

INFLUENCIA DE LA ALTURA, LA DISTANCIA DE LOS TUBOS A LA CALLE, LA ANCHURA DE LA CALLE, EL TRÁFICO Y LA DENSIDAD DE VEHÍCULOS SOBRE LA CONCENTRACIÓN DE NO₂

Proyecto fin de carrera de Ciencias Ambientales

Roser Torres Altisent

Directores: Nino Künzly y Maria Sala Serra

3 de julio, UAB (Bellaterra)

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	
1.1. Epidemiología ambiental	3
1.2. Atmósfera y contaminación atmosférica	4
1.2.1. Dióxido de nitrógeno: características y variables asociadas	5
1.3. REGICOR	7
1.4. REGICOR 2000-AIR	8
2. JUSTIFICACIÓN	9
3. OBJETIVOS	9
4. MATERIALES Y MÉTODOS	
4.1. Diseño del estudio	9
4.2. Selección y localización de los puntos de muestreo de NO ₂	10
4.3. Obtención de la información	14
4.4. Técnica de medida	14
4.5. Descripción de las variables utilizadas	15
4.6. Análisis de los datos	16
5. RESULTADOS	
5.1. Descripción de las variables utilizadas	18
5.2. Comparación entre las campañas 1 y 5	20
5.3. Comparación entre las ciudades de Girona y Salt	21
5.4. Correlaciones lineales entre las distintas variables	22
5.5. Regresiones bivariantes entre NO ₂ y cada una de las variables	22
5.6. Regresión multivariante	23
5.7. Análisis de sensibilidad	25
6. DISCUSIÓN	
6.1. Conclusiones principales	27

6.2. Limitaciones	29
6.2.1. Limitaciones en la obtención de los datos de [NO ₂]	29
6.2.2. Limitaciones en la obtención de los datos de las variables independientes	29
6.2.3. Limitaciones de las variables independientes utilizadas	29
6.3. Propuestas de mejora del modelo	30
6.3.1. Seleccionar más puntos de observación en el área de estudio	30
6.3.2. Contratar personal para abrir y cerrar los captadores	30
6.3.3. Medición mensual de la IMD	30
6.4. Futuros campos de estudio	30
6.4.1. Densidad de población	30
6.4.2. Meteorología y topografía	31
6.4.3. Tipología de los edificios (calles cañón).	31
7. BIBLIOGRAFÍA	32
8. ACRÓNIMOS Y PALABRAS CLAVE	
8.1. Acrónimos	33
8.2. Palabras clave	34
9. PRESUPUESTO	35
10. PROGRAMACIÓN	36
11. ANEXOS	
ANEXO 1: Carta que se les envió a los participantes del proyecto	37
ANEXO 2: Tabla y gráfico del estudio de concentración de NO ₂ a la ciudad de Girona entre los años 1998 y 2006	45

CD: Memoria y resumen del proyecto en formato digital.

1. INTRODUCCIÓN

El proyecto que se desarrollará a continuación está situado en el contexto de un estudio que investiga los efectos sobre la salud de la contaminación atmosférica (REGICOR 2000-AIR). En el presente proyecto se pretende investigar la influencia de diferentes factores (distancia, anchura de la calle, tráfico y densidad de tráfico) a la contaminación atmosférica a las ciudades de Girona y Salt. Para este fin se utilizará el NO_2 como marcador de contaminación atmosférica y se seleccionarán varios puntos de muestreo en las dos ciudades donde se pondrán captadores de NO_2 para la medición de dicha contaminación. Después, y mediante un análisis estadístico se podrá determinar la influencia de los factores en la variación de concentración de NO_2 en el área seleccionada.

1.1 Epidemiología ambiental

La ciencia que estudia la distribución y los determinantes del estado de salud y las enfermedades en las poblaciones se llama **epidemiología**. Una rama de la epidemiología es la **epidemiología ambiental**, que es la que estudia los determinantes ambientales de las enfermedades (exposiciones involuntarias). Éste tipo de epidemiología se usa, por ejemplo, en los estudios sobre las asociaciones de contaminación atmosférica y enfermedades cardiovasculares.

En los estudios epidemiológicos sobre la contaminación del aire y sus efectos en la salud es difícil obtener datos correctos para determinar el grado de contaminación porque hay muchos tipos de contaminación que debido a su compleja naturaleza sería imposible cuantificarla. Para solucionar este problema se usan marcadores. Un **marcador** es una sustancia que permite medir el grado de contaminación de un lugar pero no suele ser el causante principal de los efectos de esta contaminación ni de su concentración. Son ejemplos de marcadores de la contaminación atmosférica el ozono troposférico, los compuestos orgánicos volátiles (COV), el dióxido de nitrógeno (NO_2) o las partículas ($\text{PM}_{2,5}$, PM_{10}). En el presente proyecto se ha utilizado como marcador de contaminación atmosférica el **dióxido de nitrógeno (NO_2)** el cual es un marcador ampliamente utilizado en la exposición a contaminantes originados por fuentes móviles debido a su alta correlación con otros procesos de combustión relacionados con los gases primarios, aerosoles primarios y secundarios y también con las partículas en suspensión. Numerosos estudios realizados han encontrado relaciones entre los resultados cardiorrespiratorios agudos o crónicos y NO_2 como sustituto de la exposición a la contaminación atmosférica ambiental (Gauderman, et al., 2004).

1.2. Atmósfera y contaminación atmosférica

La **atmósfera** es esencial para la vida por lo que sus alteraciones tienen una gran repercusión en el hombre y otros seres vivos y, en general, en todo el planeta. Es un medio complejo y la situación se hace todavía más complicada y difícil de estudiar cuando se les añaden emisiones de origen humano en gran cantidad, como está sucediendo en estas últimas décadas.

Se define **contaminación atmosférica** como cualquier condición atmosférica en la que ciertas sustancias alcanzan concentraciones lo suficientemente elevadas sobre su nivel ambiental normal como para producir un efecto mesurable en el hombre, los animales, la vegetación o los materiales (Doménech, 2007).

La contaminación atmosférica se ha convertido en un problema muy importante en las ciudades actuales, ya que éstas son por naturaleza espacios dónde conviven personas, material y actividad y donde se encuentran las concentraciones más altas de contaminación y el número más elevado de receptores sensibles. El aumento de las actividades humanas como el tráfico de vehículos motorizados, la generación de energía, la calefacción de los hogares i la industria han provocado una disminución de la calidad del aire. La contaminación urbana no solo contribuye a problemas regionales o globales de la contaminación de la atmósfera sino que también representa un peligro importante para la salud humana y para el medio ambiente urbano. Este peligro se ve potenciado cuando las ciudades son más densas y se concentran más actividades contaminantes en zonas más pequeñas. La concentración de los contaminantes se reduce cuando se dispersan en la atmósfera, proceso que depende de factores climatológicos como la temperatura, la velocidad del viento, el movimiento de sistemas de altas y bajas presiones y la interacción de éstos con la topografía local, por ejemplo las montañas y los valles. Otro factor que influye en la concentración de los contaminantes es la inversión térmica. Este proceso se da cuando una capa de aire frío se asienta bajo una capa de aire caliente, esto hace que la mezcla atmosférica se retarde y que los contaminantes se acumulen cerca del suelo. Las inversiones pueden ser duraderas bajo un sistema estacionario de alta presiones unido a una baja velocidad del viento (Llebot, 2008).

Muchas ciudades padecen problemas de contaminación atmosférica debido al transporte de vehículos motorizados (Mayer, 1999 y Colvile et al., 2001). – emisión de contaminantes como las partículas en suspensión, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y hidrocarburos (Fenger, 1999) –. La salud de la población se ve afectada por la emisión de contaminantes y la contaminación urbana se ha convertido en un problema reconocido y de preocupación global. La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que debido a la contaminación ambiental cada año mueren prematuramente 500.000 personas; aproximadamente 40 millones mueren de enfermedades respiratorias y la mortalidad infantil (debido a infecciones respiratorias) es más elevada cuando más contaminada está la atmósfera. A continuación se enumeraran algunos de los efectos a corto y largo plazo causados por la contaminación atmosférica.

Algunos de los **efectos a corto plazo** causados por contaminación atmosférica están demostrados en estudios, donde se muestra que los eventos cardiovasculares como el infarto de miocardio, arritmia, derrame cerebral y muerte, se desencadenan en días con niveles más elevados de contaminación ambiental (Brook, et al., 2004).

Algunos de los **efectos a largo plazo** de contaminación atmosférica son: efectos pulmonares y se han hallado asociaciones significativas entre un aumento del riesgo de mortalidad prematura y la exposición a contaminación atmosférica ambiental urbana a largo plazo (Brook, et al., 2004). El estudio más extenso investigó los efectos sobre las causas específicas de muerte, y mostró asociaciones particularmente fuertes con la muerte por enfermedades cardiovasculares (ECV) (Krewski, et al., 2004).

1.2.1. DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO₂): CARACTERÍSTICAS Y VARIABLES ASOCIADAS

El **dióxido de nitrógeno**, es una sustancia gaseosa cuyo control es imprescindible para determinar el grado de concentración atmosférica, pues contribuye tanto a la formación de ozono como a la del material particulado fino. Este gas está presente en la atmósfera de las ciudades de manera abundante y su presencia favorece la formación de contaminantes secundarios considerados como peligrosos para la vida de los seres vivos.

La mayoría de los óxidos de nitrógeno (NO_x) generados por el hombre¹ se producen por la oxidación de nitrógeno atmosférico presente en los procesos de combustión a altas temperaturas. El contaminante generado de forma primaria es el monóxido de nitrógeno (NO), pero parte de éste se oxida cuando entra en contacto con el aire y se transforma en NO₂. Ambos óxidos liberados en la atmósfera, participan activamente en un conjunto de reacciones fotoquímicas que, en presencia de hidrocarburos reactivos, generan ozono (O₃). Además, en su proceso de transformación ese contaminante forma nitratos, es decir, sales que pueden ser transportadas en el material particulado respirable y que en presencia de humedad, forman ácidos. Estos ácidos son parte muy importante del material particulado secundario (PM_{2,5}).

Altas concentraciones de NO₂ pueden causar efectos importantes de salud y causar problemas significativos a la vegetación y el material urbano (Krupa & Legge, 2000). Como es poco soluble, el NO₂ puede penetrar profundamente dentro de los pulmones, dañando su tejido (Godish, 1997). La exposición a concentraciones excesivamente elevadas provoca el estrechamiento de las vías respiratorias tanto en asmáticos como en no asmáticos, pero se debe tener en cuenta que los primeros son mucho más sensibles. La exposición a NO₂, a concentraciones habituales, incrementa la sensibilidad a sustancias alergénicas como el polen, a receptores sensibles. Aún que es difícil obtener conclusiones

¹ Las fuentes antropogénicas de NO_x más importantes son los vehículos de carretera (50%), la generación de energía (25%) y los procesos industriales (10%) (Targa, 2007).

evidentes de los estudios clínicos y epidemiológicos, en relación a los efectos de la exposición a corto y a largo plazo sobre las funciones pulmonares, las emisiones totales de dióxido de nitrógeno continúan estando encima de los niveles aceptados (EEA, 2001).

