantes que completen un test cognitivo, la respuesta a tres preguntas sobre estrés, estado de ánimo y calidad de sueño y un pequeño cuestionario durante 2 semanas no consecutivas. El tiempo diario estimado para esas tareas es de 10 minutos. Es preferible empezar el estudio en lunes, aunque será posible empezar cualquier día laboral. Una vez finalizados los primeros 7 días, se dejará una semana de descanso y a la siguiente se volverán a requerir los datos. El objetivo del periodo de descanso es evitar que la prueba resulte demasiado repetitiva y fomente el abandono, y maximizar la diferencia en la exposición a contaminación, ya que se espera que semanas más separadas tengan niveles de contaminación más diferentes. El participante tendrá la posibilidad de posponer el inicio de la segunda semana si prevé que no podrá completar las tareas durante esa semana.

Se pedirá que tarea se realice cada día a la misma hora o en el mismo momento del día, preferiblemente después de cenar o antes de ir a dormir, o en su defecto, después de otra actividad rutinaria que se realice cada día. Para cumplimentar la tarea, el/la participante tendrá que estar en un entorno libre de distracciones. El tiempo estimado que tendrán que destinar a

completar la tarea es de 10 minutos por día. La aplicación enviará un aviso cada día para que facilitar el recordatorio de la tarea.

En concreto, cada día de participación el participante tendrán que completar:

Variables respuesta:

- El test de Stroop de colores y palabras para medir atención selectiva y velocidad de procesamiento.
- Tres preguntas sobre estrés y estado de ánimo (escala visual analógica (EVA)) donde el participante se posiciona en una escala de 0-100)
- Una pregunta sobre la calidad del sueño (EVA de 0-100)

Variables confusoras:

- Preguntas sobre factores en las últimas 24 horas que pueden influenciar los resultados (cuestionario corto).
- Variables meteorológicas del día. En particular, se recogerá la temperatura media del día en grados centígrados, presencia o no de precipitación durante el día y nubosidad a las 7h. Estos datos se obtendrán de la Agencia Catalana de Meteorología.

Se puede encontrar más información sobre el test de Stroop, las preguntas de estrés y estado de ánimo y el cuestionario corto de las últimas 24 horas en la [sección B.4](#).

Nivel de participación 2

En este nivel de participación, se pedirá a los participantes que, además de la información descrita en el nivel de participación 1, compartan su geolocalización mediante el teléfono para tener información de sus rutas y de las localizaciones donde pasan tiempo durante el día. Esta información será cruzada con mapas de contaminación, ruido y espacios verdes/azules. Esto permitirá:

- Estimar medidas personales diarias de contaminación. Podrán repetirse los análisis con estas medidas mejoradas de exposición y comparar los resultados.
- Validar las estimaciones obtenidas con patrones de actividad y mapas frente a las medidas registradas con los tubos de NO₂ (ver nivel de participación 3).

- Estimar medidas personales diarias de exposición a ruido.
- Conocer el tiempo que pasan los participantes cerca de espacios verdes y azules.

También se pedirá a los participantes si pueden compartir la información sobre el número de pasos que realizan a lo largo del día. La app de Ethica Data utiliza el algoritmo estándar de Android e iOS para recopilar el recuento de los pasos realizados. Estos datos permitirán ajustar los modelos de contaminación-salud para esta variable de actividad física. Más concretamente, cada registro de podómetro incluye lo siguiente:

- *Duración*: La duración durante la cual este registro ha recopilado datos, en segundos.
- *Pasos*: El número de pasos dados por el participante durante la duración especificada.

Además, los participantes con iOS también tendrán:

- *Promedio de ritmo activo*: El ritmo promedio del participante, medido en segundos por metro.
- *Cadencia*: La velocidad a la que se toman los pasos, medidos en pasos por segundo.
- *Ritmo*: El ritmo actual del participante, medido en segundos por metro.
- *Distancia*: La distancia estimada (en metros) recorrida por el participante.
- *Pisos subidos*: El número aproximado de pisos que ascendió caminando.
- *Pisos bajados*: El número aproximado de pisos que descendió caminando.

Nivel de participación 3

Además de lo requerido a los participantes en los niveles 1 y 2, el tercer nivel pide a los participantes llevar consigo un captador pasivo de NO₂ durante una semana. Esta información permitirá evaluar las asociaciones con medidas personales (semanales) de contaminación en lugar de con medidas de toda la ciudad. Durante la misma semana contestarán diariamente a los cuestionarios descritos en el nivel de participación 1.

El número de participantes en este nivel estará limitado a 200 por razones presupuestarias.

Los tubos (Gradko International) se entregarán a los participantes junto con las instrucciones de uso. Los tubos se tendrán que mantener en la nevera hasta el día que empiecen a medir. Se empezará a medir la mañana del día que empiecen a contestar el cuestionario diario. Para activar el tubo tendrán que retirar el tapón blanco (Imagen 1). A partir de ahí tendrán que llevar consigo el tubo a todas horas, enganchado a la ropa con un clip que se les suministrará, a la altura del pecho y sin que nada le bloquee la entrada de aire. Cuando los participantes vayan a dormir, idealmente, deberán colgar el tubo a una altura de un metro, para que el aire que el tubo capte sea el mismo que respiran. En casa, si el tubo molesta de algún modo los participantes, lo pueden colgar de un colgador o estantería, etc. Es correcto siempre y cuando el tubo esté en contacto con el aire, así que dejarlo encima de una mesa no es una mejor opción. Para finalizar la medición una semana después, se pedirá a los participantes que devuelvan los tubos a un determinado sitio (aún por concretar). Allí, un experto de ISGlobal o IFC junto al participante cerrará los tubos poniendo el tapón blanco otra vez en el tubo. Al tapar los tubos escribiremos la fecha y la hora. Es también un buen momento para hablar con los participantes y anotar cualquier detalle que pueda afectar o incluso invalidar los resultados de los tubos como el tubo cayó en el suelo una vez, hay suciedad o líquido dentro el tubo, etc. Después, los tubos se pondrán en la nevera portátil.

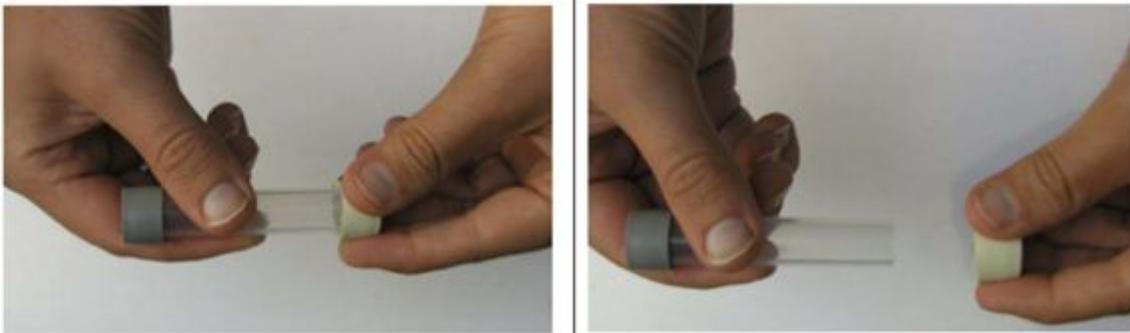


Imagen 1. Puesta a punto del tubo

Los tubos deberán devolverse al laboratorio en un recipiente sellado para ser analizados. Se espera obtener los resultados durante los siguientes 10 días después de ser devueltos al laboratorio. Los resultados presentados en partes por billón (ppb) y microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) para permitir comparaciones con los niveles de referencia utilizado en salud. Podéis encontrar más información respecto los tubos aquí (AEA Energy & Environment, 2008).

