



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Máster

Geovisualización y predicción de los valores de NO₂ como contaminantes ambientales con posibles efectos en el crecimiento y desarrollo infantil: el caso de estudio en Gipuzkoa en el marco del proyecto INMA (Infancia y Medioambiente)

Autor/es

Asier Anabitarte Riol

Director/es

María Sebastián López

Aitana Lertxundi Manterola

Facultad de Filosofía y Letras

2016

RESUMEN:

El siguiente trabajo, forma parte del proyecto INMA, cuyo objetivo es el de estudiar el papel de los contaminantes ambientales más importantes en el aire, agua y en la dieta durante el embarazo e inicio de la vida y sus efectos en el crecimiento y desarrollo infantil. En concreto, este Trabajo Fin de Máster surge de la necesidad de crear un modelo de *Land Use Regression* (LUR) para la creación de un patrón territorial de predicción de NO₂ del área de estudio de INMA Gipuzkoa. La geoespacialización de algunas de las variables ya contempladas en el proyecto, junto a la modelización mediante SIG de otras variables territoriales: (usos del suelo, incidencia de tráfico, cercanía a centros escolares...), permiten ampliar la información sobre la realidad territorial analizada. En análisis espacial realizado complementa y mejora el análisis estadístico sanitario. Además, la visualización de la información permite identificar diferentes patrones y posibilita el establecer “áreas críticas” de emisión de NO₂, estableciendo de este modo, lugar de priorización para la intervención en cuestiones de Ordenación Territorial (mejora las condiciones ambientales y planificación de la actuación sanitaria).

ABSTRACT:

The following work is part of the INMA (Infancia y MedioAmbiente) project, whose objective is to study the influence of the most important pollutants in the air, in the water and in the diet during the pregnancy and early life and its effects in the growing up and development of the children. Particularly, this Master Thesis comes up from the necessity of creating a model of Land Use Regression (LUR) to build a territorial pattern to predict the NO₂ in the studied area in INMA Gipuzkoa. The geoespacialitation of some of the already studied factors, as well as the modeling of other territorial factors by using GIS: (land uses, traffic incidence, proximity to school center...), allow to extent information about the analyzed territorial situation. The spatial analysis carried out complements and makes the statistical sanitary better. Moreover, the display of the information allows to identify different patterns and enables to establish “critic areas” of NO₂ emission, this way giving chance to settle down a prioritized place for interventions in matters of Land Use Planning (improvement of ambient condition and sanitary actuation planning).

PALABRAS CLAVE:

NO₂, variables, captador pasivo, modelo LUR, SIG, INMA, análisis estadístico

KEYWORDS:

NO₂, variable, passive sensor, LUR model, GIS, INMA, statistic analysis

ÍNDICE

1.	Introducción	4
1.1.	Antecedentes previos y estado de la cuestión.....	4
1.2.	Justificación.....	8
1.3.	Objetivos.....	9
2.	Área de estudio.....	9
3.	Metodología	14
3.1.	Medición de NO ₂ en aire- Trabajo de campo.....	14
3.2.	protocolo de estudio	17
3.3.	caracterización y modelización de las Variables SIG predictores.....	18
3.4.	Análisis estadísticos	33
4.	Resultados	35
4.1.	Resultado cartográficos	44
5.	Propuestas de mejora	45
6.	Discusión	45
7.	Valoración personal	46
8.	Conclusiones.....	47
9.	Bibliografía.....	49
10.	Anexos	51

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1:	Mapa del área de estudio.....	10
Mapa 2:	Mapa físico del área de estudio.....	11
Mapa 3:	Mapa de grupos para la colocación de los captadores	15
Mapa 4:	Variable valles.....	20
Mapa 5:	Variable de IMD de tráfico	21
Mapa 6:	Variable calle peatonal	22
Mapa 7:	Variable de población total	24
Mapa 8:	Variable usos del suelo.....	29
Mapa 9:	Variable centros de enseñanza.....	32
Mapa 10:	Valores atípicos de la muestra.....	37
Mapa 11:	Inversa de distancia (IDW).....	44

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este trabajo es estimar los niveles de NO₂ en los participantes del estudio INMA y elaborar un mapa de exposición de NO₂ para las comarcas de Medio-Urola y Goierri, Gipuzkoa. Los valores de NO₂ se consiguen mediante captadores pasivos que se colocan en diferentes puntos del área de estudio a lo largo de un período de tiempo. Una vez obtenidos los datos de NO₂ y mediante diferentes variables, fuente SIG (indirectas o indirectas construidas) o recogidas por otras fuentes de información directas (habitantes desde EUSTAT, por ejemplo), se construye el modelo LUR (Land Use Regression). El modelo LUR se aplicará a sujetos del estudio INMA y mediante el método de interpolación de IDW se construirá el mapa de exposición de NO₂.

Los datos utilizados para el Trabajo Fin de Master (TFM) del máster de “Ordenación territorial y medioambiental” del departamento de Geografía y Ordenación del Territorio de la Universidad de Zaragoza provienen del proyecto INMA-Gipuzkoa (www.proyectoinma.org). El proyecto INMA (Infancia y MedioAmbiente) es un estudio epidemiológico de seguimiento prospectivo cuyo objetivo es investigar el papel de los factores ambientales en el período prenatal y postnatal y sus efectos durante el crecimiento fetal y en el desarrollo (físico y neuropsicológico) infantil. En el estudio INMA participan 4 cohortes españolas; Asturias, Gipuzkoa, Sabadell y Valencia.

Actualmente INMA-Gipuzkoa se encuentra en la fase de 8-9 años y este trabajo de fin de máster utilizará los datos domiciliarios de los participantes de INMA-Gipuzkoa para estimar la exposición a NO₂ a esa edad. Además de ello, se construirá un mapa de exposición de NO₂ para toda el área de estudio, siendo un instrumento muy útil para políticas de prevención y/o actuación.

1.1. ANTECEDENTES PREVIOS Y ESTADO DE LA CUESTIÓN

La **Geografía Médica o Geografía de la salud** es entendida como la rama de la Geografía que se encarga de la aplicación del conocimiento geográfico, sus métodos y técnicas a la prevención y estudio de enfermedades (Verhasselt Y, 1993).

La conveniencia del uso de herramientas de información geográfica en salud ambiental es patente, tanto en la planificación de actividades como en la evaluación, control y vigilancia de los elementos de diverso tipo que participan en los procesos de exposición de la población humana a contaminantes ambientales. Esto es así porque los riesgos ambientales para la salud se verifican siempre a través del territorio, lo que quiere decir que para su conocimiento y gestión hay que considerar las variables en su interconexión espacial. (Aránguez Ruiz, E. et al, 2012)

La relación **territorio y salud** ha sido tratada a lo largo de la historia desde antiguo, comenzando por la obra de Hipócrates (siglo IV a.C) *De los aires, las aguas y los lugares*. En este tratado relaciona

suelo, agua y modos de vida con la enfermedad. (Áranguéz, E. et al., 2012). Después, se incorpora la medicina de una manera más oficial siendo reconocida la labor de los geógrafos de la salud.

La **Geografía Médica** nace como disciplina entrado el siglo XX. En un primer momento, solo se ocupa de marcar las distribuciones de las enfermedades infecciosas y parasitarias trabajando a una escala de análisis mundial o de países en desarrollo. A raíz de la definición de Salud la Organización Mundial de la Salud en 1948 aparece un renovado interés por la Geografía de la Salud, al incluir en el concepto de salud el bienestar físico, psíquico y social. A partir de la década de 1970 numerosos grupos de investigación en Reino Unido, Canadá, Francia y Estados Unidos centran sus trabajos en enfermedades no infecciosas, las enfermedades crónicas, y en concreto en el cáncer. Se modifican las enfermedades a estudiar y el ámbito de estudio se centra en los países más desarrollados. La escala de análisis pasará a centrarse en los espacios urbanos e interurbanos y los contenidos abarcan una amplia variedad de temáticas en relación a Geografía de la Salud, con estudios que se expresan a través de mapas. Se analizan factores de riesgo como ruido, contaminación del aire, accidentes de tráfico o el envejecimiento de la población. (Áranguéz Ruiz, E. et al, 2012)

La exposición humana a agentes ambientales es el centro de interés de una forma u otra del trabajo en **salud e epidemiología ambiental**. Ya se trate de la vigilancia, evaluación o control de una exposición, sea esta real o potencial, se deben estudiar las relaciones que se producen en el espacio y en el tiempo entre un teórico punto o zona donde se producen las emisiones de esos agentes ambientales y los puntos o zonas en las que habita, trabaja, vive la población. Porque la vigilancia de riesgos ambientales para la salud es la vigilancia o evaluación continua de la exposición de la población a determinados riesgos ambientales, y esta exposición se produce necesariamente en un determinado contexto espacial y temporal. (Áranguéz Ruiz, E. et al, 2012)

La **contaminación del aire**, por ejemplo, representa un importante riesgo medioambiental para la salud. Existe clara evidencia sobre el efecto nocivo de los contaminantes atmosféricos en la salud reproductiva y en la salud en general (Burden of Disease, 2013). Según la OMS, la contaminación atmosférica en las ciudades y zonas rurales de todo el mundo provoca cada año 3,7 millones de defunciones prematuras. La contaminación atmosférica **asociada al tráfico** representa uno de los problemas de salud pública más importantes en las ciudades (WHO, 2005). La evidencia de efectos adversos sobre la salud de la exposición a material particulado (especialmente a partículas finas) es cada vez más consistente, no habiéndose hallado un nivel umbral por debajo del cual no existan efectos en salud (WHO, 2005). Concretamente en Europa se ha estimado que la contaminación atmosférica procedente del tráfico es responsable cada año del 3% de la mortalidad total en adultos, de 25.000 nuevos casos de bronquitis en adultos y de casi 300.000 episodios de bronquitis en niños,

entre otros efectos (Kunzli N et al., 2000). En consecuencia, la mejora de la calidad del aire en las ciudades es un objetivo prioritario (EEA, 2006). Las concentraciones de los contaminantes asociados al tráfico varían dentro de las ciudades, siendo más elevadas en las proximidades de las fuentes de emisión. Este contraste entre zonas de proximidad al tráfico y zonas de fondo urbano es muy pronunciado para contaminantes primarios como el óxido nítrico (NO) o las partículas ultra finas, los cuales muestran un descenso importante en su concentración a una distancia inferior a 100 m de calles con tráfico elevado (Henderson S.B. et al., 2007). Para contaminantes como el NO₂, que tienen origen primario y secundario, el gradiente es ligeramente más suave (Gilbert N.L. et al., 2007), mientras que PM_{2,5} y PM₁₀ muestran ya una distribución espacial considerablemente más homogénea (Henderson S.B. et al., 2007).

La evaluación de la exposición a contaminación atmosférica urbana no es una tarea fácil, debido a la compleja mezcla de contaminantes presentes en el aire y a la gran variabilidad temporal y espacial que presentan la mayoría de ellos, incluso a pequeña escala. Un ejemplo de lo segundo es que la variabilidad espaciotemporal de contaminantes como los NO_x o las partículas ultra finas dentro de las ciudades puede superar a la variabilidad entre ciudades (Briggs D.J., 2000). Este hecho, junto con la creciente contribución del tráfico rodado como fuente principal de contaminación del aire en ambientes urbanos, justifica que una correcta evaluación de la exposición humana a contaminantes atmosféricos dentro de las ciudades constituya actualmente un área de investigación prioritaria en el ámbito de la epidemiología ambiental (Brunekreef B y Holgate S.T., 2002).

Uno de los métodos más comunes para evaluar la exposición de la población de una ciudad a contaminación atmosférica es el uso de los datos procedentes de las redes de vigilancia de la calidad del aire. Estos datos se han usado tradicionalmente en estudios ecológicos de series temporales, pero también en estudios individuales, donde a partir de la residencia de cada sujeto del estudio (en base a su dirección postal, sección censal o código postal), se le asignan los niveles de contaminación medidos en la estación o estaciones más cercanas durante el periodo de estudio. Su principal ventaja es, aparte de su bajo coste, que proporciona información sobre la variabilidad temporal de la contaminación atmosférica, pues según el contaminante se pueden obtener hasta niveles semihorarios. Sin embargo, la **variabilidad espacial** suele ser bastante pobre, lo cual plantea problemas importantes de mala clasificación de la exposición.

En los últimos años, los avances producidos en los **Sistemas de Información Geográfica (SIG)** y técnicas estadísticas asociadas se han expandido al campo del análisis de la exposición y de la epidemiología. Gracias a estos avances la estimación de la exposición a contaminantes atmosféricos es mucho más precisa.