Debido a los efectos sobre la salud, el medio ambiente y la degradación de la calidad del aire urbano que causa la contaminación atmosférica se ha creado una **legislación** para los contaminantes más importantes. Debido a que por el presente proyecto no es de vital importancia la legislación sólo se describirán brevemente las directrices y/o normativas que están vigentes. La **Directriz europea 1999/30/CE**, sobre la gestión y la evaluación de la calidad del aire, transpuesta mediante el **Real Decreto 1796/2003**, establece un máximo de 40 microgramos/m³ de mediana anual, pero como éste valor es inferior al de la anterior legislación define un margen de tolerancia en los niveles máximos de calidad del aire en NO₂ de 20 microgramos/m³, pero éste margen cada año será menor has ser cero en el año 2010, actualmente, 2008, el nivel máximo está en 44 microgramos/m³.

A parte de los **estudios** citados hasta el momento, es conveniente destacar el estudio realizado por el Ayuntamiento de Girona con colaboración de la *School Biological and Molecular Science de Oxford Brookes University* por la realización de un **estudio de la calidad del aire en la ciudad de Girona**, el cual fue dirigido por Jaume Targa. Ya que se usó la misma metodología que en el presente estudio y el área de estudio es casi la misma.

El estudio está orientado en la mejora de las condiciones la calidad de vida de sus habitantes. La monitorización se hizo en seis campañas durante los años 2002 y 2004, durante los cuales se distribuyeron 21 puntos de muestreo por la ciudad de Girona en distintos lugares, ya que de esta manera se puede determinar si hay algún factor que favorece o disminuye la contaminación atmosférica. La principal conclusión que se obtuvo fué que las áreas más vulnerables a la contaminación están situadas cerca de las carreteras más utilizadas y en las llamadas calles cañón, que son calles dónde la circulación del aire es muy baja: l'Avinguda Jaume I, Ronda Ferran Puig, Avinguda Santa Eugènia, Passeig Olot, Carretera Barcelona y calle de la Rutlla, en los cuales las concentraciones de NO₂ oscilan entre los 38 y 51 microgramo/m³. Así pues, en este estudio se ha concluido que hay variaciones en la contaminación atmosférica en la ciudad de Girona, esto es un aspecto importante para REGICOR 2000-AIR ya que significa que los participantes, dependiendo de su lugar de residencia y trabajo, tienen diferentes niveles de exposición a la contaminación atmosférica. Jaume Targa ya que se realizó durante el año 2007 y evaluó la calidad del aire de la ciudad de Girona con la misma metodología usada en el presente proyecto.

1.3. REGICOR

Las **enfermedades cardiovasculares** son actualmente la primera causa de muerte en los países desarrollados y constituyen un gran problema sanitario que consume una importante cantidad de recursos. Las primeras décadas del siglo XX contemplaron un progresivo descenso de la mortalidad por enfermedades infecciosas y un importante aumento de las enfermedades coronarias. Este hecho estimuló la puesta en marcha de los primeros grandes estudios epidemiológicos con la finalidad de obtener mayores conocimientos sobre la distribución geográfica y los factores relacionados con la aparición de la cardiopatía isquémica². Uno de los primeros resultados relevantes fue la constatación de la gran variabilidad geográfica en la incidencia y la mortalidad, que en los países del norte de Europa son hasta 5 veces mayores que en España. Nuestro país ocupa, en este sentido, una posición privilegiada, con la segunda tasa de cardiopatía isquémica más baja de Europa, sólo superior a la de Francia. No obstante, las enfermedades del corazón son la principal causa de mortalidad en España. Según el Instituto Nacional de Estadística durante el 2005 el 33% (126.862 personas) de la mortalidad española fue causada por alguna enfermedad cardiovascular de las cuales el 45,5% eran varones y el 54,5% mujeres.

Dada la importancia de la incidencia de las enfermedades cardiovasculares en la población, en **1978** se inició un registro de pacientes con IAM (infarto agudo de miocardio) en el **Hospital Josep Trueta de Girona**, el estudio **REGICOR** (*Registre Gironí del Cor*). Este estudio es uno de los pioneros en los registros españoles de cardiopatía isquémica. El grupo se configuró inicialmente como un registro de base hospitalaria, y poco a poco ha conseguido extender su ámbito a una parte de la provincia de Girona. En conjunto, se trata de un grupo de trabajo muy consolidado y con importantes aportaciones a la epidemiología cardiovascular.

El estudio REGICOR es un estudio que ha permitido comprobar las variaciones temporales de las tasas de ataque, incidencia, recurrencia, hospitalización y mortalidad, así como de la letalidad poblacional e intrahospitalaria.

Una de las líneas de investigación de REGICOR es la de factores de riesgo (actividad física, la dieta, factores genéticos, etc.) y los factores ambientales (contaminación atmosférica).

²La **cardiopatía isquémica** es un conjunto de enfermedades del corazón o cardiopatías cuyo origen radica en la incapacidad de las arterias coronarias (**coronariopatía**) para suministrar el oxígeno necesario a un determinado territorio del músculo cardíaco, lo que dificulta el funcionamiento de éste. Por ello, el corazón enferma debido a la mala función de las arterias coronarias.

La cardiopatía que tiene más incidencia en la sociedad española es la **arteriosclerosis**, consiste en un endurecimiento de las arterias, producida por el depósito de grasas o de calcio en la capa íntima (más interna) de la pared de las arterias que da lugar a estrechamientos o estenosis de estas.

1.4. REGICOR 2000-AIR

En el año 2007 se inició un proyecto llamado **REGICOR 2000-AIR** el cual persigue la hipótesis de que la exposición acumulativa a la contaminación atmosférica ambiental está asociada al aumento del grosor de intima-media de la carótida (GIMC³) en distintos municipios de la provincia de Girona.

Para poder llevarlo a cabo, en primer lugar se seleccionarán participantes del proyecto REGICOR⁴, a los cuales se les medirá la GIMC y se les caracterizará la exposición a la contaminación atmosférica para cada uno de ellos. Para realizar esta caracterización, los participantes tomarán medidas en su casa o en su lugar de trabajo. Para medir dicha contaminación se usará como marcador de contaminación atmosférica el NO₂. En segundo lugar, se recogerá información sobre factores influentes en la contaminación atmosférica (tales como el tráfico, anchura de la calle, altura del tubo, etc.) en las distintas calles de los puntos de muestreo. Finalmente, se modelarán las concentraciones de NO₂ obtenidas en cada punto de muestreo, esto se realizará usando geocodes.

Este estudio es el primero en España que investiga la relación entre la contaminación ambiental y la arteriosclerosis.

Las medidas de NO₂ se organizarán en distintas campañas. En la tabla 1.1. se muestran los períodos de cada campaña. En el apartado 4 de materiales y métodos se detalla la metodología usada en las campañas.

Tabla 1.1.: Períodos de las campañas

Fuente: Elaboración propia

Campaña	Fecha inicio	Fecha fin
1	05-06-2007	03-07-2007
2	03-07-2007	31-07-2007
3	31-07-2007	28-08-2007
4	28-08-2007	25-09-07
5	25-09-2007	23-10-2007
6	23-10-2007	20-11-2007
7	20-11-2007	18-12-2007
8	18-12-2007	15-01-2008

³ **GIMC**: marcador establecido de arteriosclerosis subclínico - la patología primaria de enfermedades cardiovasculares (CVD).

⁴ La selección se llevará a cabo mediante contactos locales (ver apartado 3.4 organización de las campañas de medida).

9	15-01-2008	12-02-2008
10	12-02-2008	11-03-2008
11	11-03-2008	08-04-2008
12	08-04-2008	06-05-2008
13	06-05-2008	03-06-2008
14	03-06-2008	01-07-2008

2. JUSTIFICACIÓN

Debido a la alta mortalidad por enfermedades cardiovasculares y respiratorias asociadas a la contaminación atmosférica, se ha considerado interesante estudiar diferentes factores, con una posible relación con la concentración de NO₂ (usado como marcador de la contaminación atmosférica), para poder observar la influencia que ejercen sobre dicha concentración. Todo esto con el fin de determinar que factores son los más influyentes para que, en un futuro, se puedan proponer medidas para disminuir la concentración de NO₂ y como consecuencia disminuir la mortalidad asociada a la contaminación atmosférica.

Cabe señalar que el presente proyecto se ha redactado en lengua castellana para que el director (Nino Künzly) lo pudiera dirigir ya que no conoce la lengua catalana.

3. OBJECTIVOS

- Describir las concentraciones de NO₂ en las ciudades de Salt y Girona.
- Investigar los efectos del distancia, altura de los tubos, anchura de la calle tráfico y densidad de tráfico, altura sobre la concentración de NO₂ obtenido en las ciudades de Salt y Girona.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Diseño del estudio

En el presente proyecto solo se usarán los datos de las campañas 1 y 5 (ver tabla 1.1.) ya que se realizaron en distinta estación (importante para ver si hay variabilidad de contaminación atmosférica con la climatología), no se han escogido las campañas posteriores porque no se disponía de los datos cuando empezó el análisis. Cabe señalar también que solo se analizará los datos de las

ciudades de Salt y Girona (ver figura 4.1.) ya que en primer lugar se dispone de datos similares gracias al estudio realizado por Jaume Targa (Targa, 2007); en segundo lugar porque son las dos ciudades con densidad de población más elevadas de la provincia de Girona lo que conlleva que son más propensas a presentar problemas por contaminación atmosférica y, en tercer lugar, porque son las dos ciudades que presentan más puntos de control con lo que se podrá obtener más datos, entre las dos ciudades se han instalado 27 puntos de muestreo, los cuales se describen en el apartado 4.3.



Figura 4.2.: Mapa de localización de las ciudades de estudio (Girona y Salt)

Fuente: Asociación de paralíticos y minusválidos del principado de Asturias

En la tabla 4.1. se muestran datos de interés para entender la distribución de la contaminación en las ciudades.

Tabla 4.1.: Datos de interés de las ciudades de Girona y Salt

Fuente: www.idescat.cat

	Girona	Salt
Núm. vehículos 2006	62454	17027
Densidad vehículos	1597 vehículos/km ²	2580 vehículos/km ²
Viajes diarios	40519	10745
Núm. Edificios 2001	9126	2461
Nivel de urbanización	233 edificios/km ²	373 edificios/km ²

4.2. Selección y localización de los puntos de muestreo de NO₂

En total, entre las ciudades de Girona y Salt, se han seleccionado **27 puntos** de muestreo (ver tabla 4.2. y figura 4.3.). La selección de los 27 puntos se ha realizado en base al lugar de trabajo o vivienda de los participantes intentado que estos lugares cubrieran la máxima extensión de las dos ciudades con el fin de poder determinar la variabilidad espacial de la concentración de NO₂ en las dos ciudades y, en consecuencia, observar la influencia de los distintos factores.