B.4) Mediciones de salud mental

Todos los participantes (sea cual sea el nivel de participación) recibirán una alarma diaria en sus teléfonos inteligentes invitándolos a responder una encuesta electrónica a través de la aplicación Ethica data. La encuesta contiene tres secciones:

- (i) Stroop test de colores-palabras
- (ii) Preguntas sobre estrés, estado de ánimo y calidad de sueño.
- (iii) Corto cuestionario de las últimas 24 horas

Test cognitivo (Color-word STROOP Task)

El Stroop test se basará en la prueba Stroop original y se utilizará para evaluar la atención selectiva (control inhibitorio) y la velocidad del procesamiento de información (Stroop, 1935). Este test es usado en muchos estudios en neuroepidemiología ambiental (Shehab & Pope, 2019; Cedeño Laurent et al., 2018). La versión en castellano está validada y hay una versión adaptada en catalán (Golden, 2020; Peña Casanova). Los participantes deben completar este test cada día durante las 2 semanas del experimento. En total, cada participante debe haber completado 14 tests de STROOP antes del final del experimento.

El test incluirá 24 pruebas de colores-palabras con estímulos congruentes, incongruentes y neutros que se muestran en el centro de la pantalla del teléfono inteligente del participante ([Anexo 3](#)). Antes del test, habrá seis ensayos de práctica. Durante el test, cada prueba se presentará en la pantalla con respuestas de opción múltiple que se muestran con cuatro botones que se corresponden con las respuestas azul, rojo, verde y negro, respectivamente. Esta forma de realizar el test STROOP es similar a la ya desarrollada en otros estudios utilizando aplicaciones para móviles (Jongstra, et al., 2017; Bajaj et al., 2013). En las ocho pruebas congruentes, la palabra coincide con el color con el que está escrita la palabra. En las ocho pruebas incongruentes, la palabra no coincide con el color con el que está escrita. En las ocho pruebas neutras (control), la palabra está representada por cadenas de XXXX, por lo que no interfiere con el color de la fuente. En cada prueba, se pedirá a los participantes indicar el color utilizado para escribir la palabra (que no necesariamente coincide con el nombre escrito). Se espera que el participante toque lo más rápido posible el botón que representa el color con el que está escrita la palabra (es decir, azul, rojo, verde y negro).

Para cada prueba, se registrará la respuesta, así como el tiempo de reacción (TR), en milisegundos, que es el tiempo entre la presentación del estímulo (aparición de la palabra) y la respuesta de los participantes (tocando el botón correcto). Del test se pueden obtener diferentes métricas de rendimiento (Cedeño Laurent et al., 2018): (1) la velocidad del procesamiento en las pruebas incongruentes (TR en ms), (2) el rendimiento cognitivo en la prueba incongruente se puede evaluar mediante el promedio diario de respuestas correctas por minuto, y (3) el control inhibitorio se puede calcular como la diferencia entre media diaria del TR en pruebas incongruentes y el TR en pruebas congruentes. Para eliminar el efecto aprendizaje, el resultado de cada métrica para el día i de participación en el estudio se transformará en un z-score restando la media del día i de todos los participantes y dividiéndola por la desviación estándar (DE) del día de todos los participantes. Un aumento en la puntuación z del TR y una disminución en la puntuación z de rendimiento representan un deterioro de la función cognitiva.

Preguntas sobre estrés, estado de ánimo y calidad de sueño

Estas preguntas permiten centrarse en el estado actual del participante y compararlo en diferentes tiempos. En concreto se incluirán cuatro preguntas ([Anexo 4](#)). Dos elementos evaluarán el estado de ánimo del participante utilizando un “Affective Sliders” (AS), similar a la herramienta digital validada compuesta por dos controles deslizantes para una evaluación rápida de la felicidad (triste - contento) y de la agitación (aletargado, adormecido - activo, energético) (Betella & Verschure, 2016). Cada control deslizante mide un solo valor en una escala normalizada continua que varía de 0 a 100 con un valor central igual a 50.

Además, un elemento evaluará el estrés percibido del participante. Este último tendrá que responder la pregunta: *¿Cómo ha sido su nivel de estrés durante el día de hoy?* Los participantes deben responder usando una diapositiva en una EVA de va desde muy bajo a muy alto. Numerosos estudios han utilizado la EVA para evaluar el estrés percibido (Lesage & Berjot, 2011; Dutheil et al., 2012). Además, se ha demostrado la fiabilidad y la validez del uso de una medida de un solo elemento para la medición del estrés y sus factores relacionados (Elo et al., 2003; Postmes et al., 2013; Zimmerman et al., 2006). Los estudios experimentales también han demostrado relaciones significativas entre el nivel de estrés medido por el EVA y parámetros cardiovasculares (p.ej. frecuencia cardíaca) (Hulsman et al., 2010) y niveles de cortisol salival (Hoeger Bement et al., 2010). También, existen correlaciones significativas entre el nivel de estrés mediante la EVA y otras herramientas utilizadas para evaluar el estrés, como la Escala de Estrés Percibido (Lesage & Berjot, 2011).

Finalmente, usando una escala similar, pero valorando de muy mala a muy buena, se evaluará la satisfacción del sueño a través de la pregunta *¿Cómo calificaría la calidad de su sueño anoche? (mala calidad es tener problemas para dormirse, no descansar, despertarse frecuentemente o antes de tiempo)*. Esta pregunta representa un elemento de la Escala de sueño Verran Snyder-Halpern (Snyder-Halpern & Verran, 1987), una escala validada y dirigida a realizar una evaluación subjetiva de la calidad del sueño durante las 24 horas antes de la evaluación.

Cuestionario sobre las últimas 24 horas

La encuesta también incluye preguntas relacionadas con las últimas 24 horas sobre los siguientes factores: consumo de alcohol y drogas, consumo de bebidas energéticas (incluido el café), enfermedad, tiempo pasado frente a una pantalla, actividad física y presencia de un factor estresante (p.ej. malas noticias recibidas) que puede afectar el rendimiento cognitivo, el estrés, el estado de ánimo y/o calidad del sueño ese día ([Anexo 5](#)).

B.5) Variables de exposición

Se calcularán varias variables de exposición para los diferentes análisis o sub-análisis en función del nivel de participación.