Gracias a Víctor Olaya, autor del libro *Sistemas de Información Geográfica*, publicado en el 2011 se puede saber el proceso de **desarrollo que ha sufrido el SIG** desde sus inicios. Según el autor “El desarrollo sufrido por los SIG desde sus orígenes hasta nuestros días es enorme. La popularización de las tecnologías y los esfuerzos de desarrollo llevados a cabo por un amplio abanico de ciencias beneficiarias de los SIG han contribuido a redefinir la disciplina e incorporar elementos impensables entonces”.

Al principio de la década de los setenta, siendo ya claro que los SIG son herramientas con gran futuro, aparecen no solo los esfuerzos de desarrollo y estabilización de la disciplina, sino todos los restantes que dan entidad propia a la prometedora ciencia de la información geográfica con base informática.

Esta popularización de la herramienta, acompañada de la disponibilidad creciente de ordenadores personales, hace que los SIG pasen de ser elementos al alcance de unos por disponibles para todos los investigadores en una gran variedad de ámbitos. La multidisciplinaridad de los SIG como útiles de trabajo para todas las ciencias del medio se ve reforzada a partir de este momento con continuas aportaciones por parte de estas y la aceptación del SIG como un elemento más dentro de innumerables campos de trabajo.

Gracias a las **mejoras de los SIG** en los últimos años se han publicado cientos de artículos relacionados con la exposición a partículas y NO_2 con mejores estimaciones de exposición. Uno de los modelos más utilizados en epidemiología ambiental para estimar la exposición a contaminantes relacionados con el tráfico, como es el NO_2 , es el modelo Land-Use Regression (LUR).

Los modelos **Land-use Regression (LUR)** o mapas de predicción fueron desarrollados por primera vez por Briggs D.J. et al. (1997). Los modelos Land-use Regression (LUR) o mapas de regresión se han convertido en una herramienta muy prometedora para evaluar la variabilidad intraurbana de la contaminación atmosférica debido a su alta resolución espacial (Hoek G. et al., 2008; Marshall J.D. et al., 2008). Se trata de recoger los niveles de contaminación medidos en varios puntos de muestreo, junto con una serie de variables predictivas alrededor de esos puntos obtenidas mediante SIG (como datos de tráfico, usos del suelo, densidad de población, altitud, etc.) para construir modelos de regresión. Estos modelos posteriormente se aplican para predecir los niveles en puntos no muestreados, los cuales deben disponer de las mismas variables predictivas. Típicamente los datos de contaminación proceden de varias campañas de medidas llevadas a cabo durante una o dos semanas a lo largo de varios meses, de manera que la media de las campañas representa con bastante fiabilidad la media anual para cada punto de muestreo (Lebret E, et al., 2000). El principal inconveniente de este método es su especificidad ligada al área de estudio (es decir, su aplicabilidad a otros ambientes

urbanos es limitada) y que requiere variables en formato SIG de calidad, así como un número de puntos de muestreo suficiente y bien repartido, especialmente entre las zonas de tráfico que son las que presentan mayor variabilidad espacial. Dado que los mapas de regresión reflejan con precisión la variabilidad espacial pero no la temporal (pues representan medias anuales), en estudios epidemiológicos donde interese definir la exposición durante un periodo de tiempo concreto (como puede ser el embarazo) los modelos LUR se suelen ajustar temporalmente usando los niveles diarios de contaminación atmosférica medidos en una estación fija durante el periodo de interés (Slama R, et al., 2008).

Se ha visto que a nivel local, el hecho de que, dentro de una misma ciudad, las diferencias en la exposición a contaminación atmosférica estén asociadas con efectos en salud (tanto problemas en salud reproductiva como salud en la población general) debería tener implicaciones sobre el **planeamiento urbanístico**. El diseño de una ciudad influye en numerosos factores relacionados con la exposición a contaminantes atmosféricos, desde la cantidad de emisiones hasta la actividad física (incluyendo los desplazamientos a pie) de sus habitantes (Marshall J.D., et al., 2009). Cada vez más ciudades, de manera **preventiva**, cuentan con planes municipales de mejora de la calidad del aire, los cuales suelen contemplar medidas como limitar la circulación de vehículos en zonas céntricas, aumentar el número de aparcamientos subterráneos en detrimento de los superficiales o posibilitar el uso de medios de transporte alternativos al automóvil como la bicicleta.

1.2. JUSTIFICACIÓN

El trabajo se justifica por la necesidad de la geovisualización de los niveles de NO₂ en el área de estudio de INMA Gipuzkoa. La utilización de la modelización cartográfica para la visualización directa de los datos es una herramienta muy importante para el posteriormente poderse plantear nuevas hipótesis, además de las obtenidas mediante el modelo estadístico sanitario. La geovisualización aporta al estudio una manera distinta de ver los resultados, con la representación cartográfica se pueden observar los datos de una manera menos abstracta, proporcionándole a los resultados su contexto espacial para así poder observarlos en el territorio de una manera diferente pudiendo hacer distintos análisis teniendo en cuenta datos que antes no se habían podido apreciar.

Dado que el estudio es sobre los valores de NO₂ en el área de estudio INMA Gipuzkoa y que esta tiene una índole de territorio es necesario la geovisualización de los resultados para una mejor interpretación de ellos.

1.3. OBJETIVOS

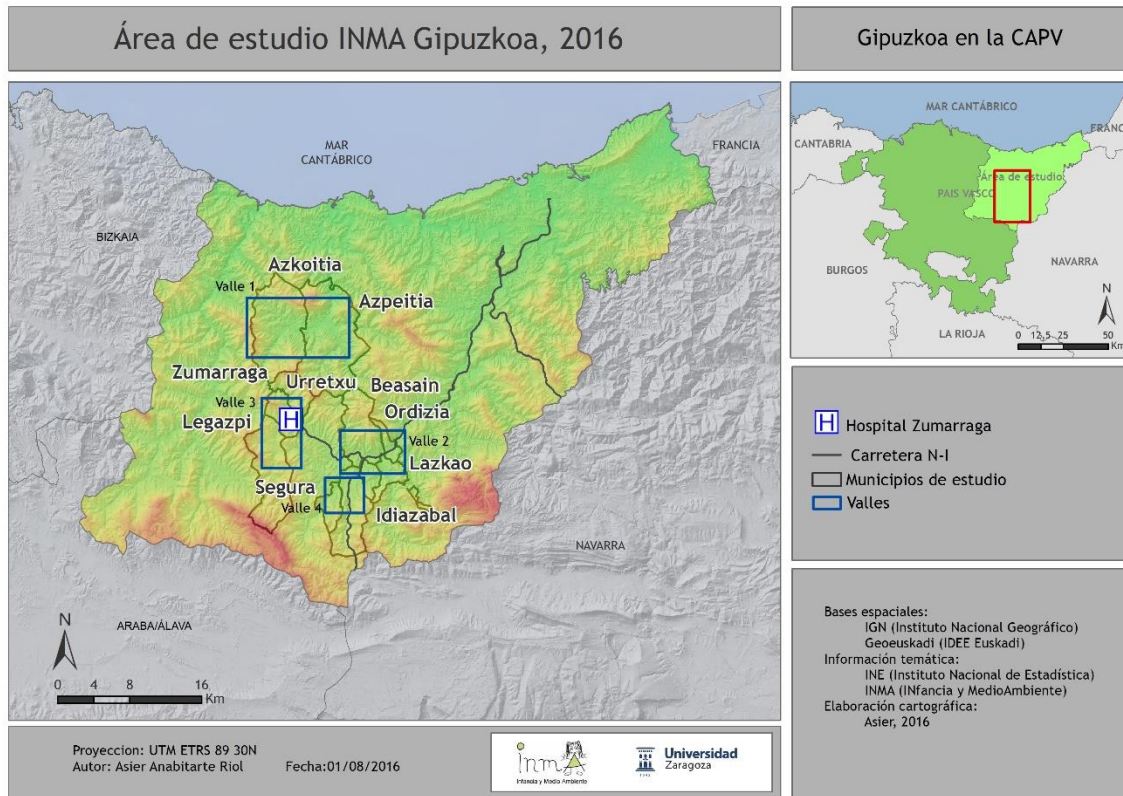
El objetivo principal del trabajo es estimar los niveles de NO₂ de los participantes INMA – Gipuzkoa y construir un modelo de Land Use Regression (LUR) para la creación de un patrón territorial de predicción de NO₂ del área de estudio.

Como objetivos secundarios, que nos ayudarán a cumplir nuestro objetivo principal, se establecen:

- Describir los niveles de NO₂ del área de estudio.
- Conseguir intravariabilidad espacial en los captadores pasivos.
- Identificar las variables que predicen el NO₂ en el área de estudio INMA – Gipuzkoa.
- Definir puntos de riesgo para la salud en la zona de estudio.

2. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio corresponde a la cohorte de INMA-Gipuzkoa (<http://proyectoinma.org/>). El estudio INMA es un estudio de seguimiento de madres e hij@s cuyo objetivo es evaluar la exposición prenatal a diferentes factores ambientales y el efecto en el desarrollo físico y neuroconductual de los niños y niñas. El área de estudio INMA-Gipuzkoa abarca 25 municipios que conforman parte de las comarcas de Urola-Medio, Alto Urola y Goierri, País Vasco. Esta zona se caracteriza por tres valles bien definidos, donde la mayoría de los habitantes vive en uno de los ocho municipios más densos de la zona. Para el trabajo se ha tenido en cuenta un cuarto valle en los que se encuentran los municipios de Segura e Idiazabal. Este valle se define por ser menos denso y más abierto.



Mapa 1: Mapa del área de estudio. Fuente: Elaboración propia

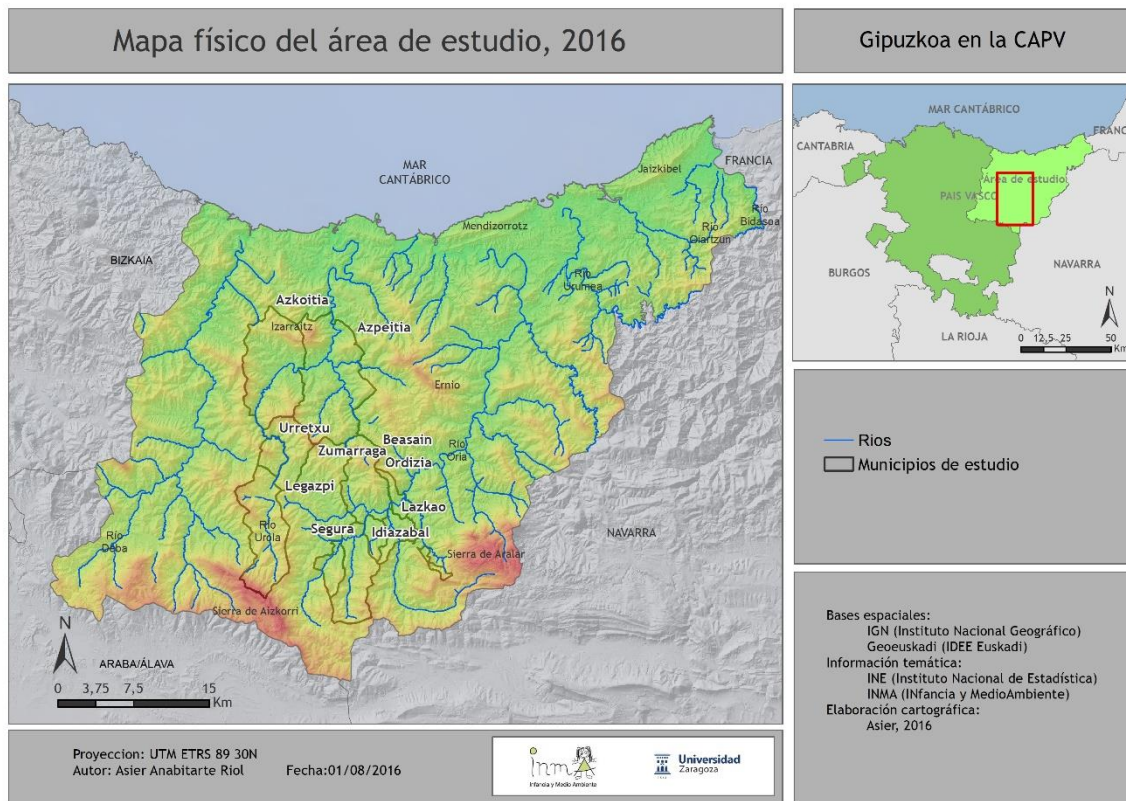
De hecho, el ámbito geográfico del estudio está definido por las mujeres embarazadas del estudio INMA que acude entre 2006-2008 al Hospital de Zumarraga (N=638).