En cada punto puede haber más de 1 captador de NO₂ dependiendo del tipo de medición que se haya determinado en cada punto. El tipo de medición utilizado variará según las características geográficas y ambientales de los lugares y también del grado de responsabilidad y cooperación de los participantes.

Para validar los resultados se ha seleccionado 1 punto fijo en la ciudad de Girona que se miden mensualmente.

Tabla 4.2.: Información de los puntos de muestreo (dirección y participación campañas).
Fuente: Elaboración propia

Punto	Dirección	Ciudad
1	C/ Eiximenis, 8	Girona
2	C/ Maluquer Salvador, 11	Girona
3	C/ Sant Joan Baptista de la Salle, 11	Girona
4	Plaça Independencia, 11	Girona
5	C/ Torre de Sant Narcís, 11	Girona
6	C/ Mas Grau, 6	Girona
7	C/ Pau Casals, 21	Girona
8	C/ Pare Coll, 7	Girona
9	C/ Santa Eugènia, 109	Girona
10	C/ Marquès Caldes Montbui, 90-92	Girona
11	C/ Maluquer Salvador, 8	Girona
12	Plaça de Josep Pallarach i Carola, 2	Girona
13	C/ Maluquer Salvador, 8	Girona
14	Plaça de Josep Pallarach i Carola, 2	Girona
15	Plaça del Vi, 1	Girona
16	C/ Baldiri Reixach, 60	Girona
17	C/ Àngel Guimerà, 58	Salt
18	C/ Major, 156	Salt

19	C/ Països Catalans, 149	Salt
20	C/ Major, 387	Salt
21	C/ Pere Coll i Guitó, 27	Salt
22	C/ Pere Coll i Guitó, 27	Salt
23	C/ Pere Coll i Guitó, 27	Salt
24	Plaça Lluís Companys, 1	Salt
25	Passeig Marqués de Camps, 1	Salt
26	Avinguda Lluís Pericot, 88	Girona
27	C/ Riera Bugantó, 7	Girona

Situación de los puntos de medición de no2 en Girona y Salt.

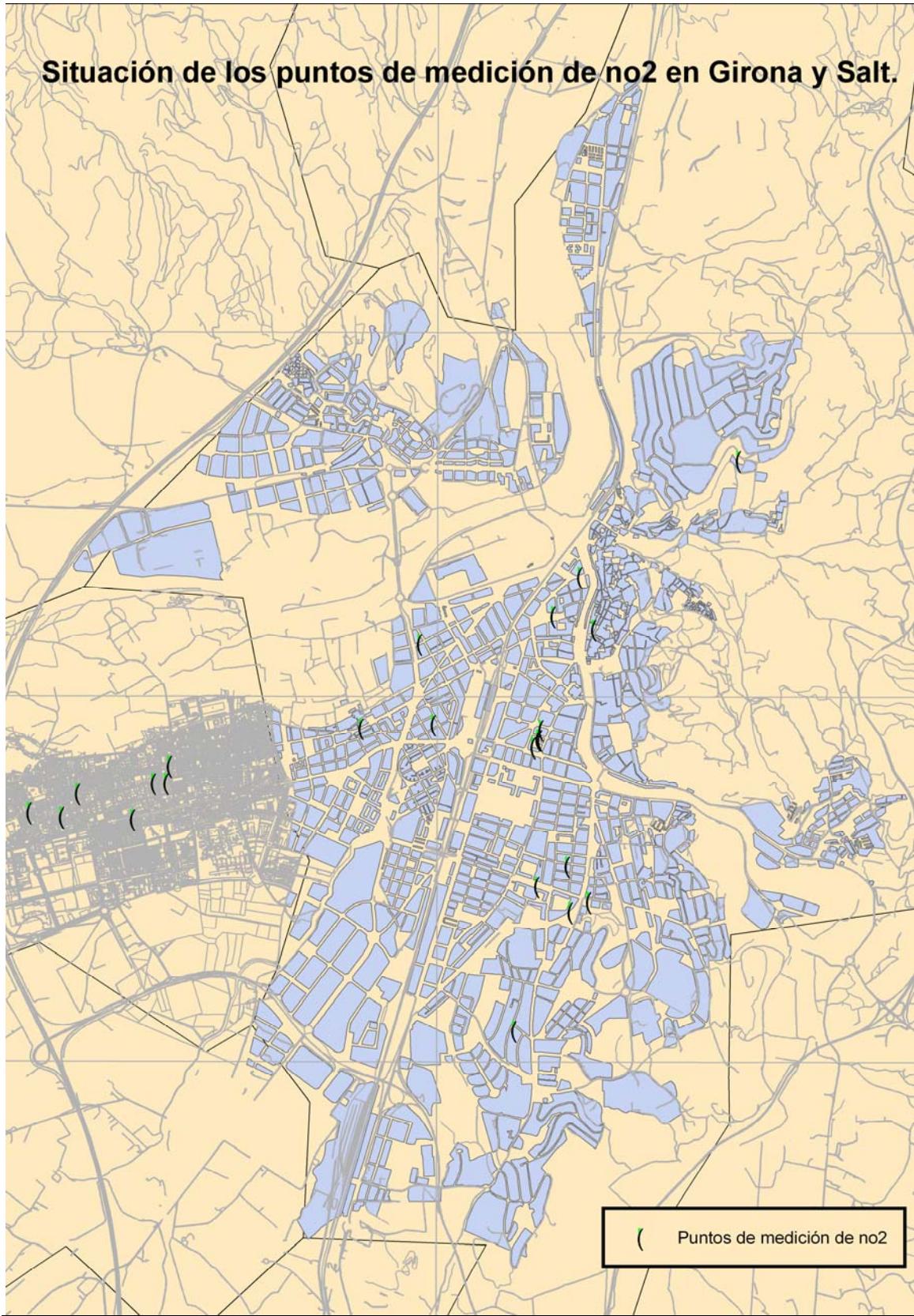


Figura 4.3.: Mapa de localización de puntos de muestreo
Fuente: Laura Bouso

4.3. Obtención de la información

Los participantes en el proyecto se han conseguido a través de contactos locales (familiares, compañeros de trabajo) de los trabajadores del estudio REGICOR 2000-AIR que residen o trabajan en el área de estudio.

Una vez los participantes hayan aceptado, el primer paso es informar sobre su participación vía correo, en la carta se les adjunta el material utilizado, se les da instrucciones de cómo y cuando deben colocar los tubos y dónde tiene que enviarlos y finalmente también se les adjunta un cuestionario para poder obtener datos para el análisis (ver anexo 1).

El segundo paso es que días antes de la colocación de los tubos se contacta otra vez con los participantes vía e-mail o teléfono para recordarles la instalación.

El tercer paso, es que transcurrido el período de medición de los tubos se vuelve a contactar con los participantes también vía e-mail o teléfono para recordarles que tienen que cerrarlos.

El cuarto paso es que los participantes envíen los tubos al CREAL vía correo.

El quinto paso es que el CREAL envíe los tubos a un laboratorio de Oxford para que los analicen y obtengan los resultados.

El sexto paso es que el laboratorio envíe vía e-mail los resultados al CREAL. Estos datos recibidos son los que usaré en el presente proyecto.

4.4. Técnica de medida

El método utilizado en esta evaluación de calidad del aire es el llamado **tubo de difusión pasiva de NO₂ del tipo Palmes**.

Un tubo pasivo de NO₂ del tipo Palmes (figura 4.4.) es un captador de gas que consiste en un tubo acrílico de 7.1 cm con un diámetro interno de 1.1cm. En el extremo cerrado se coloca un filtro con unas rejillas impregnadas de trietanolamina (TEA) (color negro en la figura 4.4.) que absorbe el NO₂ del aire. El transporte del gas a través del tubo es debido al proceso físico de la difusión. Con estos captadores, la resolución temporal es igual a la del período de exposición de estas que es de 4 o 5 semanas. En esta campaña de REGICOR se ha decidido que el período de



Figura 4.4.: Tubo pasivo de NO₂ del tipo Palmes

Fuente: Avaluació de la qualitat de l'aire a la ciutat de Girona.

exposición de los tubos sea de 4 semanas, es decir, que des de que el tubo se abre hasta que se cierra pasan 4 semanas.

Esta técnica indicativa tiene ventajas e inconvenientes si se compara con los sistemas automáticos, mucho mas sofisticados. A pesar de la ausencia de estándares nacionales o internacionales que regulen su uso, los tubos pasivos son muy utilizados en Europa como método indicativo. Este método es muy económico, se puede realizar para estudios con una zona de estudio extensa y es fácil de aplicar y utilizar. Además no precisa mantenimiento ni electricidad. Estos tubos son particularmente útiles para estudios preliminares y estudios base para asesorar las distribuciones espaciales de NO_2 en el medio urbano y rural.

4.5. Descripción de las variables utilizadas

Para investigar las asociaciones entre la concentración de NO_2 y los posibles factores que influyen en dicha contaminación (altura, anchura de la calle, tráfico y densidad de tráfico) se han tenido que obtener datos para estos factores. A continuación se detalla que es cada variable y como se han obtenido los datos.

La **variable dependiente** que se utilizará es la concentración de NO_2 ($[\text{NO}_2]$), los datos de la cual se han obtenido de los análisis de los tubos enviados a Oxford.

Las **variables independientes** con las que se relacionará son:

- **Altura de los tubos respecto a la calle.** Los datos para esta variable los han facilitado los participantes, cuando aceptaron participar se les envió el material que tendría que utilizar junto con un cuestionario (ver anexo 1) para que introdujesen algunos datos sobre la vivienda (calle, número de piso, etc.), uno de estos datos es la altura en la que se encuentran los tubos respecto a la calle. Las unidades en que se expresa esta variable son metros (m).

- **Anchura de la calle.** Esta variable corresponde a la anchura de la calle que se encuentra el tubo. Los datos se han obtenido mediante un callejero virtual a escala de las ciudades de Girona y Salt, el callejero que se ha usado es el de la Guía CAMPSA y se encuentra en la web: <http://www.guiacampsas.es>. La unidades que se usan son los metros (m).

Estas dos variables (altura de los tubos y anchura de la calle) se han seleccionado ya que, como se ha dicho en la introducción la concentración de los contaminantes se reduce cuando se dispersan en la atmósfera (Llebot, 2008), así pues, se supone que a más altura menos $[\text{NO}_2]$ ya que hay más espacio que a pie de calle. En relación con la anchura de la calle, por la misma razón, se supone que a más anchura menos $[\text{NO}_2]$ porqué habrá más área de dispersión.

- **Intensidad media diaria (IMD).** Esta variable corresponde al número de vehículos que pasan, aproximadamente, por la calle donde se encuentra el punto de medida. Cabe señalar que estos datos son aproximados ya que no existe

ningún registro con el número de vehículos por día exacto en el mismo punto de medida. Los datos para esta variable se han obtenido mediante el Plan de Movilidad de Girona, en el cual se establecieron algunos puntos para estimar el número de vehículos en una hora. Para determinar el número de vehículos por día se ha multiplicado el resultado por 24 (ya que es el número de horas que tiene un día). Como ya se ha dicho los datos no son en el mismo punto de medida de los tubos y para determinar que punto de número de vehículos usado en cada punto de medida de tubos se ha usado el criterio del punto más próximo.