Para los participantes con la mínima información (nivel de participación 1) se obtendrá:

- Variable de exposición principal: Concentración media de NO₂ en la ciudad de Barcelona (media de todas las estaciones de medida de la ciudad) las 24 horas anteriores a contestar el test y el cuestionario.
- Otras variables de exposición a contaminación:
 - Concentración media de NO₂ en la estación de medida más cercana al domicilio las 24 horas anteriores a contestar el test y el cuestionario (solo disponible si se han facilitado datos de geolocalización).
 - Concentración de PM_{2,5} del día (media de todas las estaciones de medida de la ciudad) en que se contesta el test y el cuestionario. Al no haber datos horarios no es posible calcularlo para las últimas 24 h.
 - Concentración de PM_{2,5} del día en que se contesta el test y el cuestionario en la estación de medida más cercana al domicilio (solo disponible si se han facilitado datos de geolocalización).

Para los participantes con nivel de participación 2, además, se obtendrá:

- Exposición personal diaria a NO_2 , estimada combinando la concentración del día en las estaciones de medida, mapas de contaminación con el patrón espacial de contaminación de la ciudad y el tiempo pasado en las diferentes localizaciones. Como resultado se tendrá una estimación de exposición personal a NO_2 las 24 horas antes de contestar el test y el cuestionario.
- Exposición personal diaria a $\text{PM}_{2.5}$, estimada combinando la concentración del día en las estaciones de medida, mapas de contaminación con el patrón espacial de contaminación de la ciudad y tiempo pasado en las diferentes localizaciones. Como resultado se tendrá una estimación de exposición personal a $\text{PM}_{2.5}$ el día en el que se responde al test y al cuestionario (la falta de medidas horarias no permite calcularlo para las 24 horas anteriores).
- Total de tiempo pasado a menos de 100 o 500 metros de un espacio verde.
- Total de tiempo pasado a menos de 100 o 500 metros de un espacio azul.
- Total de tiempo pasado en calles con mucho ruido de tráfico ($L_{den} \geq 55$ dB).

Para los participantes con nivel de participación 3, además de los datos de nivel participación 1 y, si aceptan, los del nivel de participación 2, se obtendrá:

- Concentración semanal de NO_2 para cada una de las diferentes semanas de participación, medida con el captador pasivo.

B.6) Variables de estratificación

Espacios verdes y espacios azules

Los espacios verdes serán evaluados utilizando dos medidas y los espacios azules utilizando una medida.

- (Surrounding greenness) Verde alrededor de residencias utilizando el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI)

- El espacio verde será definido basado en el valor medio de NDVI en los 100 m y 500 m a la redonda de la vivienda de los participantes geocodificada según la dirección proporcionada por los participantes en el cuestionario inicial. (En el caso de que solo sepamos en qué distrito vive el participante, podemos usar el valor medio NDVI dentro del distrito.)
- (Access to green and blue spaces) La proximidad de las viviendas (acceso) a los principales espacios verdes y espacios azules utilizando un mapa de coberturas del suelo de Barcelona.

Si los participantes deciden no compartir la dirección de su domicilio, el barrio o distrito donde viven, no es posible estimar el efecto de los espacios verdes o los espacios azules utilizando un valor medio restringido a la totalidad de la ciudad de Barcelona.

Para definir la cantidad de vegetación alrededor de viviendas utilizaremos el NDVI, un indicador de vegetación basado en la reflectancia de la superficie del suelo del espectro visible (rojo) y del infrarrojo próximo (Weier and Herring, 2000). Sus valores van de -1 a 1, a mayor (más positivo) el valor más zona verde (por ejemplo, vegetación activa fotosintética). El índice será derivado de la información por imagen de Landsat 8 de una resolución espacial de 30 m x 30 m. Teniendo en cuenta que queremos tratar de forma distinta espacios verdes y espacios azules, y que los espacios azules (lagos, ríos, estanques...) se caracterizan por tener valores NDVI de 0, vamos a excluir los espacios azules de la evaluación NDVI de zonas verdes. La elección de las zonas evaluadas (en un radio de 100m y 500 m) se basa en los hallazgos de los estudios recientes sobre la asociación entre espacios verdes y la salud mental (McEachan et al., 2018; Amoly et al., 2014). Esta elección también se hizo con información de estudios previos que sugieren que las zonas verdes próximas tienen un efecto beneficioso en la restauración psicológica, mientras que zonas verdes más extensas es probable que está asociada con otros factores como un aumento de la actividad física (Amoly et al., 2014).

Seguiremos la hipótesis que la proximidad a espacios verdes actúa como un proxy para el acceso a espacios verdes (Amoly et al., 2014). Para definir los espacios verdes utilizaremos el mapa de coberturas del suelo de Cataluña de 2009 (Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals, 2013), que está basado en ortofotos con una unidad de mapa mínima de 500m² (0.5ha). Este mapa contiene un total de 241 coberturas, que pueden ser agrupadas en diferentes niveles (Gascón et al., 2018). Para llevar a cabo este estudio, se emplearán tres categorías de espacios verdes: (1) verde agricultura, que incluye cultivos de vegetales y cultivos arbóreos; (2) verde bosque, que incluye *sclerophyllous*, *deciduous* y coníferas; y (3) verde urbano, que incluye

zonas verdes artificiales y zonas boscosas urbanas. Los espacios azules incluyen playas y aguas continentales (lagos, estanques naturales y artificiales, ríos, pantanos, albuferas). Al utilizar las zonas residenciales de los participantes, vamos a calcular las hectáreas de espacio verde y espacio azul presentes a 100 y 500 metros a la redonda, radio utilizado en estudios previos.

Ruido del tráfico de vehículos

La exposición al ruido por tráfico de vehículos se estimará mediante el mapa municipal estratégico de ruido de Barcelona (2012) (Generalitat de Catalunya. Direcció General Ambiental de Qualitat, 2007. Mapa estratègic de soroll del Barcelonès I). Este mapa sigue las directrices que la Agencia Europea Ambiental desarrolló con medidas estandarizadas de ruido, de acuerdo con la Directriz de Ruido Ambiental 2002/49/EC (Comisión Europea).

Estos son mapas a nivel de calle y podemos obtener cuatro índices en decibelios (dB): Los índices L_d , L_e y L_n son niveles sonoros, durante los diferentes períodos: diurno (desde las 7:00 h a las 21:00 h), tarde (de las 21:00 h a las 23:00 h) y nocturno (de las 23:00 h a las 7:00 h de la mañana). Hay también un índice de 24 horas, el L_{den} , que es el nivel equivalente ponderado día-tarde-noche.

Para los participantes con la mínima información (nivel de participación 1) se obtendrá:

- Dado que el ruido tiende a ser más local y direccional en efecto, si los participantes no comparten información sobre al menos el distrito o barrio en el que viven, no es posible un valor promedio para cada cuatro índices de toda la ciudad de Barcelona. Si los participantes solo comparten el vecindario o distrito en el que viven, los mapas a nivel de calle deberán superponerse con el mapa de barrio/distrito de Barcelona. Esto nos dará una exposición promedio a los niveles de ruido del tráfico para cada barrio o distrito.