En el caso de Urretxu y Zumarraga durante todo el trabajo se van a tratar como si fueran un municipio, nombrándolo como Zumarraga-Urretxu. La razón por la que se decide unir los dos municipios es por una razón práctica y es que los dos municipios están conurbados y tratarlo como un municipio facilita la distribución de los captadores pasivos.

Para entender mejor el entorno y la importancia de los valles en esta región a continuación se explicaran las **características físicas** que tiene la provincia de Gipuzkoa. Esta explicación tiene como objetivo dar una idea del entorno en el que se encuentran los municipios del estudio.

Los municipios del área de estudio se encuentran en las comarcas de Goierri y Urola que estas a su vez pertenecen a Gipuzkoa. Gipuzkoa es un territorio montañoso sin grandes picos y con valles muy profundos. Gipuzkoa se divide en distintas unidades morfoestructurales. Analizando el territorio de norte a sur la primera unidad morfoestructural es el cordal costero que viene seguida de una depresión sublitoral. Después de esta depresión se levanta un anticlinorio para otra vez al sur del anticlinorio se habrá otra depresión. En esta depresión se encuentran los municipios de Azkoitia y Azpeitia. Es un surco disimétrico excavado sobre rocas blandas en el contacto con las calizas duras. Más al sur aparece

una serie de pliegues alterada por afloramientos de margas triásicas y a esta unidad le sucede un nuevo surco deprimido donde se encuentran los municipios de Beasain, Ordizia, Lazkao, Zumarraga, Urretxu, Segura e Idiazabal. Para finalizar se levanta a modo de paredón el sector más meridional, la sierra de Aizkorri es la zona más conocida de este sector. (www.ingeba.org).



Mapa 2: Mapa físico del área de estudio. Fuente: Elaboración propia + Geoeuskadi

En cuanto al clima, Gipuzkoa tiene un clima atlántico con precipitaciones que rondan los 1500mm anuales y sin meses de sequía. El 65% de los días hay precipitaciones, en cambio, solo el 10% de los días el cielo está despejado. Esto se debe a la situación latitudinal que favorece la llegada de situaciones frontales. En invierno la temperatura media mensual es de 8-10°C en los inviernos suaves y los veranos suelen tener temperaturas medias entre 18°C y 20°C. En el interior de Gipuzkoa, en el área de estudio, las oscilaciones térmicas son mayores que en la costa porque el mar hace que las temperaturas no sean tan extremas.

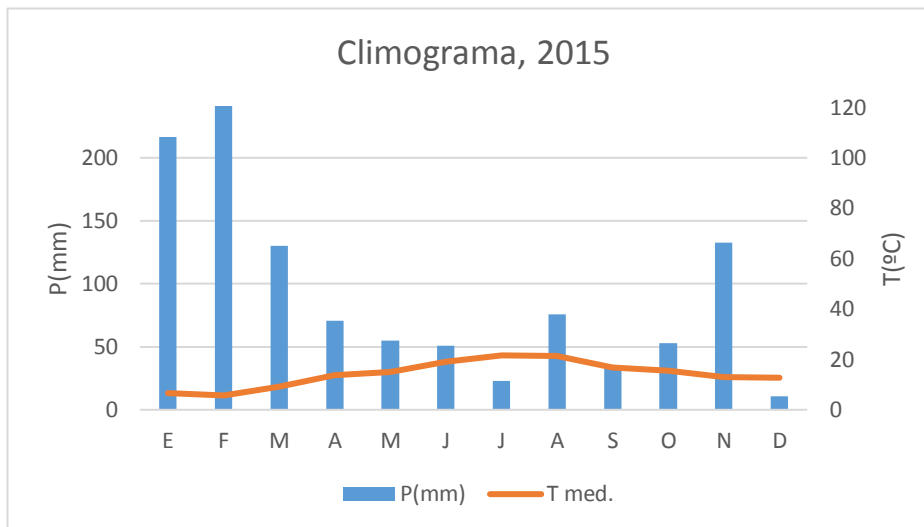


Gráfico 1: Climograma. Fuente: Elaboración propia + Euskalmet

Como se puede apreciar en el climograma hay dos meses de sequía y uno de ellos es un caso muy raro porque en el 2015 hizo un tiempo más normal de verano que de invierno. Por lo normal, suele haber un mes de sequía. Es una zona de muchas precipitaciones y temperaturas no muy altas. Normalmente, los meses de lluvia suelen ser de noviembre a marzo-abril. Se puede decir que hay dos estaciones bien diferenciadas, verano e invierno, y que las otras dos son de transición. La temperatura media no supera los 20°C pero tampoco bajan a menos de 0°C.

Visto el entorno físico también es importante tener una visión sobre el **entorno social** que engloba parte de las mujeres y niños y niñas que participan en el estudio INMA-Gipuzkoa. Para ello, se explica la estructura poblacional, los usos del suelo, la tradición del caserío, la importancia de la industria y de la carretera "Nacional 1" (N-1).

La estructura poblacional se ha creado teniendo en cuenta los 10 municipios. Para ello se han sumado los datos de población de los 10 municipios con los que se ha trabajado.

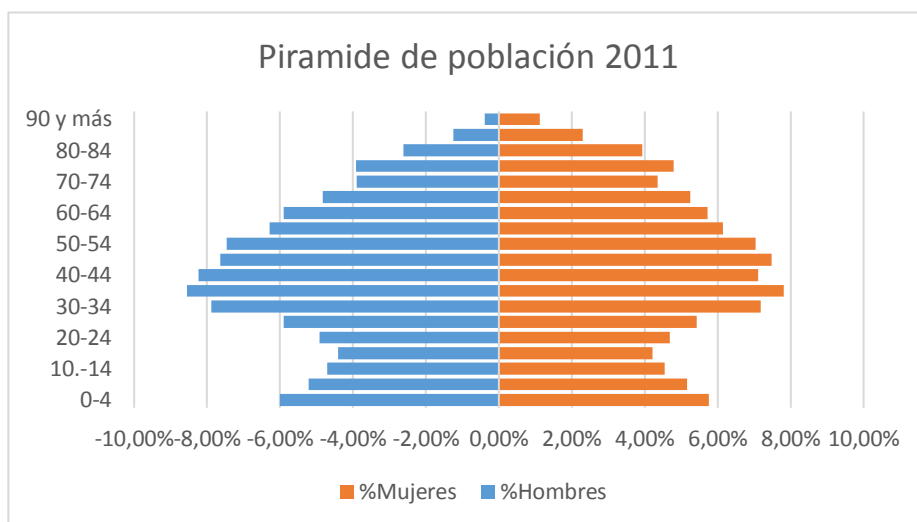


Gráfico 2: Pirámide de población del área de estudio. Fuente: INE+ Elaboración propia

La población total del área de estudio es de 83974 personas, 42239 hombres y 71735 mujeres. En cuanto a la estructura de la pirámide la zona más ancha se encuentra los rangos de edad de 35 a 60 años, por el “baby boom” de 1960. La base de la pirámide ha tenido una tendencia de ensancharse en los últimos años comparándolo con los rango de 10 a 20 años que es un periodo donde la tasa de fecundidad era muy baja. La esperanza de vida es mayor para las mujeres. La estructura de la pirámide es una estructura irregular.

En cuanto a los usos del suelo del área de estudio se ha utilizado la fuente de información de Udalplan 2015. Udalplan es un producto del Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial del Gobierno Vasco, que recoge el inventario sobre los ámbitos de suelo Residencial y de Actividades Económicas de la Comunidad Autónoma del País Vasco (CAPV). En los municipios del área de estudio el uso de suelo residencial es de 544,53 hectáreas, mientras que el suelo destinado para las actividades económicas ocupa 624,7 hectáreas. Los sistemas generales, es decir, los equipamientos, infraestructuras, carreteras, vías de tren... ocupan 781,62 hectáreas y las zonas no urbanizables tienen 25888,95 hectáreas. Según Udalplan 2015 la suma de las superficies de los municipios (10 municipios: Azkoitia, Azpeitia, Beasain, Idiazabal, Lazkao, Legazpi, Ordizia, Segura, Urretxu y Zumarraga) es de 27842 hectáreas.

El área de estudio se centra en zonas de montaña donde los espacios urbanos quedan en los fondos de los valles mientras que todo lo demás queda como espacio verde. Tradicionalmente ha sido una zona donde se situaban caseríos vascos agrícolas donde vivía la mayor parte de la población vasca. Siempre se vivió de lo que se cultivaba en el caserío hasta casi la llegada de la industrialización que es cuando se dio un importante proceso de éxodo rural en busca de mejores condiciones de vida. Los

caseríos han ido disminuyéndose según ha avanzado el tiempo siendo hoy en día casi una parte más de la cultura vasca sin casi importancia en la economía de la provincia, no como antes. Algunos de los espacios verdes han sido urbanizados pero otros solamente han cambiado su función y la mayoría de las tierras que se utilizaban para la agricultura han pasado a ser de uso forestal.

La región se caracteriza por ser una zona con mucha producción industrial. El tipo de industria que hasta hace poco se podía ver en la zona era de industria pesada, industria siderometalúrgica. Una industria que contamina más y que necesita de más suelo. La industria ha sido el sostén económico de la zona con multinacionales muy importantes como CAF (Beasain-Ordizia), Arcelor Mital (Zumarraga), Corrugados (Azpeitia), AMPO...

La mayoría de las empresas son siderúrgicas y en pleno auge económico tenían una producción muy alta que se veía reflejado en una contaminación del aire y del río muy alta. En el año 2008 con la llegada de la crisis y hasta hoy en día muchas de las empresas tuvieron que cerrar o disminuir la producción. Muchas papeleras y empresas siderúrgicas tuvieron que echar el cierre y esto también se ha reflejado en la calidad del aire.

Por otra parte, el área de estudio está muy ligada a la carretera N-1. Menos los municipios de Azkoitia y Azpeitia, las demás sufren las consecuencias positivas y negativas de la carretera que unifica Madrid con Francia. La industria tan potente situada en la zona de Goierri, sobretodo, es consecuencia en parte del tramo de N-1 que pasa por ahí, pero también es consecuencia de niveles más altos de contaminación por la cantidad de tráfico que pasa todos los días por la carretera.

Siendo parte de la ordenación territorial lo nombrado hasta ahora es necesario que se tenga en cuenta políticas urbanísticas de prevención y de actuación para el bienestar de la población.

3. METODOLOGÍA

En este apartado se va a explicar la metodología utilizada para la realización del trabajo. En primer lugar se explicara el trabajo de campo realizado para la medición de NO₂ en aire, una vez, realizado en trabajo de campo empieza el trabajo en el gabinete obteniendo variables SIG que servirán para la posterior estimación de NO₂. Para finalizar este apartado, se expone el protocolo que ha seguido el estudio.