Se ha considerado interesante incluir esta variable en el análisis ya que en distintos estudios (Mayer, 1999, Colvile et al., 2001 y Targa, 2007) han hallado relación entre el tráfico y la $[NO_2]$.

- **Densidad de vehículos**, esta variable se ha obtenido relacionando la anchura de la calle y el número de vehículos por día. La fórmula que se ha usado es: IMD / anchura calle. Las unidades en que se expresa son IMD/m.

Se ha considerado interesante incluir esta variable en el análisis porque es la combinación de dos variables con posibles influencias en la $[NO_2]$.

4.6. Análisis de los datos

En este punto se mostrarán las tablas y los gráficos del análisis de las diferentes variables. En primer lugar, se describirán las variables estadísticamente. En segundo lugar, se buscará si hay alguna diferencia estadísticamente significativa de la $[NO_2]$ entre las ciudades del estudio (Salt y Girona) así como si existe alguna diferencia estadísticamente significativa entre la $[NO_2]$ en la campaña 1 y en la campaña 5. En tercer lugar, se realizará la tabla de correlaciones lineales entre las variables a fin de poder observar su correlación lineal. En cuarto lugar, se presentará la tabla de las regresiones bivariantes entre las variables independiente y la variable dependiente para determinar que relación tienen. En quinto lugar, se presentará la tabla de la regresión multivariante para determinar que parte de la $[NO_2]$ describen las variables independientes. Y, finalmente, se presentarán dos tablas más de regresión multivariante (una con los 18 puntos de los cuales se tienen los datos para las dos campañas y la otra con los 45 puntos totales que se han obtenido), esto servirá para hacer un análisis de sensibilidad para determinar si hay variación de los resultados dependiendo del número de observaciones que se considere. A continuación se detallan las pruebas y métodos matemáticos usados para el análisis.

Para el análisis de estos datos se utilizarán los programas estadísticos Stata y Excel.

Para describir las variables se han utilizados los **estadísticos descriptivos** siguientes: media, desviación estándar, intervalo (valor mínimo y máximo) y los percentiles 25 y 75.

Para hallar si dos variables son estadísticamente iguales se ha hecho uso de la prueba de la **t-test**. Esta prueba consiste en el planteamiento de diferentes hipótesis estadísticas contradictorias. El estadístico para determinar que hipótesis se debe escoger es el p valor o nivel de significación empírico del contraste y es el dato obtenido a partir del valor del estadístico del contraste en las observaciones que corresponden a la realización de la muestra de tamaño n extraída de la población. Este valor depende del intervalo de confianza establecido, que, en el presente proyecto es del 95%, en consecuencia el p valor tiene que ser menor que 0.05 para que la hipótesis sea la correcta.

Para estudiar la relación entre las distintas variables se ha realizado una tabla de **correlación lineal** entre las variables. Es un método matemático que permite determinar el grado de relación entre dos variables aleatorias. Para cuantificar la intensidad de la relación se utiliza el parámetro del coeficiente de correlación lineal, el valor del cual oscila entre -1 y 1, siendo 0 el grado menor de relación y -1 o 1 el grado mayor de asociación entre las variables. El signo positivo corresponde a una asociación lineal directa, es decir, a aumentar el valor de una de las variables aumenta el valor la otra y, en el caso que el signo sea negativo, la asociación entre las variables es inversa, es decir, al aumentar el valor de una el valor de la otra disminuye.

La **regresión lineal**, es otro método matemático que modeliza la relación entre una variable dependiente Y , las variables independientes X_i . Este modelo puede ser expresado como:

$$Y = \alpha + \beta_1 \cdot X_1 + \beta_2 \cdot X_2 + \dots + \beta_p \cdot X_p + \text{error}$$

Siendo α la constante o intercepción.

En el proyecto se han realizado dos tipos de regresiones: bivariante y multivariante. La regresión bivariante establece la relación entre una variable dependiente y una de independiente y la regresión multivariante establece la relación entre una variable dependiente y varias variables independientes. En ambos casos, para determinar la relación son importantes dos parámetros: R^2 y p .

El coeficiente de regresión lineal (R^2) mide la proporción de variabilidad total de la variable dependiente respecto a su media que es explicada por el modelo de regresión lineal. Es usual expresar esta medida en tanto por ciento, multiplicándola por cien. El valor de este coeficiente oscila entre 0 y 1, siendo 0 la mínima proporción de variabilidad total de la variable dependiente y 1 la máxima proporción de variabilidad total de la variable dependiente.

La p corresponde al p valor de la regresión y explica el grado de relación entre la variable independiente con la variabilidad de la variable dependiente. El p valor oscila entre 0 y 1 siendo 0 el grado mínimo de relación entre variables y 1 el grado máximo de relación entre las variables.

5. RESULTADOS

5.1. Descripción de las variables utilizadas

En la tabla 5.1. se puede observar los datos de las variables que se utilizaran para el análisis. Cabe señalar que se tienen 27 puntos de medida entre las dos campañas (1 y 5) pero que sólo se han obtenido datos de concentración de NO₂ para ambas campañas en 18 puntos, esta diferencia es debida a la pérdida de tubos.

Tabla 5.1.: Datos de interés para el análisis de los puntos de medida.

Fuente: Elaboración propia en base datos de las variables.

Punto	Piso	Ciudad	Altura de los tubos (m)	Distancia del tubo a la calle (m)	Anchura de la calle (m)	Intensidad media vehículos por día (veh./día)	Densidad de vehículos (IMD/m)	[NO ₂] camp1	[NO ₂] camp 5	Media [NO ₂] campañas
1	1	Girona	5	20	8	39.672	4.959,0	-	41,65	41,65
2	1	Girona	4,5	25	17,1	38.280	2.238,6	42,66	48,15	45,41
3	0	Girona	2,75	8,5	11,2	38.280	3.417,9	26,94	35,04	30,99
4	0	Girona	3	10	9	32.341	3.593,4	24,79	30,77	27,78
5	2	Girona	8	35	7,3	32.341	4.430,3	13,02	19,46	16,24
6	1	Girona	4,5	25	10	55.500	5.550,0	18,54	27,74	23,14
7	1	Girona	5	25	17,6	32.592	1.851,8	28,71	36,2	32,46
8	1	Girona	5	20	9,6	40.320	4.200,0	44,69	49	46,85
9	2	Girona	7,5	35	12,8	55.500	4.335,9	63,34	55,46	59,40
10	4	Girona	12	45	21	10.144	483,0	-	31,38	31,38
11	1	Girona	5	25	17,1	38.280	2.238,6	37,36	40,83	39,10
12	1	Girona	5	30	11	38.280	3.480,0	29,58	38,23	22,10
13	1	Girona	5	20	17,1	38.280	2.238,6	26,15	43,26	34,71
14	0	Girona	2,5	8	11	38.280	3.480,0	45,64	35,24	40,44
15	0	Girona	2,75	8	11,2	15.792	1.410,0	31,76	41,12	36,44

16	1	Girona	5	20	12,5	14.909	1.192,7	-	35,19	35,19
17	1	Salt	4	20	12,5	8.373	669,8	33,02	37,19	35,11
18	2	Salt	8	35	15	2.871	191,4	27,87	32,03	29,95
19	2	Salt	8	35	25	23.686	947,4	39,56	-	39,56
20	2	Salt	8	35	15	9.625	641,7	40,85	43,48	42,17
21	1	Salt	4	25	12,5	9.625	770,0	29,67	-	29,67
22	1	Salt	4	25	12,5	9.625	770,0	35,39	39,46	37,43
23	1	Salt	5	25	12,5	1.684	134,7	31,56	-	31,56
24	1	Salt	4	20	10	8.373	837,3	-	32,22	32,22
25	2	Salt	7,5	35	20	23.686	1.184,3	39,34	39,09	39,22
26	4	Girona	13	45	32,4	32.544	1.004,4	-	29,69	29,69
27	4	Girona	12	45	13,5	12.228	905,8	-	27,13	27,13

En la tabla 5.2. se analizan los estadísticos descriptivos (número de observaciones (n), media en microgramos/m³, desviación estándar (D.E.) , valores máximos (Máx.) y mínimos (Míni.), percentiles (25 i 75)) de las variables que se utilizaran.

Tabla 5.2.: Descripción estadística de las variables utilizadas en el análisis.

Fuente: Elaboración propia

Variable	n	Media	D.E.	Intervalo		P25	P75
				Mín.	Máx.		
Camp. 1	21	33,83	10,71	13,02	63,34	27,41	40,21
Camp. 5	24	37,04	7,88	19,46	55,46	31,38	41,65
Altura	27	5,66	2,52	2,5	13	4	7,5
Distancia	27	26,09	10,77	8	45	20	35
Anchura	27	14,24	5,51	7,3	32,4	11	17,1
IMD	27	25.967,07	15.732,14	1.684	55.500	9.754,8	38.280
Densidad	27	2.116,91	1.621,02	134,7	5.550	786,83	3.565

5.2. Comparación entre las campañas 1 y 5

Como ya se ha comentado en el apartado anterior sólo se han obtenido 18 valores de $[NO_2]$ para ambas campañas de los 27 puntos totales. Para establecer si se pueden usar los 27 puntos, se tiene que comprobar si hay alguna diferencia estadísticamente significativa entre las concentraciones de las dos campañas. Para ello se usará una regresión entre las dos campañas (tabla 5.3. y gráfico 5.1.) y se hará una prueba de t-test (5.4.).

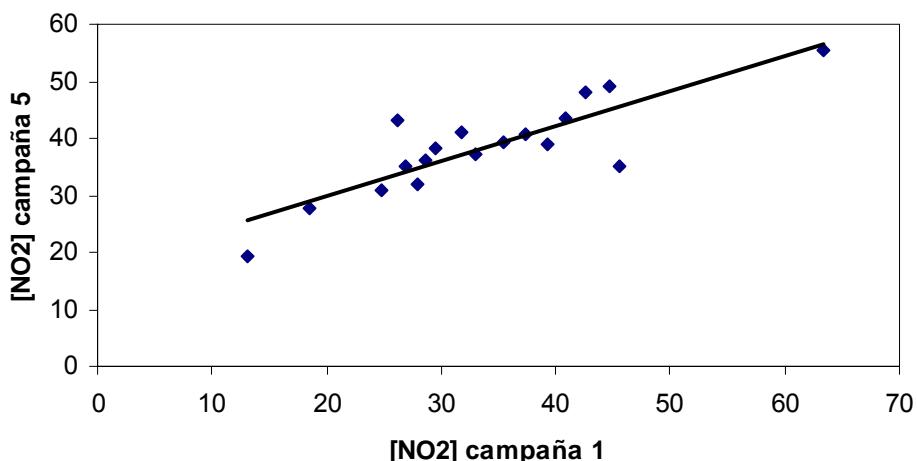
Tabla 5.3.: Regresión campaña 1 y campaña 5

Fuente: Elaboración propia

Variable	N	Intercepción	D.E. Inter.	Coef.	D.E. coef.	P> t	R2
$[NO_2]$	18	17.6562	3.3619	0.6134	0.0943	0.0000	0.7257

Gráfico 5.1.: Gráfico de la regresión lineal entre las variables campaña 1 y campaña 5.
Campaña 5 = C(1)+C(2)*Campaña 1. Dónde Campaña 1 es la variable independiente y la campaña 5 es la variable dependiente, C(1) es la intercepción y C(2) es el coeficiente.