Para los participantes con nivel de participación 2

- Si los participantes comparten la dirección de su vivienda, podemos asignar a cada participante los niveles de ruido de la calle donde viven. Los cuatro valores índices (dB) de la calle más próxima a la dirección donde vive el participante le serán asignados.

Para los participantes con nivel de participación 3, además de los datos de del nivel de participación 2, se obtendrá:

- Si sabemos por qué calles caminan los participantes, podemos calcular cuánto tiempo pasan en calles con mucho ruido de tráfico. Las calles con altos niveles de ruido por tráfico están identificadas al tener una media de ruido por tráfico día-tarde-noche (Lden) superior a 55 dB (indicadores de contaminación acústica de la UE).

B.7) Análisis estadístico

Para contestar al objetivo 1 se realizarán los siguientes análisis:

1. Relación entre los diferentes z-scores diarios del test de Stroop con la concentración media de NO₂ las 24 horas anteriores utilizando modelos de regresión lineal condicionada, con el identificador del participante como estrato, para controlar las medidas repetidas por participante y estimar sólo asociaciones intra-individuo. Estos modelos estarán ajustados por día de la semana, por las variables de las últimas 24 horas (consumo de alcohol, factores que pueden afectar a la concentración, etc.) que resulten estadísticamente significativas en tests bivariados (en los que se investiga la influencia de la variable Independiente con respecto a la variable dependiente), y por las variables meteorológicas.
2. Relación entre los valores de estrés, estado de ánimo y calidad de sueño con la concentración media de NO₂ las 24 horas anteriores utilizando los mismos modelos que en el punto 1, si la distribución de los residuos se distribuye con una distribución Normal. En caso de que no se cumpla esta hipótesis, se utilizarán modelos de regresión Beta, indicados para variables con valores de 0 a 1 (o de 0 a 100), con una formulación equivalente a la del punto 1.

En todos los casos se evaluará la linealidad de las asociaciones y en caso de no cumplirse se optará por: i) intentar transformar las variables; ii) utilizar splines para modelar relaciones no lineales; o iii) categorizar la exposición, si las demás opciones no consiguen linealizar la asociación. Se realizarán análisis de sensibilidad utilizando las otras métricas de exposición descritas en la sección B.5 para los participantes con nivel de participación 1. Para los participantes con nivel de participación 2, se repetirán los modelos utilizando la estimación de exposición personal a NO₂ y PM_{2.5} en lugar de las otras medidas de exposición. Para los participantes con nivel de participación 3, se realizará un análisis transversal con las variables respuesta el último día de la semana con la concentración semanal de NO₂ obtenida con el captador pasivo.

Para responder al objetivo 2, se repetirán los mismos modelos de regresión lineal condicional descritos para el objetivo 1, incluyendo como factores

adicionales términos de interacción entre la variable de exposición a contaminación atmosférica y indicadores de si el participante vive cerca de espacios verdes o azules y de si vive en una zona con mucho ruido de tráfico o no (variables de estratificación). Los modelos sólo incluirán un término de interacción a la vez. Las variables indicadoras de espacios verdes y azules y ruido de tráfico se categorizarán en dos grupos tomando la mediana como punto de corte. Estos modelos estimarán si el efecto de la contaminación atmosférica en las diferentes variables respuesta varía en función de esas características. Para los participantes con nivel de participación 2, se ajustará los modelos para que que incluya como término de interacción la categorización de la variable porcentaje de tiempo pasado cerca de espacios verdes o azules, estimada mediante los patrones de movilidad y mapas de espacios verdes/azules.

Para responder al objetivo 4, se utilizarán los participantes con nivel de participación 2 y se utilizarán los mismos modelos descritos para el objetivo 1, cambiando la exposición a contaminación atmosférica por el tiempo pasado en espacios verdes/azules. Se explorarán distintos puntos de corte de estas variables para ver si existe un tiempo diario mínimo pasado en espacios verdes/azules que se asocie con mejores puntuaciones en el test de atención y con menores niveles de estrés, más sensación de bienestar y mejor calidad del sueño.

Análisis secundarios: cálculo de la correlación entre las diferentes medidas de exposición, las obtenidas de las estaciones de medición, las que incorporan los patrones de movilidad y la distribución espacial de contaminantes, y las medidas personales obtenidas con los captadores de contaminación pasivos.

B.8) Cálculo de potencia estadística

Para el cálculo de la potencia estadística se han utilizado valores reales de NO₂ de Barcelona de 3 semanas no consecutivas en primavera de 2016 para obtener una variación realística de la variable de exposición (Figura 1). Con estos valores se han realizado simulaciones para calcular la potencia estadística, asumiendo una distribución del test de Stroop con una media de 1417 ms y una desviación estándar de 377 ms (obtenidos de Saenen et al., 2016), un efecto de 50 ms por un aumento de NO₂ equivalente a rango intercuartílico (tomado del mismo estudio), y una correlación intraclase del test de Stroop de 0.7, tomado de la literatura. Con 300 participantes aportando datos durante 14 días, la potencia para detectar el efecto esperado es superior a 99%. Para el análisis de interacción, el estudio tiene una potencia de 85% para detectar un cambio en el efecto de la contaminación de 30 ms comparando los dos grupos. Para el análisis con los participantes

con nivel de participación 3, el análisis transversal de la respuesta al test el último día con la medida semanal de NO₂ tiene una potencia del 80% para detectar una diferencia de 100 ms con 200 participantes.