3.1. MEDICIÓN DE NO₂ EN AIRE- TRABAJO DE CAMPO

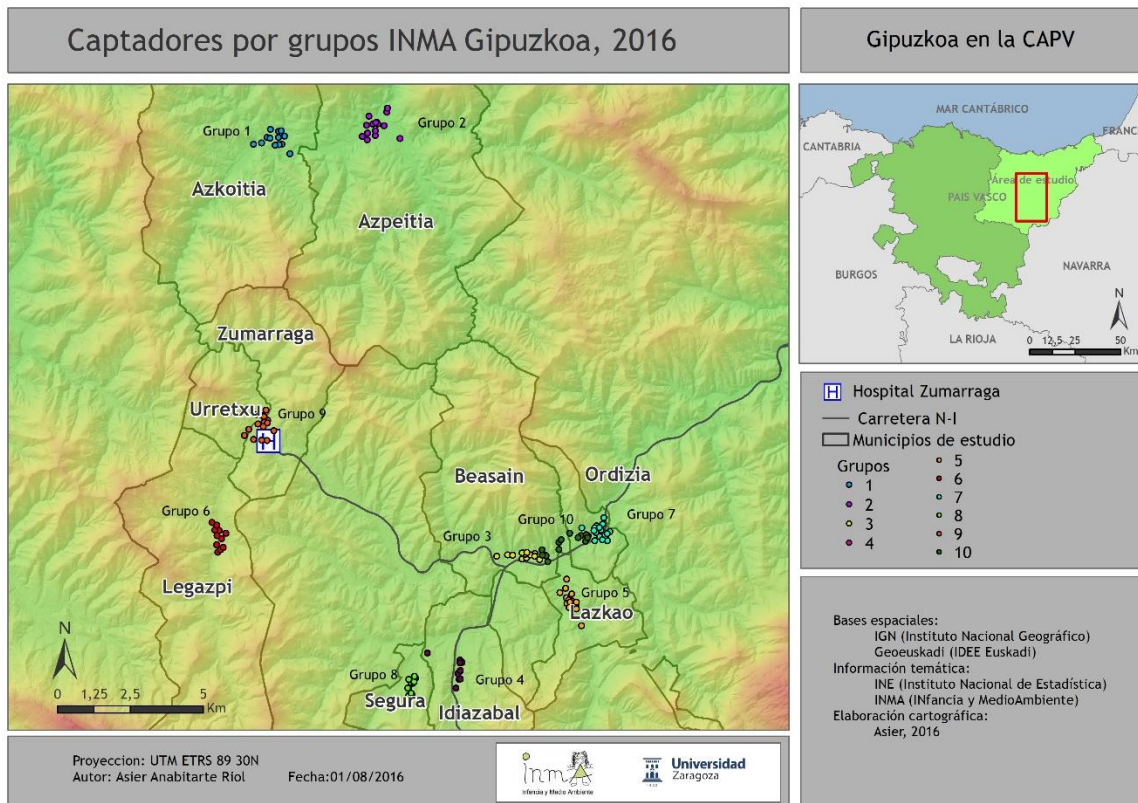
A fin de construir un mapa de NO₂ de la zona de estudio, es preciso medir en algunos puntos y conocer en base a los resultados qué variables SIG ayudan a predecir el NO₂. Para ello, se hizo una salida de campo para la obtención de datos. Se realizó una campaña de NO₂ de 15 días (desde el 19 de

abril hasta el 3 mayo) donde se colocaron 100 captadores pasivos en diferentes puntos siguiendo los criterios del proyecto europeo ESCAPE (www.escapeproject.eu).



Figura 1: Foto de captador pasivo y caja protectora. Fuente: proyecto inma.org

Una vez digitalizados los captadores pasivos se contactó con la gente del proyecto INMA-Gipuzkoa para convocarles para la campaña de NO₂. Convocada la gente se crearon las parejas que el día de la colocación (19 de abril) se iban a repartir por el área de estudio. En total, 20 personas divididas en parejas, por lo tanto, 10 parejas.



Mapa 3: Mapa de grupos para la colocación de los captadores. Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en el mapa los grupos se dividieron por municipios a excepción de Beasain y Ordizia que al ser los municipios con mayor cantidad de captadores pasivos a colocar se repartió en tres grupos. Tal y como se citó unas líneas más arriba los municipios de Urretxu y Zumarraga se han tratado como un único municipio dada la cercanía.

Para que cada grupo tuviera claro donde había que colocar el captador pasivo se sacaron dos fotos, desde distintas perspectivas, de los sitios exactos de los 100 captadores pasivos que había que colocar para que no hubiera ninguna duda de donde colocarlo.



Figura 2: Foto de localización para el captador pasivo nº 56. Fuente: Asier Anabitarte

A cada pareja se le repartió un informe con información de donde tenía que colocar el captador y que datos tenía que recoger. También se les dio unas hojas a rellenar: para recogida de datos del tráfico; para saber el día, la hora y que operario colocaba el captador pasivo; y una última, para apuntar si alrededor había algo que pudiera alterar los niveles de NO_2 (zona de perros, basuras, desagües...). Las dos últimas fichas eran para el Centro Nacional de Salud Ambiental de Instituto Carlos III. (Ver ANEXOS)

Dos semanas antes de iniciar la campaña de NO_2 se informó a cada ayuntamiento vía correo electrónico y vía telefónica dos días antes de la puesta de que se iban a colocar los captadores pasivos y en qué puntos iban a ser colocados.

Una vez preparados los grupos y los informes para cada uno de ellos y tras la llegada del material del Instituto Carlos III, se preparó el material necesario para cada pareja que constaba de lo siguiente:

- Tres tapas para construir la caja de protección del captador pasivo
- El envase del captador pasivo
- El triángulo para sujetar el captador pasivo
- Bridas para sujetar la caja de protección a las farolas o tubos de desagüe.
- Los captadores pasivos (estos había que mantenerlos fríos)
- Bolsa refrigerante
- Cúter
- Placas de hielo enfriadoras de neveras
- Escalera

Una vez preparado el material se convocó a todas las parejas el 15 de mayo para explicar cómo había que colocar los captadores pasivos, había gente que lo había hecho antes y otros que no, resolver dudas y repartir el material.

El día de la colocación de los captadores pasivos, 19 de mayo, también se recogieron datos de tráfico para luego crear la variable de Intensidad Media Diaria (IMD) de tráfico. Para ello, en la calle donde se colocaba el captador pasivo durante 15 minutos había que contar los vehículos que pasaban, ya fueran ligeros o pesados. El día de la recogida, 3 de mayo, se repitió el proceso de medición de IMD de tráfico para así conseguir una media más consistente. En algunos puntos solo había que poner el captador pasivo, otros poner el captador pasivo y recoger los datos de tráfico y en otros solo recoger los datos de tráfico. En la recogida los captadores pasivos fueron recogidos en una capsula pequeña y se les puso a cada uno un número de identificación.

Una vez, recogido todo el material y los captadores pasivos se enviaron al laboratorio del Centro Nacional de Salud Ambiental de Instituto Carlos III.

Después, se informatizaron todos los datos de tráfico recogidos por las parejas.

3.2. PROTOCOLO DE ESTUDIO

Para el estudio de la estimación del NO₂ se ha seguido un esquema (véase figura 3) que lo constituyen distintos procesos y pasos que hay que dar para la elaboración de un mapa de predicción.

El protocolo tiene su inicio en la medición de los niveles de NO₂ *ad hoc*, mediante captadores pasivos. Después, se hace un análisis estadístico que permitirá la construcción de variables que serán

tratadas mediante el SIG. Una vez trabajadas las variables SIG se hace un segundo análisis, esta vez, bivalente. El análisis bivalente dará como resultado que variables se pueden utilizar para el modelo de Land Use Regression (LUR) y cuáles no. Las variables que sean representativas serán asignadas a los sujetos INMA para la posterior aplicación del modelo LUR y con los resultados poder estimar los niveles de NO₂ en los sujetos INMA. Una vez estimado los niveles de NO₂ en los sujetos INMA, se habrá conseguido uno de los objetivos y por lo tanto, será uno de los finales de los pasos a seguir, mientras que para conseguir el otro objetivo y finalizar completamente el protocolo a seguir se construirá el mapa de predicción mediante el método de interpolación IDW. Así pues, el protocolo tendrá doble final.

Este es el protocolo que debe de seguir el trabajo

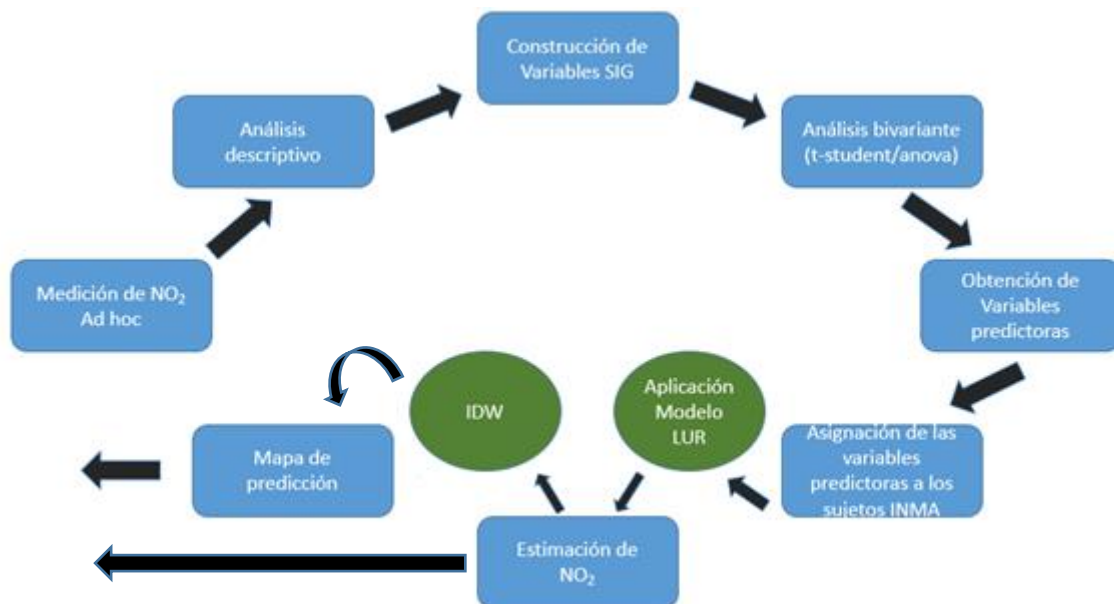


Figura 3: Protocolo de estudio. Fuente: Elaboración propia

3.3. CARACTERIZACIÓN Y MODELIZACIÓN DE LAS VARIABLES SIG PREDICTORES

Una vez medido los niveles de NO₂ en el aire, se asigna a cada punto de medición todas las posibles variables que podrían ayudar a predecir el valor real de NO₂. Las variables predictoras se han seleccionado de un listado de variables utilizadas para este tipo de estudios que se encuentran en el artículo “ESCAPE. Exposure assessment manual”. Las variables se distinguen en tres grupos, dependiendo de si la fuente es directa, indirecta o indirecta construida.

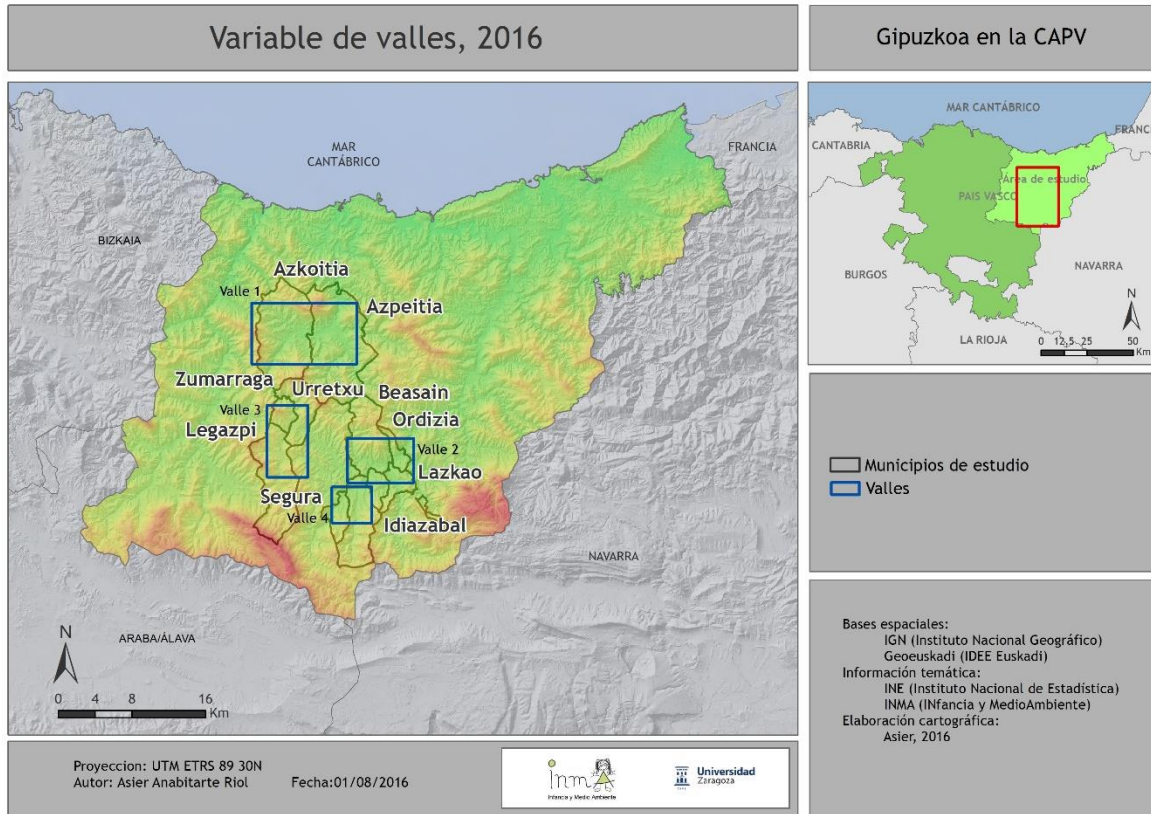
Para la modelización de la información a través del SIG se han utilizado capas raster como vectoriales. Para la modelización primero se plantearon las variables a trabajar y después se analizaron mediante el SIG.