Fuente: Elaboración propia.



En la tabla 5.3 y en el gráfico de regresión 5.1. se puede observar que los valores de la campaña 5 respecto la campaña 1 tienen una relación muy elevada ($R^2 = 0.7257$). Así, pues se puede decir que las dos campañas están relacionadas, pero no se tiene el suficiente conocimiento para determinar si hay o no alguna diferencia estadísticamente significativa entre las campañas. Para determinarlo se tendrá que realizar la prueba del t-test (tabla 5.4.). Para el análisis se han cogido los 18 puntos de los cuales se dispone de los datos para las dos campañas.

Tabla 5.4.: Prueba t-test para la [NO₂] de las campañas 1 y 5

Fuente: Elaboración propia

Campaña	N	Media [NO ₂]	D.E. media [NO ₂]
1	18	33,87	11,48
5	18	38,43	8,27
Diferencia media	D.E. dif. media	p	
-4,56	3,33	0,04	

La única hipótesis con un p-valor menor a 0,05 es la que supone que no hay diferencia entre las variables campaña 1 y 5 ($p= 0,04$), pues se concluye que al no existir una diferencia estadística, como variable dependiente se usará la mediana entre las dos campañas y, en caso que no haya los datos para las dos se cogerá el dato que se tenga, por lo tanto, los análisis se han realizado en base a los 27 puntos.

5.3. Comparación entre las ciudades de Girona y Salt

En la tabla 5.5. se procederá a hacer el mismo análisis (prueba t-test) pero con las variables [NO₂] y las ciudades, para determinar si se tiene que diferenciar entre las dos ciudades (Girona y Salt) en el análisis final.

Tabla 5.5.: Prueba t-test para la [NO₂] y las ciudades (Girona, Salt)

Fuente: Elaboración propia

Ciudad	N	Media	D.E. media
Girona	18	35,06	9,73
Salt	9	35,22	1,53
Diferencia media	D.E. dif. media	p	
-0,16	3,44	0,02	

La única hipótesis con un p-valor < 0,05 es la que supone que no hay diferencia entre la [NO₂] entre las ciudades de Girona y Salt ($p= 0,02$), pues se concluye que al no existir una diferencia estadística, en el análisis se tomará las dos ciudades como una única área geográfica a estudiar.

5.4. Correlaciones lineales entre las distintas variables

En la tabla 5.6. se ha hecho una correlación lineal entre las diferentes variables para determinar el grado de relación entre las mismas.

Tabla 5.6.: Correlación lineal entre las distintas variables

Fuente: Elaboración propia

	Altura tubos (m)	Distancia tubos (m)	Anchura calle (m)	IMD	Densidad (IMD/m)	[NO ₂]
Altura tubos	1					
Distancia tubos	0,9253	1				
Anchura calle	0,6267	0,5686	1			
IMD	-0,1657	-0,1781	-0,0786	1		
Densidad	-0,3025	-0,3167	-0,4846	0,8722	1	
[NO ₂]	-0,1260	-0,0881	0,0820	0,2625	0,0833	1

Como se puede observar, los índices de correlación entre la altura de los tubos y la distancia de éstos a la calle es muy elevado (0,9253) al igual que el del índice de vehículos por día (IMD) y la densidad de vehículos (0,8722).

5.5. Regresiones bivariantes entre NO₂ y cada una de las variables

En la tabla 5.7. se muestran los análisis bivariantes, es decir, las regresiones entre cada variables independientes y la variable dependiente (media concentración de NO₂), para ver si alguna de las variables independientes tienen una asociación significativa a la variable dependiente y cuál es su aportación al posible modelo. La fórmula general que se ha usado para cada regresión es: **media [NO₂] = $\alpha + \beta \cdot \text{Variable independiente} + \text{error}$**

Tabla 5.7.: Tabla de regresiones lineales bivariantes entre la variable dependiente ([NO₂]) y las variables independientes.

Fuente: Elaboración propia

Variables	Intercep. (α)	D.E. intercep.	Coef. β	D.E. coef. β	p	R ²
Altura	37,2723	3,7666	-0,3645	0,5745	0,5316	0,0158
Distancia	36,8769	4,3070	-0,0676	0,1530	0,6623	0,0078

Anchura	33,3584	4,5545	0,1232	0,2990	0,6838	0,0067
IMD	31,5278	3,0659	0,0001	0,0001	0,1859	0,0689
Densidad	34,2131	2,6935	0,0004	0,0010	0,6797	0,0069

N: 27 observaciones

En la tabla 5.7. se observa que la variable que está más relacionada con la $[NO_2]$ es la IMD ya que es la que presenta un valor de p menor (0,1859) y un valor de R^2 mayor (0,0689).

5.6. Regresión multivariante

En la tabla 5.8. se muestran los resultados para una análisis multivariante, es decir, una regresión con todas las variables independientes anteriores con la variable dependiente $[NO_2]$ para ver que es lo que explican del posible modelo. La fórmula general que se ha usado para la regresión es: **media $[NO_2]$ = $\alpha + \beta_1 \cdot Y_1 + \beta_2 \cdot Y_2 + \beta_3 \cdot Y_3 + \beta_4 \cdot Y_4 + \beta_5 \cdot Y_5 + \text{error}$**

A pesar que en la tabla se observa que hay variables con un valor de p elevado en el presente análisis se incluirán todas y, a continuación, se realizará el mismo análisis con las variables con un valor de p menor. Así se podrá observar que aportación hacen al modelo las variables con p menores.

Tabla 5.8.: Tabla de regresión multivariante para todas las variables.

Fuente: Elaboración propia

Variable	Coef. β	D.E. coef. β	p
Altura	0,0081	1,7250	0,996
Distancia	0,0158	0,3993	0,969
Anchura	-0,8735	0,7914	0,282
IMD	0,0008	0,0004	0,052
Densidad	-0,0082	0,0046	0,086

N: 27 observaciones, R^2 : 0,2421, Intercep.: 42,2931, D.E. intercep.: 9,3164

A l'igual que ha pasado en la regresión bivariante, la variable que está más relacionada con la $[NO_2]$, es decir la presenta un valor de p menor, es la IMD ($p=0,052$).

Para contrastar con la regresión multivariante que se muestra en la tabla 5.8., se procederá a hacer el equivalente a una regresión “stepwise” (tabla 5.9.). Este análisis es el equivalente a realizar un análisis multivariante pero teniendo en cuenta sólo las variables con un valor de p más bajas (asociación más fuerte con la variabilidad de la variable dependiente). En nuestro caso, como sólo se dispone de 5 variables se han escogido para realizar la regresión las que presenten un valor de $p < 0,3$ (más relación con la variabilidad de $[NO_2]$), estas variables son: anchura, IMD y densidad.

Tabla 5.9.: Tabla de regresión multivariante para variables con $p < 0,3$

Fuente: Elaboración propia

Variable	Coef. β	D.E. coef. β	p
Anchura	-0,8372	0,5241	0,1240
IMD	0,0008	0,0003	0,0180
Densidad	-0,0081	0,0036	0,0037

N: 27 observaciones, R^2 : 0,2418, Intercep.: 42,2979, D.E. intercep.: 7,7336

En la tabla 5.9. se observa que el coeficiente R^2 es de 0,2418. Así pues la R^2 entre el modelo que se han usado todas las variables independientes (tabla 5.8.) y el modelo que solo ha tenido en cuenta las variables con $p < 0,3$ (tabla 5.9.) es casi la misma y en consecuencia se puede concluir que las variables altura y distancia (incluidas en el modelo de la tabla 5.8) son variables irrelevantes para el modelo ya que no explican casi nada de la variabilidad espacial de la $[NO_2]$. Por tanto, en los análisis posteriores sólo se tendrán en cuenta las 3 variables independientes (anchura, IMD y densidad).

Ahora, se procederá a hacer el análisis multivariante pero con sólo dos de las variables. Las variables escogidas son IMD y densidad ya que son las que tienen una asociación mayor a la variable dependiente (valor de p menor) y así se podrá determinar que aportación hacen al modelo las dos variables más influyentes. En la tabla 5.10 se observa que para estas dos variables R^2 ha disminuido respecto a las regresiones anteriores. Así pues, la variable anchura influye en el presente modelo y habrá que tenerla en cuenta.

Tabla 5.10.: Tabla de regresión multivariante con las dos variables con valores de p menores.

Fuente: Elaboración propia

Variable	Coef. β	D.E. Coef. β	p
IMD	0,0004	0,0002	0,049
Densidad	-0,0031	0,0020	0,125

N: 27 observaciones, R²: 0,1576, Intercep.: 30,8536, D.E. intercep.: 3,0065

5.7. Análisis de sensibilidad

A continuación se realizará un análisis de sensibilidad entre los puntos de las campañas, con el fin de determinar los resultados varían dependiendo del número de observaciones que se consideren. En la tabla 5.11. se muestra la regresión para los 18 puntos que se tienen valores de las dos campañas y en la tabla 5.12 se muestra la regresión para los 45 puntos totales, en ambos casos se utilizaran sólo las variables anchura, IMD y densidad ya que tal y como se ha demostrado en el apartado anterior (ver tablas 5.8 y 5.9.) las variables distancia y altura son irrelevantes para el modelo. En la tabla 5.12 (45 puntos) además se ha incluido la variable campaña ya que en este caso para algunos puntos se tienen dos valores de [NO₂] y esto podría producir un error en los resultados.

Tabla 5.11.: Tabla de regresión multivariante para los 18 puntos

Fuente: Elaboración propia

Variable	Coef. β	D.E. coef. β	p
Anchura	-2,3046	1,5661	0,163
IMD	0,00146	0,0006	0,027
Densidad	-0,0166	0,0072	0,038

N: 18 observaciones, R²: 0,3952, Intercep.: 64,1871, D.E. intercep.: 22,0313

Tabla 5.12.: Tabla de regresión multivariante para los 45 puntos

Fuente: Elaboración propia

Variable	Coef. β	D.E. coef. β	p
Anchura	0,0075	0,1789	0,967
IMD	0,0006	0,0002	0,001
Densidad	-0,0053	0,0017	0,003
Campaña	1,2944	0,6506	0,054

N: 45 observaciones, R^2 : 0,2749, Intercep.: 28,7663, D.E. intercep.: 4,6115

En la tabla 5.11. se observa una R^2 de 0,3952. En la tabla 5.12. se observa una R^2 de 0,2749. Se observa que el valor de p varía notablemente para la variable anchura entre estos dos análisis. Según el modelo de la tabla 5.11. la variable anchura está mucho más relacionada con la $[NO_2]$ ($p= 0,163$) que en el modelo de la tabla 5.12 ($p= 0,967$), en el cual casi no existe relación entre estas variables.