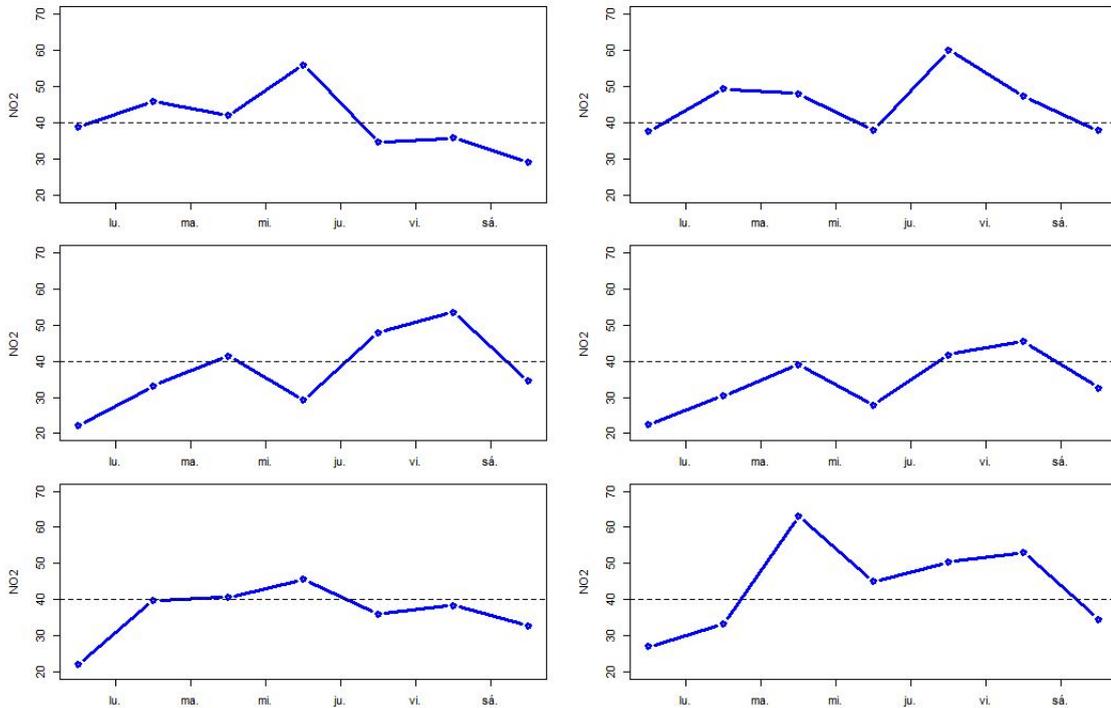


Figura 1. Concentraciones diarias de NO₂ en 6 semanas consecutivas en la primavera de 2016 en Barcelona.

C. Aspectos éticos

Los aspectos éticos del estudio incluyen:

- A. La investigación incluye la participación de seres humanos.
- B. Los voluntarios participan en investigación en ciencias sociales o humanas. Nuestro proyecto investiga el efecto de exposiciones ambientales en variables de salud.
- C. La investigación incluye intervenciones físicas en los participantes. El proyecto incluye la medición de parámetros de salud de forma no

invasiva con cuestionarios, tests cognitivos y monitores del número de pasos (actividad física).

- D. La investigación requiere la recogida y procesamiento de datos personales. El proyecto recogerá datos de contacto (correo electrónico) para recontactar a los participantes.
- E. La investigación recoge datos personales sensibles. El proyecto recogerá datos sobre características personales, variables de salud y estilos de vida.
- F. La investigación incluye la monitorización o observación de participantes. El proyecto seguirá a los participantes durante un periodo de tiempo para valorar la evolución de las variables de salud.
- G. Para los participantes que den su consentimiento a esta parte del estudio, el proyecto recogerá datos de geolocalización durante dos períodos de cinco días. Los participantes pueden apagar su móvil o la función de geolocalización en cualquier momento y volverlo a encender cuando deseen si prefieren que algunos movimientos no queden registrados. También se recogerán datos de actividad física mediante un sensor de pasos del teléfono.
- H. Para los participantes que den su consentimiento a esta parte del estudio, los participantes llevarán consigo un captador pasivo para medir su exposición personal a NO₂ durante tres períodos de cinco días.

En este proyecto no incluye:

- Células madre de embriones humanos.
- Embriones humanos.
- Tejidos o células fetales humanas.
- Individuos o grupos vulnerables.
- Pacientes.
- Células o tejidos humanos.
- Investigación con animales.
- Investigación fuera de la Unión Europea.
- Investigación que usa recursos locales.
- Importación de material de países de fuera de la Unión Europea.
- Exportación de material a países de fuera de la Unión Europea.

ISGlobal está regulado por las leyes y normativas éticas internacionales, de la Unión Europea y nacionales y todas se aplicarán en el proyecto. Además, el proyecto conoce y aplicará las siguientes guías y códigos:

- Carta de los Derechos Fundamentales de la UE;
- Convenio Europeo de Derechos Humanos y sus protocolos suplementarios;
- El Código de Nuremberg (1946) aborda el consentimiento voluntario y la forma de actuar;
- La Declaración revisada de Helsinki en su última versión de 2013;
- Convenio del Consejo de Europa sobre Derechos Humanos y Biomedicina de 4 de abril de 1997 (Convenio de Oviedo), y su protocolo adicional sobre investigación biomédica (2005);
- Recomendación CM / Rec (2016) 6 sobre investigación sobre materiales biológicos de origen humano adoptada por el Comité de Ministros del Consejo de Europa;
- La Ley Española de Investigación Biomédica (14/2007, de 3 de julio) que regula la investigación biomédica en España.
- El Reglamento (UE) 2016/679 (GDPR) sobre la protección de las personas físicas con respecto al tratamiento de datos personales y

sobre la libre circulación de estos datos y su implementación a nivel de los Estados miembros, en vigor desde el 25 de mayo de 2018, y las implementaciones posteriores a nivel de los Estados miembros;

- Código de prácticas sobre uso secundario de datos médicos en proyectos de investigación científica, 2014.
- Convención de las Naciones Unidas sobre los Derechos del Niño (1990);
- La Declaración de Nuevo Brunswick: una Declaración sobre ética, integridad y gobernanza de la investigación resultante de la 1ra Cumbre de la ruptura de la ética, Fredericton, Nuevo Brunswick, Canadá (2013)
- El Código de Respeto se centró en la investigación socioeconómica (<http://www.respectproject.org>)
- El Código de Ética de la Asociación Española de Sociología proporciona directrices para la investigación social, que son las mismas que las del Código de Ética de la Asociación Internacional de Sociología (<http://www.isa-sociology.org/en/about-isa /código ético/>).
- El Código de conducta europeo para la integridad de la investigación, edición revisada, por ALLEN - Todas las academias europeas 2017
- Diez principios de Ciencia Ciudadana de la Asociación Europea de Ciencia Ciudadana (ECSA) (https://ecsa.citizen-science.net/sites/default/files/ecsa_ten_principles_of_citizen_science.pdf)
- Los científicos de ISGlobal se autoregulan por el Código de Buenas Prácticas Científicas (http://www.prbb.org/system/uploads/attachment/file/3/en/eng_a4.pdf).

C.1) Hoja informativa y consentimiento informado

Para poder participar en el estudio los voluntarios deberán haber leído la hoja informativa y firmar el consentimiento informado digitalmente. Los modelos de hoja informativa y consentimiento informado para adultos se pueden encontrar en el Anexo 8.

- El consentimiento asegura que la difusión de los datos individuales depende de la decisión del participante.

- El participante siempre puede cambiar su opinión en el curso del estudio por cualquier motivo en cualquier momento sin penalización o pérdida de los beneficios a los que tiene derecho.
- Los datos se destruirán a petición de los participantes si no desean que sus datos se utilicen en investigaciones posteriores después de la finalización del estudio. Los detalles sobre la posibilidad de que los participantes soliciten la eliminación de sus datos codificados del estudio se incluirán en el formulario de información de consentimiento informado.

C.2) Seguridad de los datos

Se tomarán medidas para asegurar la protección y la confidencialidad de los datos, de acuerdo con la Regulation (EU) 2016/679 para la protección de personas con respecto al procesamiento y movimiento de datos personales, y a la implementación nacional de protección de datos. Además, ISGlobal tiene sus propias políticas internas de protección de datos personales.