Variables directas

Las variables directas son aquellas que son obtenidas por el investigador para el estudio. En las variables directas se encuentran el valle, la intensidad media diaria (IMD) de tráfico y calle peatonal o no.

VARIABLE	Valle
Información	Valles
Tipo de información	Cuantitativa
Escala	Escala provincial
Fuente de información	Elaboración propia

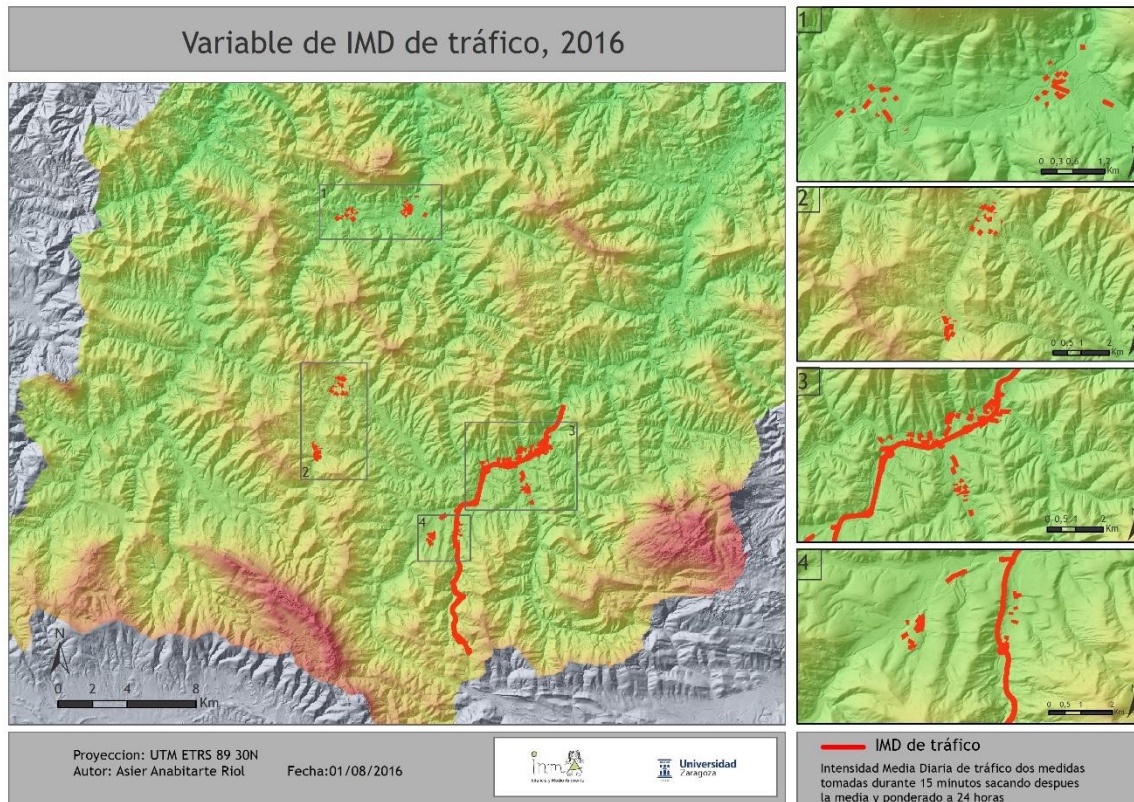
En el área de estudio se distinguen tres valles muy diferenciados, en el trabajo se han establecido cuatro categorías con el fin de unificar dos municipios que están al lado aunque no se encuentren en un valle tan definido como los demás. Los valles están numerados del uno al cuatro. En el primer valle se encuentran los municipios Azkoitia y Azpeitia; en el segundo, se encuentran los municipios de Beasain, Lazkao y Ordizia; en el tercer valle están Legazpi, Urretxu y Zumarraga; y en el cuarto, Idiazabal y Segura.



Mapa 4: Variable valles. Fuente: Elaboración propia

VARIABLE	Intensidad Media Diaria (IMD) de tráfico
Información	Medición de cantidad de vehículos (ligeros y pesados) que pasan por una calle
Tipo de información	Cualitativa-Categorizada
Escala	Escala municipal
Fuente de información	Elaboración propia

Es el tráfico de una calle. Los datos de tráfico se obtuvieron ad hoc en el momento que se pusieron los captadores pasivos y cuando se retiraron. La toma de datos consta en contar todo tipo de vehículos a motor (coches, autobuses, camiones...) durante 15 minutos. Se obtuvieron dos valores por punto y se utilizó la media de los dos y se extrajo el valor diario, consiguiendo así un indicador de IMD (Intensidad Media Diaria) de tráfico. Para el análisis estadístico esta variables SIG se ha categorizado en cuatro categorías; 0=sin tráfico; 1= (0-25]; 2= (25-75]; 3=>75 (vehículos en 15 minutos).



Mapa 5: Variable de IMD de tráfico. Fuente: Elaboración propia

En el mapa se puede apreciar la variable de IMD de tráfico, en esta se representa las calles en las que se han hecho mediciones de NO₂. La línea larga que cruza Ordizia, Beasain e Idiazabal es la carretera N-I.

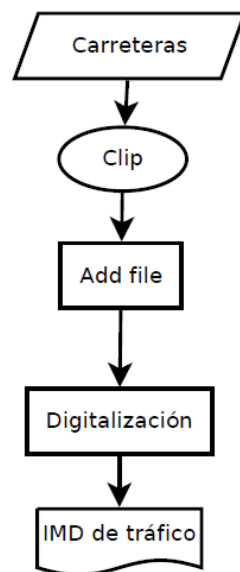
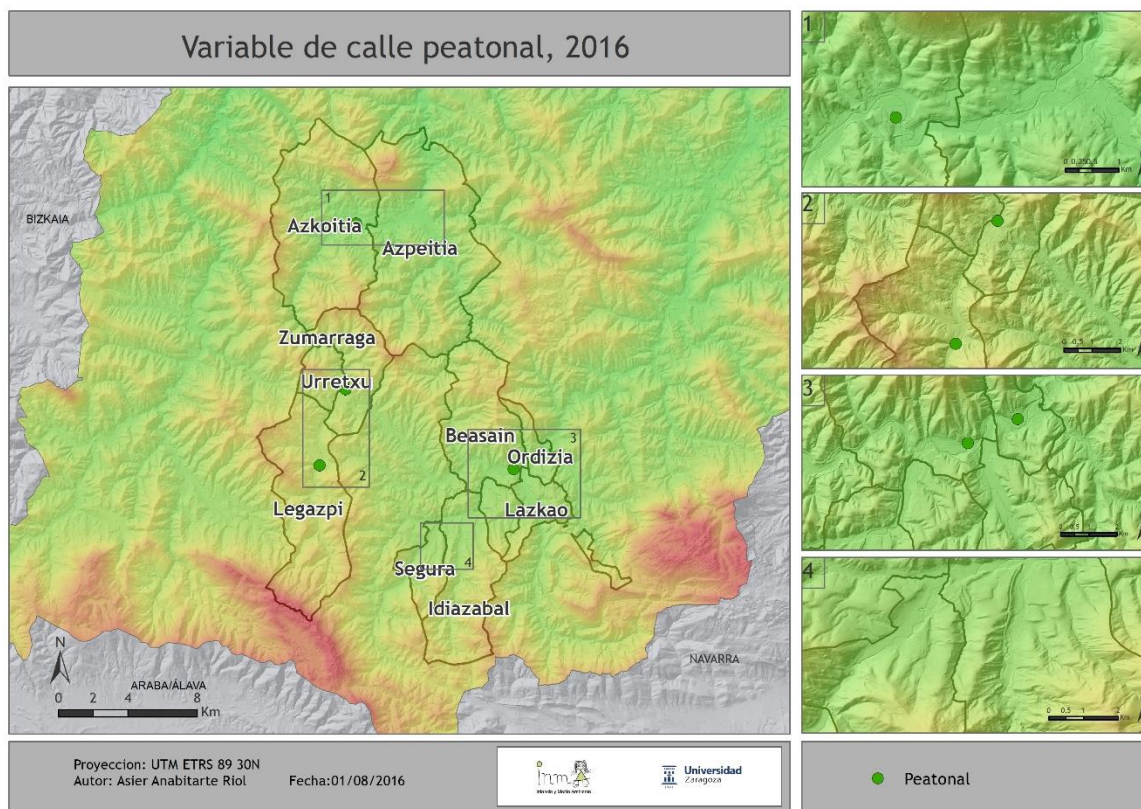


Figura 4: Diagrama de flujos de IMD

Para la creación de la variable de IMD de tráfico se creó un campo nuevo en la capa carreteras y se introdujeron los datos a mano.

VARIABLE	Calle peatonal
Información	Si es una calle peatonal o no
Tipo de información	Cuantitativa
Escala	Escala municipal
Fuente de información	Elaboración propia

Esta variable indica si la calle donde se han tomado las medidas de NO₂ y/o de IMD es peatonal o no.



Mapa 6: Variable calle peatonal. Fuente: Elaboración propia

En el mapa se aprecian las calles peatonales donde se ha puesto un captador pasivo. Estas son muy pocas porque el objetivo era la medición del tráfico en la calle donde se ponía el captador pasivo.

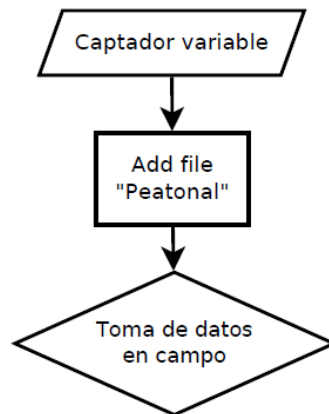


Figura 5: Diagrama de flujos de la variable peatonal

Para la variable de calle peatonal se añadió un campo nuevo y se metieron los datos a mano.

Variables indirectas

Las variables indirectas son aquellas que se consigues a través de segundas fuentes. En las variables indirectas se encuentran la altura y la población.

VARIABLE	Altura
Información	Altura en metros
Tipo de información	Cuantitativa
Escala	Escala municipal
Fuente de información	Geoeskadi

La variable “altura” se define como los metros respecto al nivel del mar y se ha obtenido mediante la capa de información de Geoeskadi “MDT LIDAR 2013 5m ETRS89”. (www.geo.euskadi.net)

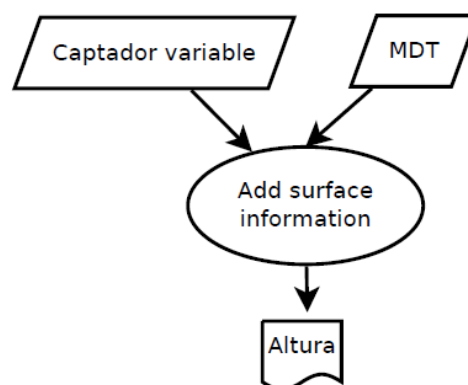
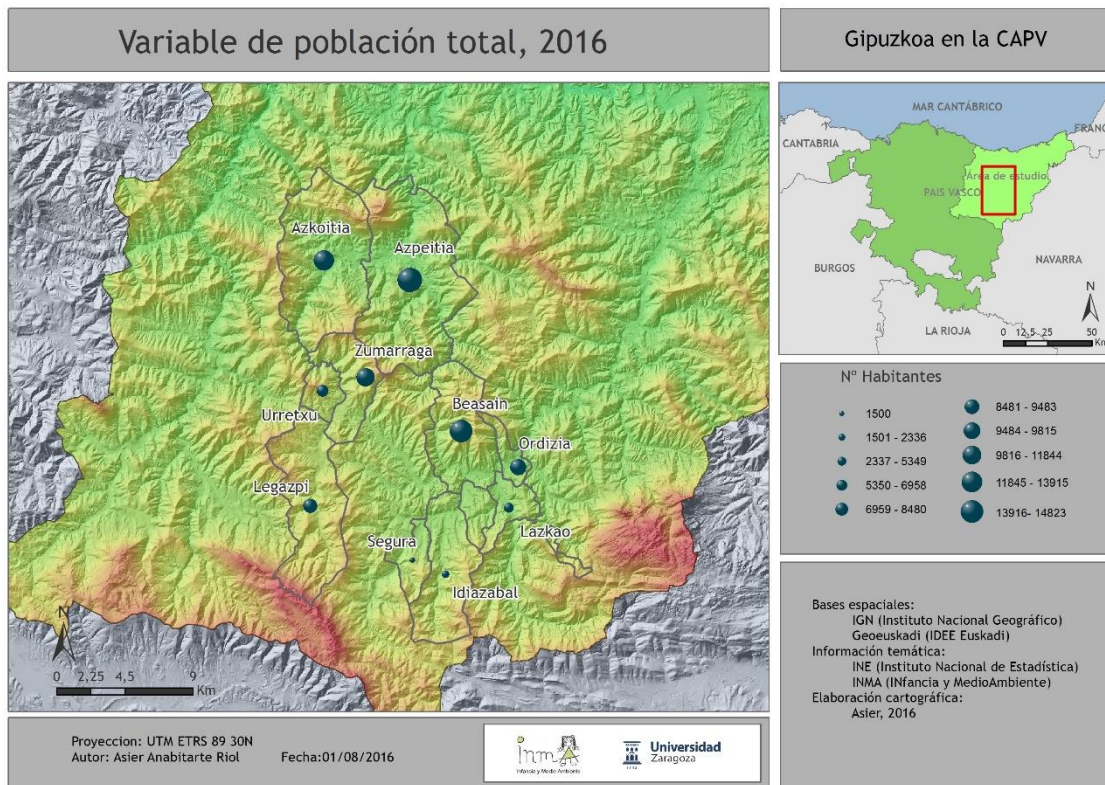


Figura 6: Diagrama de flujos de la variable altura

La variable de altura se consiguió mediante la herramienta “add Surface information” y la capa MDT.