6. DISCUSIÓN

El presente proyecto ha sido un primer análisis de los niveles de NO_2 y variables potencialmente asociadas en las ciudades de Girona y Salt. En los resultados se ha podido observar que la $[NO_2]$ no se distribuye homogéneamente dentro de una misma ciudad y que varía según las características de cada punto de muestreo.

En el modelo final no se han utilizado todas las variables ya que se han realizado diferentes análisis y sólo se han seleccionado las variables que presentaban una asociación más fuerte ($p<0,3$) con la variable dependiente $[NO_2]$, estas son: anchura de la calle, IMD y densidad de tráfico. Tampoco se ha diferenciado entre campaña 1 y 5 ni entre la ciudad de Girona y Salt ya que en se ha realizado la prueba de la t-test y se ha determinado que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre dichas variables.

Los resultados obtenidos no muestran una fuerte asociación entre ninguna de las variables estudiadas y los niveles de NO_2 ($R^2<0,50$), siendo la variable con mayor asociación aunque débil, la IMD (p-valor menor) tal y como auguraban los otros estudios consultados. Esta baja asociación se puede explicar por las limitaciones en la obtención de los datos, tales como que los participantes no son gente cualificada y pueden haber cometido algún error al colocar los captadores así como en el período de medida, los datos de las variables independientes son aproximados.

A pesar de estas limitaciones estos resultados pueden permitir orientar más adecuadamente la información para caracterizar el nivel de exposición a la contaminación atmosférica de la población de estudio.

6.1. Conclusiones principales

En este apartado se procederá a la discusión de los puntos que se consideran más importantes del proyecto realizado.

En la tabla 5.1. (regresión lineal entre campañas) se observa un valor para R^2 de 0,73, es decir, que la variación espacial de la campaña 5 es explicada por la variación de la campaña 1 en un 73% y se ha considerado una relación suficientemente elevada para no diferenciar entre campaña 1 y 5 en los análisis. A pesar de esto, la relación no es del 100% y, en consecuencia existe diferencia – en la tabla 5.4. se puede observar que la mediana de la concentración de NO_2 a la campaña 5 es más elevada que en la campaña 1, con unos valores de 38,43 microgramos/m³ y 33,87 microgramos/m³ respectivamente –. También se han observado diferencias estacionales para la concentración de NO_2 en un estudio que se hizo durante los años 1998 y 2006 (ver anexo 2) en el cual se observa que durante los meses de verano el valor de la $[\text{NO}_2]$ es menor que en el resto del año y, por estos motivos se buscan explicaciones para esta diferencia. Una primera hipótesis apunta a la climatología ya que se sabe que cuando se da inversión térmica (en otoño-invierno) la contaminación no se dispersa con tanta facilidad y tiende a quedarse en la superficie. Una segunda hipótesis apunta a la movilidad de la población. Girona es la ciudad con más lugares de trabajo y con más plazas de estudio de la provincia de Girona (www.idescat.cat). En otoño se supone que el flujo que vehículos es más intenso debido a que la mayoría de la población está trabajando o estudiando, por lo contrario durante los meses de verano la población tiende a hacer vacaciones y, en consecuencia el número de desplazamientos por razones de trabajo y/o estudio son menores que en otoño. Pero en el presente proyecto no se ha podido comprobar estas hipótesis de forma estadística ya que sólo se dispone de un dato de tráfico.

Un segundo aspecto a comentar es el que se observa en las tablas 5.8, 5.9 y 5.10. En estas tres tablas se ha realizado regresiones lineales multivariantes entre las distintas variables. En la tabla 5.8 se han utilizado todas las variables y se ha obtenido una R^2 de valor 0,2421, en la tabla 5.9 se han utilizado las variables con $p < 0,3$ (anchura, IMD y densidad de vehículos) y se ha obtenido un valor de $R^2 = 0,2418$, en consecuencia se puede concluir que las variables altura y distancia son irrelevantes para el modelo. En la tabla 5.10. solo se han utilizado las dos variables con p más pequeñas (IMD y densidad) y se ha podido observar un descenso de R^2 hasta 0,1576, por tanto se puede decir que la variable anchura es relevante para el modelo. Así pues, se concluye que las variables que con un 24,18% explican la variabilidad de la concentración de NO_2 a las

ciudades de Girona y Salt son anchura de la calle, IMD y densidad de vehículos. Una de las conclusiones del estudio de Jaume Targa (Targa, 2007) es que la densidad de vehículos y las características de la calle son los factores que determinan la distribución de la contaminación atmosférica. Así pues, en ambos casos se concluye que las características de la calle (anchura, en el presente proyecto) y la densidad son variables importantes para explicar la variabilidad espacial de la concentración de NO_2 , pero en el presente proyecto se ha detectado que IMD también influye. Debe tenerse en cuenta que el valor para la densidad se obtiene mediante las variables IMD y anchura (ver materiales y métodos) y por tanto que IMD también tiene influencia en la distribución de la contaminación atmosférica.

El tercer aspecto a comentar es el análisis de sensibilidad que se ha realizado (tablas 5.11. y 5.12.) dan diferentes R^2 dependiendo del número de puntos de se haya utilizado. En el análisis para los 18 puntos (tabla 5.11.) es el que se observa un valor para R^2 más elevado (0,3952) esto debido a que los datos analizados son los más completos ya que para cada punto se disponen de los datos para las dos campañas. En la regresión para los 45 puntos (tabla 5.12.) se observa un valor de R^2 de 0,2749, pero en este caso hay algunos puntos en los que se tiene datos para las dos campañas y esto puede influir provocando errores en los resultados. En la tabla 5.8. se han utilizado los valores para los 27 puntos de medición y se ha obtenido un valor para R^2 de 0,2421. Para el presente proyecto se ha decidido de utilizar este número de observaciones ya que en el de 18 puntos se considera que es un número bajo de observaciones y cuanto más alto es el número más se aproxima a la realidad y, en el de 45 observaciones, como ya se ha comentado, la duplicación de datos de concentración para un mismo punto puede alterar los resultados.

Un cuarto punto a destacar es que en ningún caso $R^2 > 0,50$, en consecuencia, ningún modelo llega a explicar el 50% la variabilidad de la $[\text{NO}_2]$, esto es un problema ya que los modelos propuestos explican muy poco de esta distribución.

El quinto punto a comentar es que la media de la concentración de NO_2 a la ciudad de Girona en el presente proyecto es de 35,06 microgramos/m³ y la media para esta ciudad en el estudio de Jaume Targa (Targa, 2007) es de 26 microgramos/m³. Esta diferencia puede ser debida a que los datos del estudio de Jaume Targa se basaban en 5 campañas y en nuestro proyecto solo se utilizaron 2. Otro posible factor es que los lugares de medida de ambos proyectos son diferentes ya que en el estudio de Jaume Targa se observaron 21 puntos de la ciudad de Girona y en el presente proyecto sólo se han observado 18 puntos. Un tercer factor puede ser que en el estudio de Jaume Targa en todos los puntos se tenían datos para todas las campañas y en puntos concretos para que el análisis fuese mejor se ponían varios captadores, así se consiguen unos resultados más fiables. Como curiosidad, los valores de las medias de concentración, en todos

los casos son menores que el valor límite que contempla la legislación (Real Decreto 1073/2002) que es de 40 microgramos/m³, cabe destacar que en 4 puntos de la ciudad de Girona y 1 en Salt se superan estos límites (ver tabla 5.1.).

6.2. Limitaciones

En el presente proyecto se ha encontrado con diferentes limitaciones que han condicionado los resultados. A continuación se describen.

6.2.1. Limitaciones en la obtención de los datos de [NO₂]

Los participantes no son gente cualificada y pueden haber cometido algún error al colocar los captadores así como en el período de medida (abrir o cerrar los captadores fuera de tiempo), algunos tubos enviados a los participantes no han sido reenviados al CREAL para el posterior análisis y esto ha hecho disminuir el número de observaciones con lo que los resultados son menos fiables porque se alejan de la realidad (ver tablas).

6.2.2. Limitaciones en la obtención de los datos de las variables independientes

Los datos de las variables independientes utilizados no son del todo exactos ya que por ejemplo los datos de la altura y la distancia han sido facilitados por los participantes y, lo han hecho de manera aproximada de modo que se han tenido que modificar ligeramente lo que lleva asociado que los resultados de los análisis no se ajusten completamente a la realidad.

Otra variable que ha sido modificada es la IMD. Sus valores son muy aproximados ya que no se disponía de este dato para cada punto de muestreo ni durante las 24 horas del día. La obtención de los datos para esta variable están detallados en el punto 4.5.

6.2.3. Limitaciones de variables independientes

El modelo seguramente sería mejor si se hubiesen estudiado otros factores tales como la meteorología, la exposición de los tubos al Sol, etc. pero debido a la falta de tiempo y de los datos solo se han estudiado los que, *a priori*, se han considerado más influyentes.

6.3. Propuestas de mejora del modelo

6.3.1. Seleccionar más puntos de observación en el área de estudio

Los nuevos puntos de medición no deben concentrarse en una sola área, es decir, tienen que ocupar una extensión de todo el territorio, de lo contrario no se captaría la variabilidad espacial de la $[NO_2]$ y, como se ha demostrado, la $[NO_2]$ no es la misma en todos los puntos y depende de las características de la zona dónde se encuentra. También, al seleccionar más puntos, el número de observaciones aumenta y los resultados son más aproximados a la realidad, como se ha observado en el análisis de sensibilidad.

6.3.2. Contratar personal para abrir y cerrar los captadores

Con una persona encargada de instalar, abrir, cerrar y enviar correctamente los captadores de NO_2 no habría tantas pérdidas de tubos y esto haría que el número de observaciones aumentara y, en consecuencia, se tendrían más datos para el análisis lo que implicaría la obtención de unos resultados más reales, como se ha visto en el análisis de sensibilidad.

6.3.3. Medición mensual de la IMD

En el presente proyecto se ha utilizado para las dos campañas un mismo y aproximado IMD para un punto. En consecuencia, la influencia del factor tráfico es muy aproximada. Se propone establecer contadores de vehículos (espiras) más cercano a cada punto de muestreo y que se establezca un día al mes y durante las 24 horas (ya que la frecuencia de tráfico no es la misma durante el día que la noche) para tomar los valores, de este modo se conseguiría obtener unos datos más correctos del IMD así como su variación con el tiempo.

6.4. Futuros campos de estudio

Para futuros estudios, se propone obtener un modelo mejor introduciendo nuevos factores. A continuación se describen los factores propuestos.