Los procedimientos generales incluidos en el protocolo para proteger la privacidad de los sujetos de estudio son:

- Se obtendrá consentimiento informado de todos los participantes del estudio para poder utilizar sus datos.
- Todos los materiales obtenidos durante el proyecto (datos de cuestionarios y sensores) serán identificados con un código. El nombre y/o cualquier información personal que pueda llevar a identificar a un participante nunca será indicado. Este identificador único será utilizado para conectar todos los datos del estudio. El fichero que une el código identificador con los datos identificativos personales se guardará en un fichero protegido con contraseña y con acceso limitado.
- Los archivos de análisis se almacenarán en computadoras sin los identificadores personales.
- Todos los ficheros que contengan datos personales se guardarán en ficheros encriptados y protegidos por contraseña. El acceso a estos ficheros será limitado a personal autorizado del proyecto;
- Solo investigadores del proyecto tendrán acceso a los datos personales. Los participantes sabrán a través de los consentimientos informados quién tiene acceso a sus datos, el nombre del responsable y el personal y su cargo.

- Los resultados del proyecto se darán de forma agregada. No habrán nombres de individuos en ningún informe publicado por el proyecto.
- Todo el personal del proyecto será formado en la importancia de la confidencialidad de los datos individuales y tendrán que firmar un formulario de confidencialidad.
- Los procedimientos para unificar todos los datos provenientes de los estudios de las ciudades del proyecto CitieS-Health, si es necesario, se acordarán con los ciudadanos. Revisaremos cómo se implementará el GDPR a nivel de los Estados miembros para cumplir con los diferentes requisitos para el almacenamiento de datos.

C.3) Notas sobre privacidad y ética de la app Ethica Data

Cumplimiento GDPR de los datos de Ethica: Ethica, como procesador de datos que es, cumple con las regulaciones de GDPR. Actualmente varias instituciones europeas tienen acuerdos de controlador y/o procesador de datos con Ethica. La política de privacidad de Ethica y la arquitectura general del sistema están configuradas para cumplir con los requisitos de GDPR:

- **Consentimiento inequívoco del participante:** el software requiere un formulario de consentimiento. Se requiere el formulario de consentimiento para especificar, entre otras cosas, (1) cuál es el propósito del estudio (2) cuáles son los riesgos o beneficios potenciales para usted como participante (3) qué tipo de datos se están recopilando (cada uno denominado fuente de datos) (4) cómo se manejarán los datos y quién tendrá acceso a los mismos (5) cómo puede contactar con el investigador (6) cuál es el proceso a seguir para dejar de participar en el estudio.
- **Procesamiento adicional fuera de lo mencionado en el formulario de consentimiento:** Ethica no realiza ningún procesamiento de los datos recopilados para un estudio determinado. Este formulario de consentimiento se presentará a los participantes antes de unirse a un estudio, y deberán aceptarlo antes de poder participar.
- **Derecho de los participantes a acceder a sus datos:** Ethica proporciona a cada participante una cuenta en línea. Las credenciales de esa cuenta son las mismas que se usaron para registrarse en la aplicación Ethica. Para acceder a sus datos, los participantes pueden iniciar sesión en su cuenta en línea en el sitio web de Ethica en cualquier momento.
- **Derecho del participante a eliminar sus datos:** Ethica permite a los participantes eliminar todos o parte de sus datos directamente a través

de su cuenta en línea. Si el participante no tiene suficientes habilidades técnicas para usar esta opción, Ethica ofrecerá asistencia.

- **Portabilidad de datos:** en cualquier estudio de Ethica los participantes pueden contactar con el equipo de soporte de Ethica y solicitar una copia de sus datos. Se le proporcionará un archivo 'machine-readable' que contiene todos sus datos recopilados.
- **Almacenamiento y flujo de datos:** Ethica almacena todos los datos en servidores ubicados físicamente en Canadá. Todos los empleados y el personal de soporte de Ethica también se encuentran en Canadá, por lo tanto, los datos no se transmiten a ningún país que no sea Canadá, que es un país que brinda una protección de datos adecuada según la Comisión de Protección de Datos de la UE.

Referencias

AEA Energy & Environment (2008). Diffusion Tubes for Ambient NO₂ Monitoring: Practical Guidance for Laboratories and Users. ED48673043. Issue 1a.
https://laqm.defra.gov.uk/documents/0802141004_NO2_WG_PracticalGuidance_Issue1a.pdf

Amoly E, Dadvand P, Fornes J, et al. Green and blue spaces and behavioral development in Barcelona schoolchildren: the BREATHE project. *Environ Health Perspect.* 2014

Bajaj JS, Thacker LR, Heuman DM, et al. The Stroop smartphone application is a short and valid method to screen for minimal hepatic encephalopathy. *Hepatology.* 2013;58(3):1122–1132. doi:10.1002/hep.26309

Betella A, Verschure PFMJ (2016) The Affective Slider: A Digital Self-Assessment Scale for the Measurement of Human Emotions. *PLOS ONE* 11(2): e0148037.

Block ML, Elder A, Auten RL, Bilbo SD, Chen H, Chen JC, et al. 2012. The outdoor air pollution and brain health workshop. *Neurotoxicology* 33 (5): 972–984.

Block ML, Calderón-Garcidueñas L. Air pollution: mechanisms of neuroinflammation and CNS disease. *Trends Neurosci.* 2009;32(9):506–516.

Cedeño Laurent JG, Williams A, Oulhote Y, Zanobetti A, Allen JG, et al. (2018) Reduced cognitive function during a heat wave among residents of non-air-conditioned buildings: An observational study of young adults in the summer of 2016. *PLOS Medicine* 15(7): e1002605.

Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals, 2013
<https://www.creaf.uab.es/mcsc/esp/rasters4.htm>

Crüts B, van Etten L, Törnqvist H, et al. Exposure to diesel exhaust induces changes in EEG in human volunteers. *Part Fibre Toxicol.* 2008;5:4.

Cyrys J, Eeftens M, Heinrich, J, Ampe C, Armengaud A., et al. Variation of NO₂ and NO_x concentrations between and within 36 European study areas: results from the ESCAPE study. *Atmosph. Environ.* 2012, 62, 374–90.

Dutheil F, Boudet G, Perrier C, et al. JOBSTRESS study: comparison of heart rate variability in emergency physicians working a 24-hour shift or a 14-hour night shift—a randomized trial. *Int J Cardiol.* 2012;158(2):322–325.

Eeftens M, Tsai M, Ampe C, Anwander B, Beelen R, et al. Spatial variation of PM_{2.5}, PM₁₀, PM_{2.5} absorbance and PM_{coarse} concentrations between and within 20 European study areas and the relationship with NO₂—results of the ESCAPE project. *Atmosph. Environ.* 2012, 62, 303–17.

Elo AL, Leppänen A, Jahkola A. Validity of a single-item measure of stress symptoms. *Scand J Work Environ Health*. 2003;29(6):444–451.

Fan SJ, Heinrich J, Bloom MS, et al. Ambient air pollution and depression: A systematic review with meta-analysis up to 2019. *Sci Total Environ*. 2020;701:134721.