La variable de población indica la cantidad de habitantes que viven en el municipio. Mediante esta variable se quiere ver si tiene relación con el IMD de tráfico. Esta variable también ha sido categorizada: 0= <10000; 1=10000-15000; 2= >15000.

VARIABLE	Población
Información	Población del municipio
Tipo de información	Cualitativa- Categorizada
Escala	Escala municipal
Fuente de información	Eustat



Mapa 7: Variable de población total. Fuente: Elaboración propia + Eustat

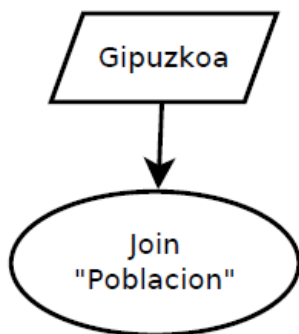


Figura 7: Diagrama de flujos de la variable población total

Esta variable se obtuvo mediante un join realizado con información del centro de estadística de Euskadi (EUSTAT).

Variables indirectas SIG construidas

Estas variables han sido obtenidas mediante centros de descargas de información geográfica, por lo tanto, son fuentes de información en formato para el uso en Sistemas de Información Geográfica (SIG). Estas a su vez, han sido manipuladas para conseguir la variable deseada. Estas son las variables indirectas SIG construidas: la suma de IMD de tráfico en buffers de 100, 300 y 500 metros, valores máximos de IMD de tráfico en buffers de 100, 300 y 500 metros, proporción de suelo urbano, industrial y zonas verdes en buffers de 100, 300 y 500 metros, distancia en metros al valor más alto de IMD de tráfico del municipio, centros de enseñanza en un buffer de 100 metros y suelo industrial en un buffer de 100 metros.

VARIABLE	Suma de IMD de tráfico
Información	Suma de los valores IMD de tráfico en los buffers de 100 metros, 300 metros y 500 metros
Tipo de información	Cualitativa- Categorizada
Escala	Escala municipal
Fuente de información	Elaboración propia

Es una variable que se divide en tres apartados. Siendo el captador pasivo el centro se han creado tres buffers, uno de 100 metros, otro de 300 metros y el último de 500 metros. Esta variable suma los valores de tráfico de todas las calles con valor de tráfico que se encuentran dentro de cada buffer. Esta variable SIG fue categorizada en base a cuartiles.

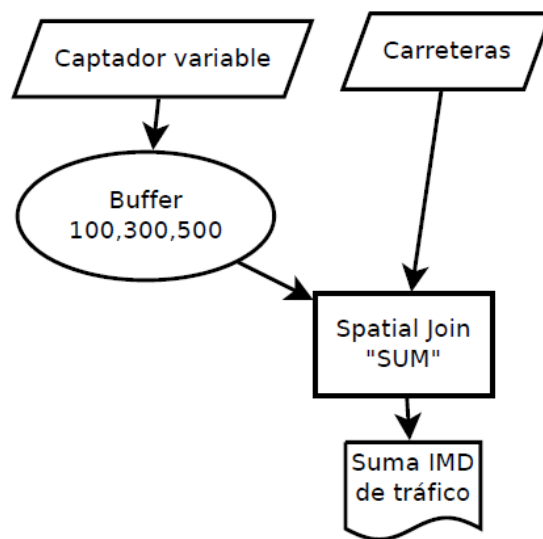


Figura 8: Diagrama de flujos de la variable Suma de IMD de tráfico

La variable de suma de IMD de tráfico se realizó con un spatial join activando la función de “suma”.

VARIABLE	Valor más alto de IMD de tráfico
Información	Valor más alto de IMD de tráfico en los buffers de 100 metros, 300 metros y 500 metros
Tipo de información	Cualitativa- Categorizada
Escala	Escala municipal
Fuente de información	Elaboración propia

La variable del valor más alto de tráfico también se divide en tres variables a su vez, en este caso también se divide en tres buffers de 100 metros, 300 metros y 500 metros. En esta variable se coge el valor más alto de tráfico de todas las calles con valor de tráfico que se encuentran dentro de cada buffer. Esta variable SIG también se ha categorizado en cuartiles.

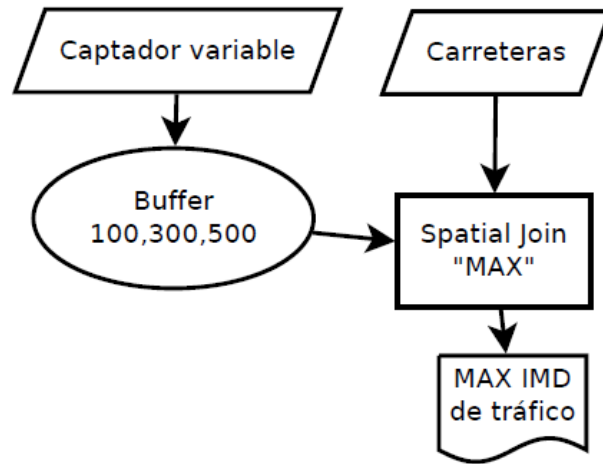


Figura 9: Diagrama de flujo de la variable valor máximo de IMD de tráfico

Para esta variable se utilizó un spatial join con la función del valor máximo activada, se hizo lo mismo en los tres buffers.

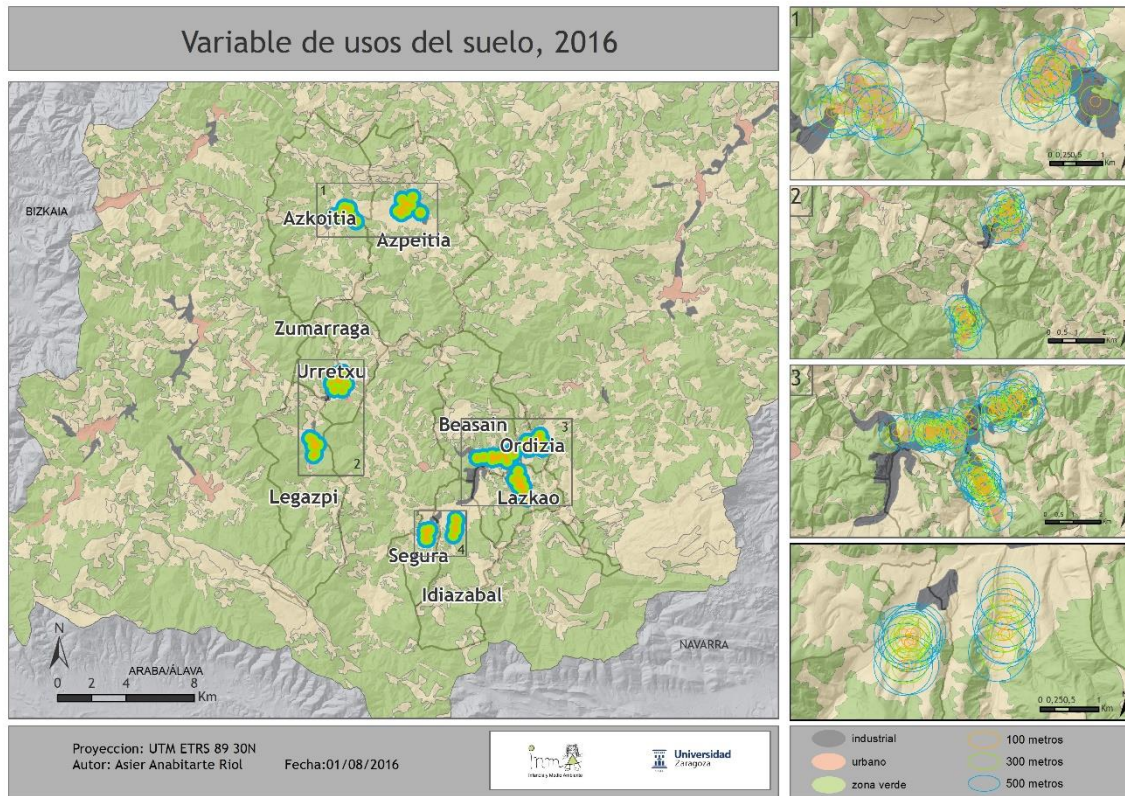
VARIABLE	Porcentaje de suelo urbano, suelo industrial y zona verde
Información	Porcentaje de suelo urbano, suelo industrial y zona verde en los buffers de 100 metros, 300 metros y 500 metros
Tipo de información	Cualitativa - Categorizada
Escala	Escala municipal
Fuente de información	Corine

Los usos del suelo también están divididos en tres buffers de 100, 300 y 500 metros. Cada buffer contiene el porcentaje de suelo urbano, de suelo industrial y de zona verde que tiene el buffer, siempre siendo el captador pasivo el centro de los buffers. Para obtener los porcentajes de los usos del suelo se ha usado la capa de Corine Land Cover 2006 descargada desde el Centro de Descargas del CNIG (Centro Nacional de Información Geográfica). Se decidió usar el Corine Land Cover 2006 en vez de el SIOSE Euskadi 2011 porque el SIOSE daba problemas con los códigos a la hora de hacer el join del Excel.

Los códigos usados para la asignación de los usos del suelo son los siguientes:

- Suelo Urbano:
 - 111- Tejido urbano continuo
 - 112- Tejido urbano discontinuo
- Suelo Industrial:
 - 121- Zonas industriales o comerciales
 - 122- Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados
- Zonas verdes:
 - 141- Zonas verdes urbanas
 - 142- Instalaciones deportivas y recreativas (zonas verdes artificiales)
 - 231- Prados y praderas
 - 311- Bosques de frondosas
 - 312- Bosque de coníferas
 - 313- Bosque mixto
 - 321- Pastizales naturales
 - 322- Landas y matorrales mesófilos
 - 323- Matorrales esclerófilos
 - 324- Matorral boscoso de transición

Esta variable SIG ha sido categorizada para el análisis estadístico. 0=<25%; 1= [25-50); 2 = [50%-75%); 3 =≥75%



Mapa 8: Variable usos del suelo. Fuente: Elaboración propia

En este mapa están los usos del suelo clasificados en tres tipos, uso urbano, industrial y zonas verdes. Además hay tres buffers distintos, unos de 100 metros, otros de 300 metros y por último, otros de 500 metros. Esta variable obtiene información sobre el porcentaje de suelo de cada tipo hay en cada buffer.