6.4.1. Densidad de población

Uno de ellos sería la división por zonas del área de estudio en base a los puntos de muestreo y determinar la densidad de población de la zona. Según el *Informe de sostenibilidad de 2007* elaborado por el Observatorio de la Sostenibilidad en España (OSE), en Europa se alcanzaron las medias de concentración anual de

contaminación atmosférica más elevadas en las ciudades con mayor densidad de población.

6.4.2. Meteorología y topografía

Otro factor importante que no se le ha dado mucha importancia en el presente proyecto es la **meteorología y la topografía** del área. Como se ha dicho en la introducción la concentración de los contaminantes se reduce cuando se dispersan en la atmósfera y este proceso depende de factores climáticos como por ejemplo la temperatura, la velocidad del viento, el movimiento de sistemas de altas y bajas presiones y también dependen de la topografía del área. Cuando se da la inversión térmica la mezcla atmosférica se retarda y los contaminantes se acumulan cerca del suelo (Llebot, 2008) lo que hace aumentar la concentración de $[NO_2]$ en los captadores que se encuentran a menor altura.

6.4.3. Tipología de los edificios (calles cañón)

En el estudio que realizó Jaume Targa (Targa, 2007) observó que había calles con una densidad de tráfico baja con una tipología de edificios altos dónde se mesuraban concentraciones de NO_2 que oscilaban entre los 38 y los 51 microgramos/ m^3 . Estas calles son las dichas *calles cañón*, y se caracterizan por altos edificios, bajas densidades de tráfico y altas concentraciones de NO_2 . La gran altura de los edificios impide una rápida circulación del viento y una menor área de dispersión de los contaminantes y, en consecuencia, una acumulación en la superficie de los contaminantes atmosféricos (Llebot, 2008).

7. BIBLIOGRAFÍA

- Libros

- DELGADO DE LA TORRE, R. (2004). "Iniciación a la probabilidad y la estadística". Col·lecció Materials 153, UAB. Departamento de matemáticas.
- GODISH, T. (1997). "Air Quality, 3rd edition". Lewis Publishers/CRC.
- MAYER, M. (1999). "The Urban moment: cosmopolitan essays on the late-20th-century city". Sage Publications.

- Proyectos

- KÜNZLY, N., et al. (Versión marzo 2007). "REGICOR 2000-AIR. Draft study protocols".
- KÜNZLY, N., et al. (Versión junio 2007). "Study protocol air pollution exposure assessment for the REGICOR 2000-AIR study population".
- TARGA BALLESTA, J. (2007) "Avaluació de la qualitat de l'aire a la ciutat de Girona". School of Biological and Molecular Science Oxford Brookes University, por el Ajuntament de Girona.

- Artículos

- BALLESTER DÍEZ, F., et al. (1999). "Efectos a corto plazo de la contaminación atmosférica sobre la mortalidad. Resultados del proyecto EMECAM en la ciudad de Valencia, 1994-96". Revista España Salud Pública.
- BROOK, R.D., et al. (2004). "Air pollution and cardiovascular disease: a statement for healthcare professionals from the expert panel on population and prevention science of the American Heart Association. Circulation núm.109, pág.: 2655-71.
- COLVILE et al. (2001). "The transport sector as a source of air pollution." Atmosphere. Environmental., n.35, pág. 1537–1567, 2001.
- Fenger, J. (1999). "Urban air quality". Atmospheric Environmental n.33, pág. 4877-4900
- GAUDERMAN, J., et al. "The effect of air pollution on lung development for 10-18 yrs.". The new England Journal of Medicine núm. 351, pág.: 1057-67.
- KREWSKI, D., et al. (2004). "Validation of the Harvard 6-Cities Study of M and morality". The new England Journal of Medicine núm. 350. pág.: 198-9.
- KRUPA AND LEGGE (2000). "Application of a stochastic, Weibull probability generator for replacing missing data on ambient concentrations of gaseous pollutants". Elsevier Science Ltd.

KÜNZLY, N., et al. (2000). "Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution". *Lancet* núm. 356, pág. 795-801.

KÜNZLY, N., et al. (2007). "A land use regression model for predicting ambient fine particulate matter across Los Angeles, C.A.". *Journal of Environmental Monitoring*.

- Páginas web

ASOCIACIÓN DE PARALÍTICOS Y MUNISVÁLIDOS DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS. "Mapa a escala de Cataluña".

<http://www.minusval2000.com/version3/ocio/cataluna/index.html> (20-03-2008)

OBSERVATORIO DE LA SOSTENIBILIDAD EN ESPAÑA. "Informe de sostenibilidad 2007".

<http://www.sostenibilidad-es.org/Observatorio+Sostenibilidad/esp/servicios/Indicadores+de+Sostenibilidad/Informe+de+Sostenibilidad+2007/48y49pk07.htm> (26-05-2008)

GUIA CAMPSA. Callejeros.

<http://www.guiacamps.com/gcamps/Ruta/callejero/localizador.aspx?Nivel=00> (20-04-2008)

- Fuentes no publicadas

DOMÈNECH, X. (2007). "Química de la contaminació". Apuntes de clase. UAB.

LLEBOT RAGABLIATI, J. (2008). "Meteorologia i climatologia". Apuntes de clase. UAB.

SALA SERRA, M. (2007). "Epidemiología ambiental". Apuntes de clase. UAB.

8. ACRÓNIMOS Y PALABRAS CLAVE

8.1. Acrónimos

REGICOR: Registre Gironí del Cor.

COV: Compuestos orgánicos volátiles.

GIMC: Grosor de la Íntima-Media de la Carótida

CREAL: Centre de Recerca en Epidemiología Ambiental

IMD: Intensidad Media diaria.

OSE: Observatorio de la Sostenibilidad en España.

8.2. Palabras clave

Calles cañón: calles con edificios altos que no permiten la circulación fluida de masas de aire.

Contaminación atmosférica: cualquier condición atmosférica en la que ciertas sustancias alcanzan concentraciones lo suficientemente elevadas sobre su nivel ambiental normal como para producir un efecto measurable en el hombre, los animales, la vegetación o los materiales.

Dióxido de nitrógeno: sustancia gaseosa cuyo control es imprescindible para determinar el grado de concentración atmosférica.

Marcador: sustancia que permite medir el grado de contaminación de un lugar pero no suele ser el causante principal de los efectos de esta contaminación y de su concentración.

Regresión bivariante: método matemático que modeliza la relación entre una variable dependiente con otra variable independiente y un término aleatorio ε .

Regresión multivariante: método matemático que modeliza la relación entre una variable dependiente con mas de una variable independiente y un término aleatorio ε .

Tubo Palmes: tubo de difusión pasiva de NO_2 . Captador de gas que consiste en un tubo acrílico de 7.1 cm con un diámetro interno de 1.1cm. En el extremo cerrado se coloca un filtro con unas rejillas impregnadas de trietanolamina (TEA) que absorbe el NO_2 del aire.

9. PRESUPUESTO

Presupuesto del proyecto

Influencia de la altura, la anchura de la calle, el tráfico y la densidad de tráfico sobre la concentración de NO2

Cantidad	Concepto	Precio unidad	Subtotal
Gastos directos			
Recursos humanos			
215 Horas dedicadas a la búsqueda de información, reuniones con los directores, aprender a utilizar el programa Stata y a la redacción proyecto			
Desplazamientos (ida i vuelta)			
5 A la UAB		2,88 €	14,40 €
20 Al CREAL y Hospital del Mar		1,44 €	28,80 €
Recursos materiales			
4 Impresión proyecto y resumen		3,00 €	12,00 €
4 Encuadernación proyecto		3,50 €	14,00 €
4 Discos compactos		0,90 €	3,60 €
1 Programa estadístico Stata		90,00 €	90,00 €
Subtotal gastos directos			2.742,80 €
Gastos indirectos:			
15 % de los gastos directos			411,42 €

Base imponible	16% IVA	Total
3.154,22 €	504,68 €	3.658,90 €

10. PROGRAMACIÓN

	Días de 1 a 15	Días de 16 a 30
NOVIEMBRE	Explicación del proyecto	
DICIEMBRE		Entrega programación
ENERO		Entrega 1 ^a . parte introducción
FEBRERO		Entrega 2 ^a . parte introducción
MARZO		Entrega arreglos introducción
ABRIL	Entrega materiales y métodos Aprender a usar el programa Stata	Entrega arreglos materiales y métodos Aprender a usar el programa Stata
MAYO	Entrega resultados	Entrega arreglos resultados
JUNIO	Entrega discusión	Entrega arreglos discusión y entrega de los documentos definitivos
JULIO	Entrega proyecto Elaboración del power point	Defensa oral del proyecto

Leyenda



11. ANEXOS

ANEXO 1: Carta que se les envió a los participantes del proyecto

Benvolgut/da,

Amb la present carta li enviem tot el necessari perquè pugui participar en la realització de les mesures de diòxid de nitrogen (NO_2) per l'estudi REGICOR2000-AIR sobre el qual va ser informat temps enrere.

El paquet que ha rebut conté el que segueix:

- 1 captador (tub de difusió *Palmes*), el suport i la brida per instal·lar-lo (veure figura 1),
- les instruccions per instal·lar i recollir el captador (document 1),
- algunes preguntes sobre la instal·lació, la recollida i la ubicació del captador (document 2),
- dos sobres: un marró i acotxat i un altre gran amb segell i adreça CREAL per retornar el captador i el document 2 per correu al nostre centre quan finalitzin les 4 setmanes de mesures.

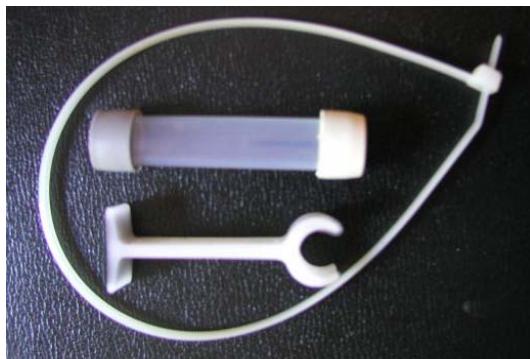


Figura 1. Captador, suport i brida.

Si us plau, llegeixi i segueixi amb atenció les instruccions descrites en el document 2; si té alguna pregunta o dubte al respecte, posi's en contacte amb la Laura Bouso (al final d'aquesta pàgina trobarà les seves dades de contacte).

Aprofitem l'avinentesa per agrair-li sincerament la seva col·laboració en el nostre estudi, gràcies a la qual vostè està contribuint a la recerca sobre malalties cardiovasculars.

Rebi una cordial salutació,

Laura Bouso Castillo

Treballadora de camp de l'estudi REGICOR2000-AIR.

Centre de Recerca en Epidemiologia Ambiental (URRA-CREAL)

IMIM-Hospital del Mar
Parc de Recerca Biomèdica de Barcelona (oficina 183.01 C)
Avda Doctor Aiguader, 88
08003 Barcelona
Tel. 933 160 652; 660 62 30 15 | Fax 933 160 410
lbouso@imim.es; regicor2000air@imim.es; <http://www.creal.cat>;
<http://www.regicor.org/nouregicor/intro.html>

DOCUMENT 1: INSTRUCCIONS PER INSTAL·LAR I RECOLLIR ELS CAPTADORS.