Gascon M, Sánchez-Benavides G, Dadvand P, et al. Long-term exposure to residential green and blue spaces and anxiety and depression in adults: A cross-sectional study. *Environ Res*. 2018;162:231–239.

Golden, C. J. (2020). STROOP. Test de Colores y Palabras – Edición Revisada (B. Ruiz-Fernández, T. Luque y F. Sánchez-Sánchez, adaptadores). Madrid: TEA Ediciones.

Grandjean P, Landrigan PJ. Neurobehavioural effects of developmental toxicity. *Lancet Neurol*. 2014;13(3):330–338.

Hoeger Bement M, Weyer A, Keller M, Harkins AL, Hunter SK. Anxiety and stress can predict pain perception following a cognitive stress. *Physiol Behav*. 2010;101(1):87–92.

Hulsman RL, Pranger S, Koot S, Fabriek M, Karemaker JM, Smets EM. How stressful is doctor-patient communication? Physiological and psychological stress of medical students in simulated history taking and bad-news consultations. *Int J Psychophysiol*. 2010;77(1):26–34.

Jongstra S, Wijsman LW, Cachucho R, Hoevenaar-Blom MP, Mooijaart SP, Richard E. Cognitive Testing in People at Increased Risk of Dementia Using a Smartphone App: The iVitality Proof-of-Principle Study. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2017;5(5):e68. Published 2017 May 25. doi:10.2196/mhealth.6939

Lesage FX, Berjot S. Validity of occupational stress assessment using a visual analogue scale. *Occup Med (Lond)*. 2011;61(6):434–436.

Lewis J, Baddeley AD, Bonham KG, Lovett D. Traffic pollution and mental efficiency. *Nature*. 1970;225(5227):95–97.

McEachan RRC, Yang TC, Roberts H, et al. Availability, use of, and satisfaction with green space, and children's mental wellbeing at age 4 years in a multicultural, deprived, urban area: results from the Born in Bradford cohort study. *Lancet Planet Health*. 2018;2(6):e244–e254.

Mehta AJ, Kubzansky LD, Coull BA, et al. Associations between air pollution and perceived stress: the Veterans Administration Normative Aging Study. *Environ Health*. 2015;14:10.

Nuyts A, Nawrot TS, Scheers A, Nemery B, Casa L. Air pollution and self-perceived stress and mood: A one-year panel study of healthy elderly persons. *Environ Research*. 2019; 177:108644.

Peña Casanova J, ADAPTACIÓ CATALANA I NORMALITZACIÓ D'INSTRUMENTS NEUROPSICOLÒGICS EN CATALÀ

<https://statics.ccma.cat/webs/tv3/marato/simposiums/marato2019/memoria/cat/DrPeña.pdf>

Peters R, Ee N, Peters J, Booth A, Mudway I, Anstey KJ. Air Pollution and Dementia: A Systematic Review. *J Alzheimers Dis*. 2019;70(s1):S145–S163.

Postmes T, Haslam SA, Jans L. A single-item measure of social identification: reliability, validity, and utility. *Br J Soc Psychol*. 2013;52(4):597–617.

Rico M, Font L, Arimon J, Marí M, Gómez A. Informe qualitat de l'aire de Barcelona, 2018. Agència de Salut Pública de Barcelona. 2019 Available online: https://www.aspb.cat/wp-content/uploads/2019/09/Informe_qualitat-aire-2018.pdf (accessed on 27 November 2019).

Saenen ND, Provost EB, Viaene MK, et al. Recent versus chronic exposure to particulate matter air pollution in association with neurobehavioral performance in a panel study of primary schoolchildren. *Environ Int*. 2016;95:112–119.

Shehab MA, Pope FD. Effects of short-term exposure to particulate matter air pollution on cognitive performance. *Sci Rep* 9, 8237 (2019).

Snyder-Halpern R, Verran JA. Instrumentation to describe subjective sleep characteristics in healthy subjects. *Res Nurs Health*. 1987;10(3):155–163.

Stroop J. Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*. 1935;18(6):643–62.

Suades-González E, Gascon M, Guxens M, Sunyer J. Air Pollution and Neuropsychological Development: A Review of the Latest Evidence. *Endocrinology*. 2015;156(10):3473–3482.

Sunyer J, Suades-González E, García-Esteban R, Rivas I, Pujol J, Alvarez-Pedrerol M, Forns J, Querol X, Basagaña X. Traffic-related Air Pollution and Attention in Primary School Children: Short-term Association. *Epidemiology*. 2017; 28 (2): 181–189.

Szyszkowicz M, Rowe BH, Colman I. Air pollution and daily emergency department visits for depression. *Int J Occup Med Environ Health*. 2009;22(4):355–362.

Thurston GD, Kipen H, Annesi-Maesano I, et al. A joint ERS/ATS policy statement: what constitutes an adverse health effect of air pollution? An analytical framework. *Eur Respir J*. 2017;49(1):1600419.

Vert C, Sánchez-Benavides G, Martínez D, et al. Effect of long-term exposure to air pollution on anxiety and depression in adults: A cross-sectional study. *Int J Hyg Environ Health*. 2017;220(6):1074–1080.

Weier, J. and Herring, D. (2000) Measuring Vegetation (NDVI & EVI). NASA Earth Observatory, Washington DC.

Zimmerman M, Ruggero CJ, Chelminski I, et al. Developing brief scales for use in clinical practice: the reliability and validity of single-item self-report measures of depression symptom severity, psychosocial impairment due to depression, and quality of life. *J Clin Psychiatry*. 2006;67(10):1536–1541.

<https://learn.ethicadata.com/privacy/>

Anexos

Anexo 1: Materiales para buscar voluntarios

Anexo 2: Cuestionario para determinar elegibilidad del individuo

- ¿Es residente en la ciudad de Barcelona?
 - Sí
 - No

- ¿Tiene 18 años o más?
 - Sí
 - No

- ¿Entiende catalán o castellano?
 - Sí
 - No

- ¿Tiene un diagnóstico de demencia, Alzheimer u otras enfermedades neurológicas?
 - Sí
 - No

- ¿Tiene dislexia o TDAH?
 - Sí
 - No

Anexo 3: Preguntas de base para poder valorar el impacto del estudio en los participantes

Este cuestionario se contesta una única vez.
Por favor, responde de la manera más honesta posible.