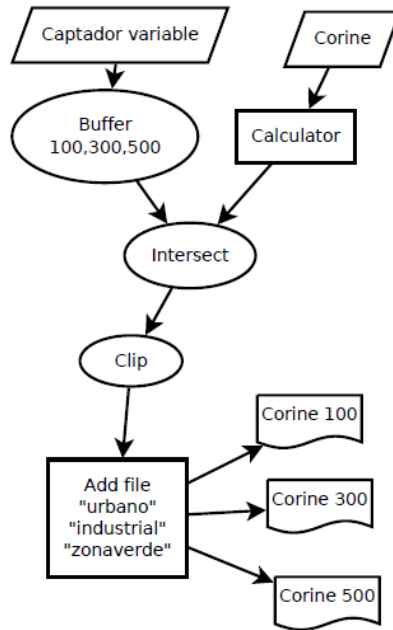


Figura 10: Diagrama de flujo de la variable de porcentaje de usos del suelo

Para la variable de porcentajes de uso de suelo primero se hicieron los tres buffer para luego cortarlos con la capa de Corine. De esta manera, luego se pudo calcular el área de cada suelo en cada buffer.

VARIABLE	Distancia de cada captador pasivo al valor más alto de IMD de tráfico del municipio
Información	Distancia en metros de cada captador pasivo al valor más alto de IMD de tráfico en cada municipio
Tipo de información	Cualitativa- Categorizada
Escala	Escala municipal
Fuente de información	Elaboración propia

Es la distancia en metros que hay entre el captador pasivo y el valor más alto de IMD de tráfico del municipio, cada captador pasivo tiene un valor de distancia a la calle con más tráfico del municipio. A fin de conseguir una distribución normal se hizo una transformación de la variable mediante la raíz cuadrada del valor de la variable.

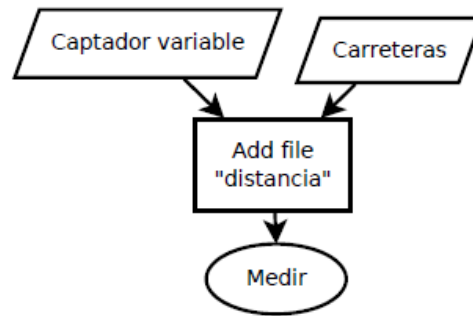
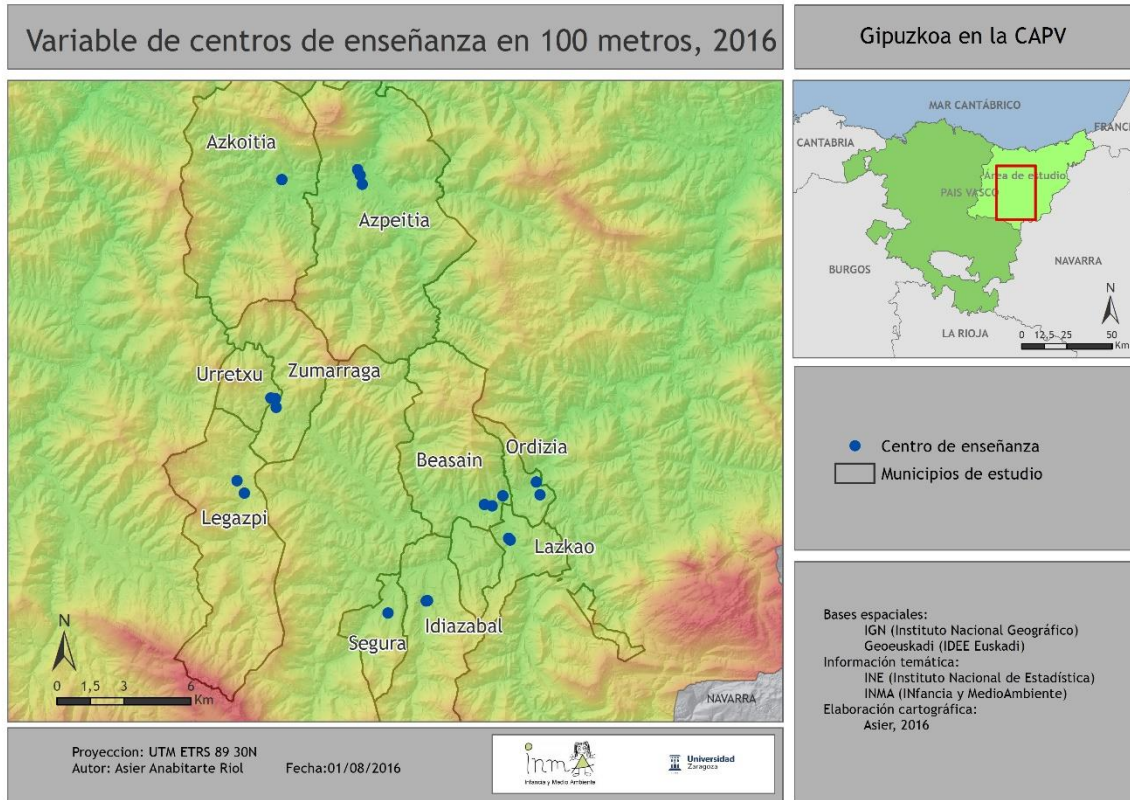


Figura 11: Diagrama de flujo de la variable distancia al captador más alto

Para calcular la distancia entre el captador pasivo y el valor máximo de IMD de tráfico se usó la herramienta “medir”.

VARIABLE	Centro Educativos en un buffer de 100 metros
Información	Si hay un centro educativo en un buffer de 100 metros o no
Tipo de información	Cualitativa
Escala	Escala municipal
Fuente de información	Elaboración propia

La variable de centros de enseñanza nos indica si hay algún centro de enseñanza en un buffer de 100 metros alrededor del captador pasivo. Esta opción había que apuntarla a la hora de hacer la medición de tráfico. Como la medición de tráfico no se hizo en horario de salida y entrada de los colegios el tráfico que se crea en esos momentos no quedaba contabilizado y normalmente en esos momentos suele haber muchos vehículos para dejar o recoger a los niños y las niñas. Esta variable se ha categorizado en Si (si hay centros educativos en un buffer de 100 metros o No (si no hay centros educativos en un buffer de 100 metros).



Mapa 9: Variable centros de enseñanza. Fuente: Elaboración propia

En el mapa se aprecian mediante puntos los centros de enseñanza que se encuentran a menos de 100 metros de los captador pasivos colocados.

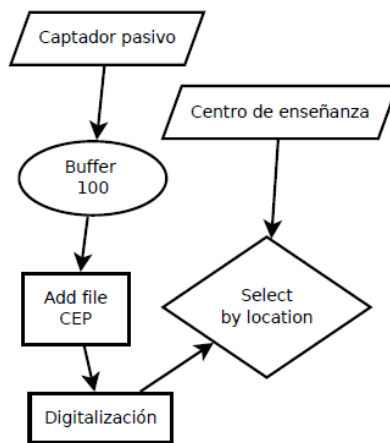


Figura12: Diagrama de flujos de la variable de centros de enseñanza a menos de 100 metros

Esta variable se ha realizado haciendo un buffer de 100 metros y mirando si había centros de enseñanza dentro del buffer.

VARIABLE	Suelo industrial a menos de 100 metros
Información	Si hay suelo industrial a menos de 100 metros del captador pasivo o no
Tipo de información	Cualitativa
Escala	Escala municipal
Fuente de información	Corine

Esta variable indica si alrededor de 100 metros del captador hay suelo industrial o no, esto hay que tenerlo en cuenta para que cuando se consigan los resultados se pueda ver si tiene incidencia o no.

Algunas posibles variables que podrían estar ligados a los niveles de NO₂ son “número de habitantes de cada calle y por edificio” pero, debido a la falta de información no se han podido añadir al listado de variables utilizadas para conseguir la estimación de NO₂ en el área de estudio. Esta variable ha sido categorizada en Si (si hay suelo industrial a menos de 100 metros) o No (si no hay suelo industrial a menos de 100 metros).

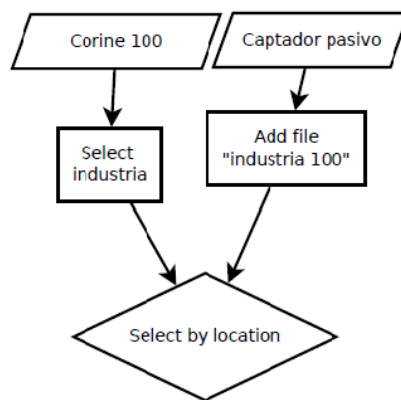


Figura 13: Diagrama de flujo de la variable suelo industrial a menos de 100 metros

Esta variable se ha realizado aprovechando la capa de usos de suelo de 100 metros para hacer una selección por localización.

3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

El primer paso es el de describir los niveles de NO₂ mediante diferentes estadísticos descriptivos (media, mediana, desviación típica, mínimo y máximo) y evaluar posibles valores outliers que podrían repercutir en el modelo predictivo mediante un diagrama de cajas.

A fin de evaluar qué variables SIG podrían estar relacionados con los niveles de NO₂ en aire se procedió al análisis bivalente mediante contrastes paramétricos; t-Student para el contraste de medias de dos poblaciones y Anova para más de dos poblaciones. El nivel de significación teórico utilizado fue de $\alpha=0.05$. Se utilizó el método de Backward Stepwise para la selección de las variables predictivas (criterios de inclusión p-valor<0.05 y criterio de exclusión p-valor \geq 0.10).

El modelo LUR se define de esta manera:

$$C_i = a + \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n (bX_{j,k})_i + \varepsilon$$

Donde C es la concentración en cada i punto de medición. a es la constante (aproximadamente concentración del “background regional”); b_{jk} es el coeficiente de cada variable j y para cada zona k . X es el valor de cada variable j definido por zona alrededor del punto i . ε es el término de error que representa la variabilidad no explicada por el modelo..

Una vez escogido el mejor modelo LUR se procedió al diagnóstico del modelo:

1.- comprobación del supuesto de normalidad de los residuos mediante los residuos internamente estudentizados, se contrastó la normalidad a partir de Shapiro-Wilk. 2.- La linealidad y la homogeneidad de variancias. La homocedasticidad se contrastó mediante el test de homogeneidad de variancias de la prueba de Breusch-Pagan (Breusch y Pagan, 1979) y a partir de los gráficos residuales externamente estudentizados y cada una de las variables predictoras y los valores predichos. 3.- Detección de la colinealidad, la alta correlación entre las variables predictoras se evaluó mediante el factor de incremento de la variancia (VIF) (>10 colinalidad).

Una vez escogido las variables que más predicen el NO₂, el siguiente paso es el de estimar en todos los sujetos del estudio INMA los niveles de NO₂ utilizando el modelo LUR +escogido:

$$\widehat{NO_2} = \text{constante} + \text{variable predictoras} * \text{coeficiente}$$

Por último, para conseguir un mapa de regresión, o mapa de dispersión del NO₂ que sea útil para medidas preventivas se utilizará el método de interpolación determinista *inverse distance weighted (IDW)*.

IDW consiste en una combinación lineal de aquellos puntos observados en el dominio espacial. Como especificidad, el método *IDW* utiliza como ponderaciones el inverso de la distancia, normalizado de tal forma que la suma de todas las ponderaciones sea igual a la unidad. $w(d) = 1/d^p$, donde w son las ponderaciones de la distancia y el exponente p (en general de 0 a 2, aunque más común 2) se especifica a priori y, al penalizar la distancia debe ser escogido en función de la suavización que se pretenda conseguir. En este estudio se ha utilizado el 2. La representación del mapa se ha hecho mediante octiles.

El software estadístico utilizado para el análisis fue Stata versión 12.1.

4. RESULTADOS

Del total de 100 captadores que se colocaron solamente se obtuvo el resultado de 82 captadores 17 desaparecieron y uno no se tomó en cuenta por problemas en la colocación. En anteriores campañas también ha habido problemas de este tipo y aunque las cajas tienen la pegatina del Gobierno Vasco, algunos captadores siempre desaparecen.

El promedio de NO_2 en los 15 días, tal y como se observa en la figura 5 fue de $18,09 \mu\text{g}/\text{m}^3$, un valor muy por debajo del límite establecido por la Directiva 2008/50/CE (valor límite anual: $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Se observaron tres valores fuera de la normalidad (valores atípicos) que presentan el resto de los puntos y se eliminaron de la muestra para no influenciar en los coeficientes del modelo predictivo. Como se puede apreciar en el siguiente mapa, los valores atípicos eliminados de la muestra para no influenciar son los de los captadores pasivos con el código 27,71 y 89. El captador 27 se encuentra situado en el campo de fútbol del municipio de Lazkao, que se encuentra fuera del núcleo urbano, pero el captador se colocó al lado del parking del campo de fútbol y se piensa que un vehículo pudo estar al lado del captador con el motor en marcha durante un tiempo y que esta fuera la razón del alto valor que dio este captador pasivo.