Ha d'instal·lar i **DESTAPAR** el captador el dia: **5 de Juny del 2007**.

En el cas de que se n'oblidi o no pugui instal·lar-lo aquest dia, si us plau **faci-ho el més properament possible** a aquesta data (un dia abans o després de la data indicada) i escrigui el dia de la instal·lació a la PART A del document 2. Si li és possible instal·lar el captador el dia anteriorment esmentat, escriguí'l igualment a la PART A del document 2.

El captador ha de mesurar **l'aire exterior**, no l'aire interior. La ubicació adequada ha de ser davant o a prop de la finestra de l'habitació que dóna al carrer (si hi ha algun carrer). S'haurà d'evitar que el captador estigui situat a prop de: plantes i vegetació, aparells d'aire condicionat, ventilacions de garatges, zones d'aire estancat, zones on es reuneix la gent per fumar (ja sigui una zona situada en el mateix pis on estarà el captador o en un pis inferior), galeria interior cap a on la cuina pot estar encarada.

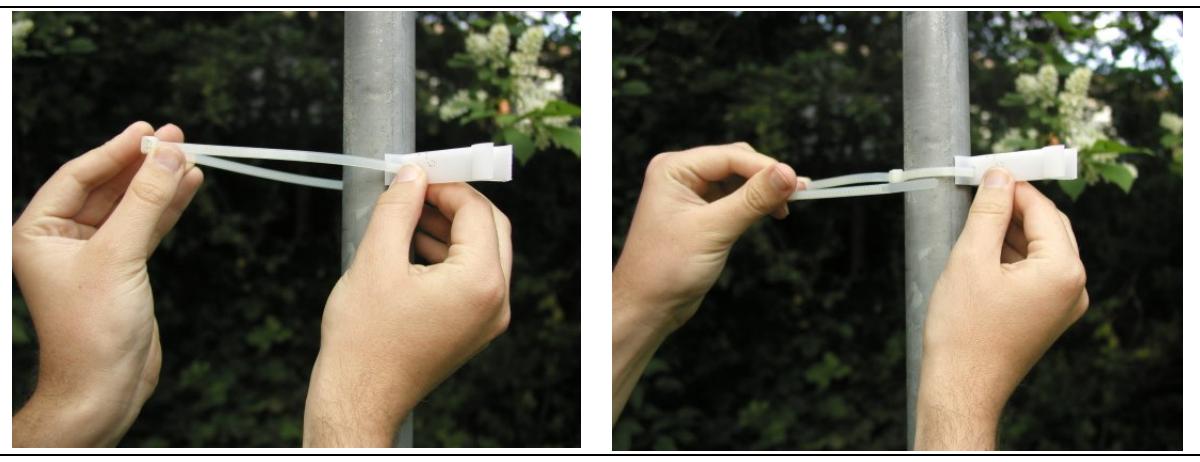
Ha de recollir i **TANCAR** el captador el dia: **3 de Juliol del 2007**.

En el cas de que se n'oblidi o no pugui recollir-lo aquest dia, si us plau **faci-ho el més properament possible** a aquesta data, abans o després del dia indicat, i escrigui el dia de la recollida a la PART B del document 2. Si li és possible recollir el captador el dia anteriorment esmentat, escriguí'l igualment a la PART B del document 2.

A continuació es descriuen els passos que ha de seguir per instal·lar i recollir el captador.

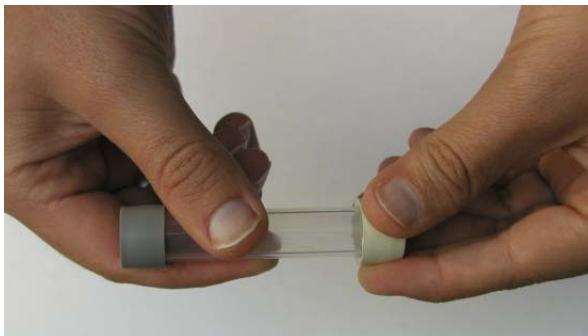
A. Inici de les mesures.

1. Instal·li el suport i la brida del captador a la ubicació adequada descrita en la pàgina anterior, tal i com s'indica a les figures 2 i 3. Faci-ho en algun lloc pròxim a la finestra, com ara els barrots d'un balcó, en una antena, una canal, etc. És important que el lloc escollit sigui de fàcil accés i que no posi en perill la seva salut.

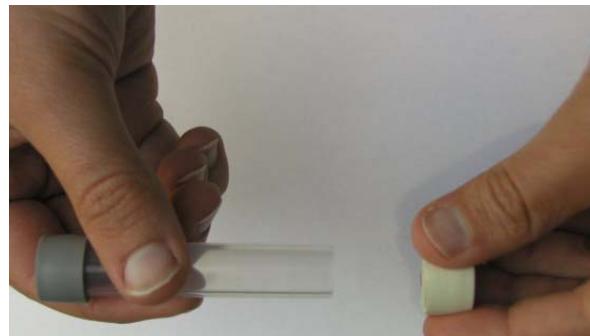


Figures 2 i 3. Instal·lació del suport.

2. El dia indicat a l'inici d'aquest document tregui el tap blanc del captador (figures 4 i 5) i situi'l al suport de manera que el tap gris del captador quedi a la part superior del tub i la part destapada estigui a la part de baix (figures 6 i 7). En el cas de que se n'oblidi o no pugui destapar-lo aquest dia, si us plau faci-ho el més properament possible a aquesta data, abans o després del dia indicat (un dia abans o un dia després com a màxim).



Figures 4 i 5. Obertura del captador.



Figures 6 i 7. Col·locació del captador al suport.

3. Guardi el tap blanc del captador dins del sobre marró on el captador estava prèviament guardat (el necessitarà una altra vegada després de 4 setmanes per tapar el captador).
4. Empleni la PART A del document 2. La **DATA i l'HORA d'obertura són molt importants**, no s'oblidi d'escriure-les.
5. Durant les 4 setmanes que es realitzaran les mesures vostè no ha de fer res. Simplement, asseguri's de que el tub està al seu lloc i obert (per exemple, que no està cobert per altres coses) i de que ningú hi fuma a prop.
6. En cas de que durant el període de mesures s'esdevingui alguna situació que pugui influir en les mesures enregistrades pel captador (per exemple: molta pluja, fort vent, radiació solar constant, pols provinent d'alguna font propera, etc) **no alteri la ubicació del tub ni el tapi amb cap material per protegir-lo de condicions adverses**; simplement anoti les circumstàncies especials en l'apartat d'observacions de la PART B del document 2. Tanmateix, si es troba el captador fora de la seva ubicació (per exemple, caigut al terra...) torni'l a instal·lar i anoti-ho

a l'apartat d'observacions (indiqui el dia que l'ha trobat caigut i el dia que el torna a instal·lar).

B. Fi de les mesures.

1. Al final de les 4 setmanes de mesures (és a dir, la data indicada al principi d'aquest document) simplement tanqui bé el tub amb el tap blanc original i tregui'l del suport. En el cas de que se n'oblidi o no pugui recollir-lo aquest dia, si us plau faci-ho el més properament possible a aquesta data, abans o després del dia indicat (un dia abans o un dia després com a màxim).
2. Empleni la PART B del document 2. La **DATA i l'HORA de recollida són molt importants**, no s'oblidi d'escriure-les.
3. Posi el captador a dins del sobre marró acotxat (no cal que hi posi el suport a dins d'aquest sobre ja que li servirà per les properes mesures), tanqui'l i posi'l a dins del sobre blanc plegat que ja té segell i en el qual s'indica l'adreça del CREAL. Inclogui també dins del sobre blanc el document 2 que ha emplenat, tanqui el sobre i dipositi'l a la bústia més propera.
4. Si us plau, asseguri's de que envia el sobre **menys de 5 dies després d'haver tancat el captador** (el CREAL l'ha de rebre en menys de 10 dies des de que s'hagi tancat). Des de que el tub es tanca fins que vostè l'envia per correu el captador s'ha de mantenir a la nevera o bé en lloc sec.

Pels propers períodes de mesures vostè rebrà un altre paquet amb el mateix contingut que aquest i haurà de seguir el mateix procés. Haurà d'instal·lar el captador en la mateixa ubicació, a no ser que se li indiqui el contrari (en aquest cas, se li facilitaran les instruccions pertinents sobre on instal·lar-lo).

**DOCUMENT 2: INFORMACIÓ SOBRE LA INSTAL·LACIÓ, RECOLLIDA I
UBICACIÓ DEL CAPTADOR.**

Número del tub: _____

PART A. Si us plau, a l'INICI de les mesures empleni les següents preguntes.

1. El seu nom i la seva adreça de correu electrònic:

2. Informació sobre el carrer al que dóna el captador o carrer més proper:

a. Adreça (nom del carrer, número del carrer, pis, codi postal i ciutat):

b. Els edificis que hi ha al carrer més proper a on està situat el captador són, **principalment...** (*subratlli només una de les següents opcions, la que cregui que s'assembla més a la realitat*):

- i. ... cases unifamiliars
- ii. ... edificis baixos (1, 2 o 3 pisos)
- iii. ... edificis alts (4 pisos o més)
- iv. quasi no hi ha edificacions al voltant (casa aïllada)

c. Número de carrils del carrer: _____

d. Alçada del captador respecte al terra del carrer: _____

e. Distància aproximada del captador a la cruïlla més propera (en horitzontal): _____

f. Distància aproximada del captador a la vorera (en horitzontal):

3. Indiqui la **DATA** i l'**HORA** en que ha obert el tub (dd/mm/yy; hh:mm):

Data: _____ / _____ / _____; **Hora:** _____ : _____

4. El tub està directament exposat al sol (subratllí totes les opcions que cregui oportunes):

- ...mai
 - ...al matí
 - ...a la tarda
 - ...al vespre

PART B. Si us plau, al FINAL de les mesures empleni les següents qüestions.

1. Indiqui la **DATA** i l'**HORA** en que ha tancat el tub (dd/mm/yy; hh:mm):

Data: ____ / ____ / ____; **Hora:** ____:

2. Escrigui qualsevol comentari o observació sobre situacions especials que han succeït durant la instal·lació, recollida i/o al llarg del període de mesures que consideri que hagin pogut influir en les mesures.

Per exemple: si el captador ha caigut al terra (dia en que ha caigut i dia en que el torna a instal·lar), si hi ha mal temps (molt de vent i/o de pluja...), si hi ha alguna obra en construcció a prop que produueixi molta pols, etc.

ANEXO 2: Tabla y gráfico del estudio de concentración de NO₂ a la ciudad de Girona entre los años 1998 y 2006

Mes	Girona
1	37,2067
2	38,0730
3	30,9818
4	28,7409
5	29,2286
6	26,6942
7	27,6522
8	26,4359
9	31,0596
10	35,4066
11	33,5328
12	37,6939