Conocimientos científicos y conciencia de la contaminación del aire y la salud

<p>Responda la siguiente pregunta utilizando una escala tipo Likert de cinco puntos, desde Totalmente en desacuerdo hasta Totalmente de acuerdo.</p> <p>1- Totalmente en desacuerdo 2- En desacuerdo 3- Neutral 4- De acuerdo 5- Totalmente de acuerdo</p>	
Tengo un gran interés en la investigación científica.	1 2 3 4 5
Cuando escucho o leo el término 'epidemiología ambiental', entiendo claramente lo que significa.	1 2 3 4 5
Puedo explicar en general los mecanismos biológicos detrás de los efectos de la contaminación del aire en la salud mental.	1 2 3 4 5
Podría decir los lugares de Barcelona en donde el nivel de contaminación del aire tiende a ser alto o bajo.	1 2 3 4 5

Habilidades en investigación científica

<p>Responda las siguientes preguntas utilizando una escala tipo Likert de cinco puntos, desde poco confiado hasta muy confiado.</p> <p>1 - Nada confiado 2 - Ligeramente confiado 3 - Neutral 4 - Confiado 5- Muy confiado</p>
--

Mi habilidad para comunicar a otras personas la información científica que he aprendido o descubierto.	1 2 3 4 5
Mi habilidad para usar herramientas de recopilación de datos para obtener información que quiero saber.	1 2 3 4 5
Mi capacidad para analizar e interpretar los datos una vez recopilados.	1 2 3 4 5

Comportamiento

Responda la siguiente pregunta utilizando una escala tipo Likert de cinco puntos, desde Totalmente en desacuerdo hasta Totalmente de acuerdo. 1- Totalmente en desacuerdo 2- En desacuerdo 3- Neutral 4- De acuerdo 5- Totalmente de acuerdo	
Tiendo a leer artículos de periódicos , libros, blogs, etc. relacionados con la ciencia para mantenerme informado sobre nuevas evidencias científicas.	1 2 3 4 5
Cuando es posible, trato de usar otros medios de transporte que no sean el automóvil.	1 2 3 4 5

Motivaciones y Expectativas

¿Qué te ha motivado a participar en este estudio?	Pregunta abierta
¿Qué expectativas tienes sobre este estudio?	Pregunta abierta

Preguntas “post” para poder valorar el impacto del estudio en los participantes.

Este cuestionario se contesta una única vez.
Por favor, responde de la manera más honesta posible.

- se cumplieron tus expectativas?

- recomendaría a un amigo de participar en este proyecto
- Ha participado en alguno de los actos presenciales del proyecto?
- Ha participado en alguna de las encuestas del proyecto?
- Ha seguido la web del proyecto?

Anexo 4: Lista de las preguntas en el cuestionario inicial

1. Con qué género se siente más identificado:
 - Mujer
 - Hombre
 - Otra respuesta

2. Fecha de nacimiento
 - año

3. ¿En qué distrito de Barcelona vive?
 - Eixample
 - Gràcia
 - Sant Martí
 - Sants-Montjuïc
 - Ciutat Vella
 - Horta-Guinardó
 - Sarrià Sant-Gervasi
 - Sant Andreu
 - Nou Barris
 - Les Corts

4. ¿Cuál es su nivel más elevado de estudios realizados?
 - Primario o menos
 - Bachillerato
 - Universitario

5. ¿ Trabaja y/o estudia en el dominio de las ciencias de la vida (medicina, biomedicina, biología, etc.) o del medio ambiente ?
 - Sí ¿en qué? _____
 - No

6. ¿ Fuma o vives con alguien que fuma?
 - Sí
 - No

7. ¿En qué nivel de participación le gustaría participar?
 - Nivel 1** : Se pedirá solamente a los participantes que completen un test cognitivo, la respuesta a tres preguntas sobre estrés, estado de ánimo y calidad de sueño y un pequeño cuestionario durante 2 semanas no consecutivas (tiempo estimado: 10 minutos por día).
 - Nivel 2** : Se pedirá a los participantes que, además de la información descrita en el nivel de participación 1, compartan su geolocalización mediante el teléfono para tener información de sus rutas y de las localizaciones donde pasan tiempo durante el día, y/o su número de pasos (actividad física) estimados con el GPS del teléfono.

- ❑ **Nivel 3** : Además de lo requerido a los participantes en los niveles 1 y 2, el tercer nivel pide a los participantes llevar consigo un tubo que monitorea la exposición a la contaminación del aire (NO₂) durante una semana, para así obtener valores más precisos e individuales.

Anexo 5: Ejemplos de cómo el STROOP Test aparecería en el smartphone



(a)

(b)



(c)

(d)

(e)

(a) Instrucciones para el test de STROOP **(b)** Ejemplo de la prueba, **(c)** STROOP Test prueba incongruente, **(d)** prueba congruente y **(e)** prueba neutral

Anexo 6: Preguntas sobre estrés, estado de ánimo y calidad de sueño como aparecería en el smartphone



Preguntas sobre estrés, estado de ánimo y calidad de sueño

Antes de responder las preguntas, asegúrese que está en un ambiente relajado y sin distracciones

EMPEZAR



Preguntas sobre estrés, estado de ánimo y calidad de sueño

Mueva el control deslizante para responder las cuatro preguntas

OK!



Preguntas sobre estrés, estado de ánimo y calidad de sueño

Durante el día de hoy cómo te has sentido?


Triste




Contento


Aletargado, Adormecido




Activo, Energético



Preguntas sobre estrés, estado de ánimo y calidad de sueño

¿Cómo ha sido su nivel de estrés durante el día de hoy ?



Muy bajo
Muy alto



Preguntas sobre estrés, estado de ánimo y calidad de sueño

¿Cómo calificaría la calidad de su sueño anoche?



Muy mala
Muy buena



Preguntas sobre estrés, estado de ánimo y calidad de sueño

Ha habido alguna circunstancia externa que le distrajese durante el test?

(Por ejemplo, alguien ha entrado en la habitación, llamada telefónica, etc.)

Sí

No

(a)

(b)

(c)

(d)

(e)

(f)

(a) Instrucciones 1 **(b)** Instrucciones 2 **(c)** ‘Affective Sliders’ para Felicidad (de Triste a Contento) y para Agitación (de Aletargado/Adormecido a Activo/Energético) **(d)** Ítem evaluando el nivel de estrés percibido utilizando un control deslizante de muy bajo a muy alto **(e)** Ítem evaluando la calidad del sueño utilizando un control deslizante de muy mala a muy buena. **(f)** Pregunta extra

Anexo 7: Preguntas del cuestionario corto de las últimas 24-horas

Preguntas En las últimas 24 horas ...	Respuestas
¿Ha hecho ≥ 30 minutos de actividad física (p.ej. caminar, bicicleta, etc.)?	Sí / No
¿Ha estado en frente del ordenador más de cinco horas?	Sí / No
¿Cree que ha seguido una dieta sana, tipo mediterránea, rica en frutas y verduras y muy baja en grasas saturadas, fritos, sal y azúcar?	Sí / No
¿Ha bebido alcohol?	Sí / No
¿Ha tomado drogas?	Sí / No
¿Ha bebido algún tipo de bebida energética? (p.ej. café, red bull, etc.)?	Sí / No
¿Se ha sentido enfermo? (p.ej. dolor de cabeza, dolor de barriga, resfriado, alergias)	Sí / No
¿Se le ocurre algún otro factor que pueda haber tenido una influencia en tu rendimiento en el anterior test o en tu nivel de estrés, estado de ánimo y calidad de sueño? (Por ejemplo, haber recibido malas noticias, tener una fecha límite para un trabajo, etc.)	Sí/No

Anexo 8: Hoja informativa y consentimiento informado