En el caso del captador pasivo 71 situado en el municipio de Azpeitia, se decide eliminar de la muestra porque el valor de NO_2 obtenido no es consecuente con el tráfico de la zona, y es que se encuentra en una zona industrial con mucho movimiento de vehículos.

Por último, el captador pasivo 89 es descartado estadísticamente tal y como lo confirma el gráfico de diagrama de cajas de NO_2 (figura 2) por ser un valor atípico en la muestra. Al no estar dentro de la normalidad de los datos se decide retirarlo para no alterar los resultados.

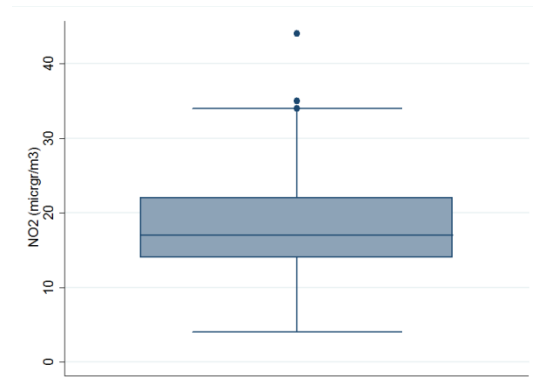
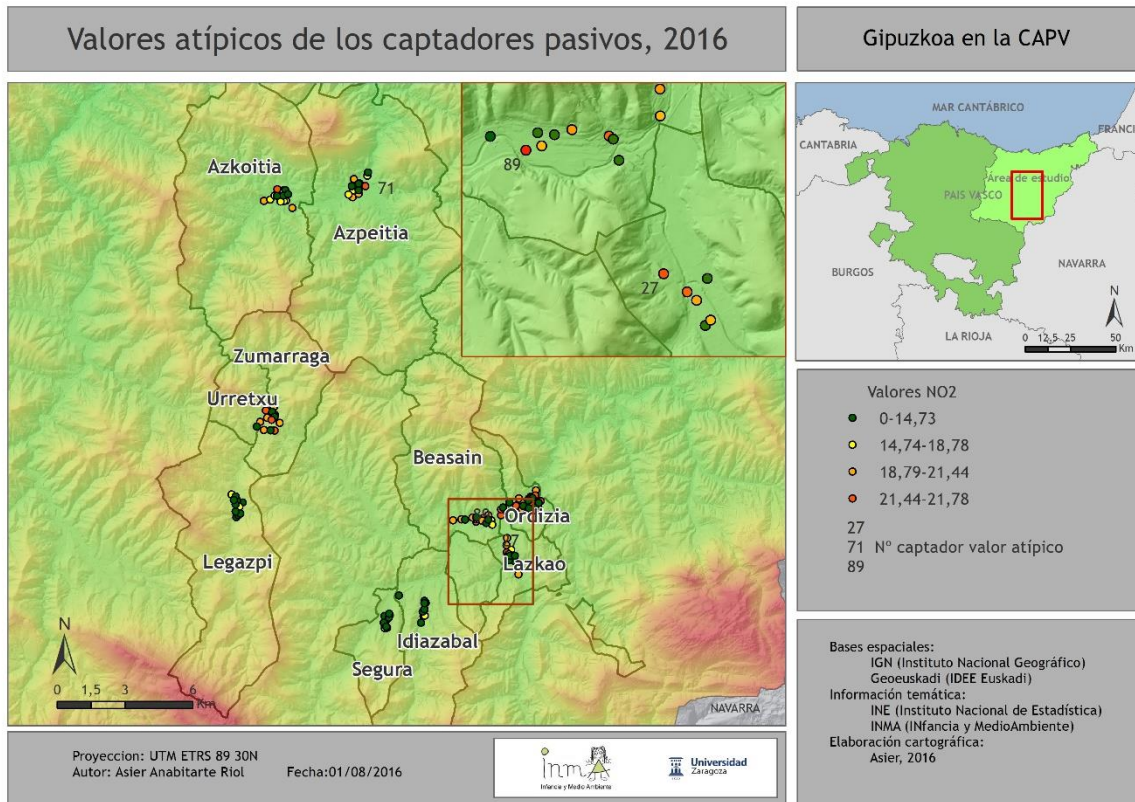


Gráfico 3: Diagrama de cajas de NO₂. Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 1 podemos ver un diagrama de cajas. El diagrama de cajas sirve para visualizar la distribución de los datos, diferenciando datos atípicos, máximos, mínimos, mediana y cuartiles. En este caso diferenciamos tres valores atípicos (los puntos que se encuentran en la parte superior). La línea del medio de la caja indica la mediana, la parte superior de la caja el cuartil Q3 (75%) y la parte inferior el cuartil Q1 (25%).

Por lo tanto, la figura nos indica que hay tres valores atípicos, el máximo es de 35 µg/m³ y el mínimo 4 µg/m³. La mediana es de 17 µg/m³. El cuartil uno (25%) es de 14 µg/m³ y el tercero (75%) de 22 µg/m³. Por lo tanto el 50% de los datos se encuentra en una diferencia de 8 µg/m³. La mayoría de los datos están concentrados entre los cuartiles primero y segundo porque esta parte de la caja es más estrecha que la otra.



Mapa 10: Valores atípicos de la muestra. Fuente: Elaboración propia

En el mapa se representan los valores atípicos de los resultados obtenidos mediante los captadores pasivos. Estos valores atípicos se encuentran, como se pueden apreciar en el mapa, en Azpeitia, Beasain y Lazkao.

Análisis descriptivo	n	media	mediana	desviación típica	mínimo	máximo
NO2	82	18,09	17	7,29	4	44
NO2 sin valores atípicos	79	17,66	17	6,63	4	35

Tabla 1: Estadísticas descriptivas de NO2 del período 19 de abril al 3 de mayo .Fuente: Elaboración propia

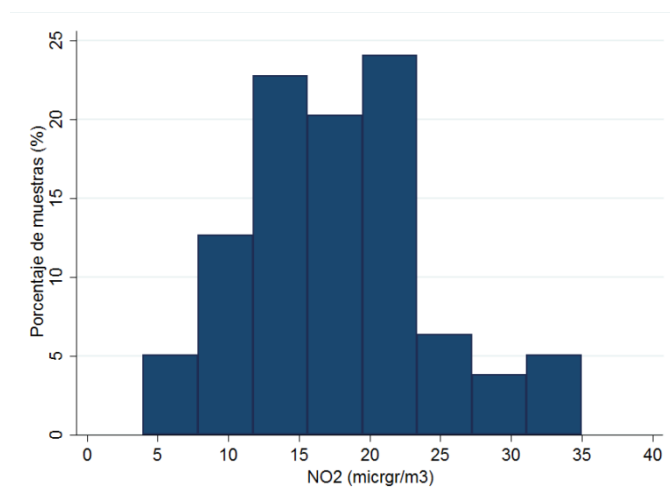


Gráfico 4: Histograma de valores de NO₂ estimados. Fuente: Elaboración propia

Tal y como se puede observar en el histograma, los datos muestran una distribución normal, donde la mayoría de los datos se concentran entre 14 y 21 ($\mu\text{gr}/\text{m}^3$). A parte de evaluar la normalidad visualmente se ha contrastado la normalidad mediante el test de normalidad de Asimetría y Kurtosis siendo el p-valor: 0,166. Según el contraste podemos asumir una distribución normal.

El resultado del análisis bivalente se puede observar en la tabla 2. Las únicas variables ordinales que muestran una cierta tendencia lineal son la población y la intensidad media diaria (IMD) de tráfico. La tendencial lineal es ascendente, cuanto mayor es la población del municipio mayores son los valores de NO₂; y cuando mayor es el IMD de tráfico, mayores son también los valores de NO₂.

El resto de las variables ordinales, aunque el resultado sea estadísticamente significativo, no muestran ninguna tendencia. Se ve que por el tipo de suelo cuando la zona verde es mayor del 75% los valores de NO₂ son menores y que cuanto las zonas urbanas son menores del 25% los valores de NO₂ son menores, pero luego no se aprecia ninguna relación.

Las variables categóricas que se han analizado son el tipo de valle, si hay o no suelo industrial en menos de 100 metros, si en el punto de medición la calle más cercana es peatonal o no y si en 100 metros a la redonda del captador hay o no un centro de enseñanza. Los niveles más elevados los encontramos en el valle de Beasain-Ordizia y Lazkao seguido de Azpeitia y Azkoitia (p-valor=0.002). En el caso de la variable de presencia de suelo industrial a menos de 100 metros muestra niveles más elevados que aquellos captadores que carecen de suelo industrial (p-valor=0.029). En el caso de la variable calle peatonal y centro de enseñanza, aunque muestran diferencias en el promedio no son estadísticamente significativos (p-valor=0.089 y p-valor=0.799, respectivamente).

Variable	n	media	p-valor
Valle			0,002
Azkoitia-Azpeitia	14	18,21	
Beasain-Ordizia-Lazkao	33	19,85	
Zumarraga-Urretxu-Legazpi	18	17,56	
Idiazabal-Segura	14	12,07	
IMD medido ad hoc			0,025
No	14	14,86	
(0-25]	34	16,26	
(25-75]	17	20,29	
>75	14	20,64	
Centro de estudios (<100metros)			0,799
No	74	17,58	
Si	5	18,8	
Porcentaje Industrial (%)			
Buffer 100 metros			0,044
<25	67	16,76	
[25-50)	5	24,2	
[50-75)	1	22	
≥75	7	20,57	
Buffer 300 metros			0,017
<25	64	16,64	
[25-50)	9	22,11	
[50-75)	6	21,83	
≥75	0		
Buffer 500 metros			0,029
<25	65	16,91	
[25-50)	14	21,14	
[50-75)	0		
≥75	0		

Variable	n	media	p-valor
Industria(<100metros)			0,029
No	63	16,75	
Si	16	21,25	
Porcentaje Urbano (%)			
Buffer 100 metros			0,044
<25	67	16,76	
[25-50)	5	24,2	
[50-75)	1	22	
≥75	7	20,57	
Buffer 300 metros			0,064
<25	22	14,86	
[25-50)	18	19,5	
[50-75)	27	19,22	
≥75	12	16,5	
Buffer 500 metros			0,038
<25	26	15,23	
[25-50)	36	18,36	
[50-75)	15	20,8	
≥75	2	13	
Población			<0,001
<10.000	22	12,41	
10.000-15.000	14	18,21	
≥15.000	43	20,16	

Variable	n	media	p-valor
MAX			
IMD			
Buffer 100 metros			0,013
Q1	23	17,04	
Q2	18	13,83	
Q3	20	19,65	
Q4	18	20,06	
Buffer 300 metros			0,045
Q1	24	15,08	
Q2	16	20,13	
Q3	39	18,23	
Q4	0		
Buffer de 500 metros			0,515
Q1	25	16,4	
Q2	17	18	
Q3	37	18,35	
Q4	0		
Suma de IMD			
Buffer 100 metros			0,019
Q1	23	16,87	
Q2	17	14	
Q3	22	20,23	
Q4	17	19,06	
Buffer 300 metros			0,118
Q1	22	14,82	
Q2	20	19	
Q3	18	18,11	
Q4	19	19,1	
Buffer de 500 metros			0,004
Q1	22	13,55	
Q2	18	20,78	
Q3	19	18,21	
Q4	20	18,85	

Variable	n	media	p-valor
Peatonal			
			0,089
Si	14	14,86	
No	65	18,26	
Porcentaje Zona verde (%)			
Buffer 100 metros			0,004
<25	47	19,49	
[25-50)	11	16,45	
[50-75)	3	20,33	
≥75	18	13,17	
Buffer 300 metros			0,003
<25	19	18,65	
[25-50)	36	18,94	
[50-75)	9	19,22	
≥75	15	12	
Buffer 500 metros			0,002
<25	4	20,5	
[25-50)	28	18,89	
[50-75)	31	19	
≥75	16	12,18	

Tabla 2: Resultado de los contrastes paramétricos entre NO₂ y cada una de las variables SIG (categóricas). Fuente: Elaboración propia

Para el proceso de selección del modelo multivariante se ha tenido en cuenta el p-valor. Para que la variable sea significativa el p-valor debe de ser menor que el nivel de significación teórico $\alpha=0,05$.

Los resultados de la tabla son los conseguidos introduciendo de uno en uno cada variable, pero cabe la posibilidad de combinar las variables dando estas distintos resultados. Las combinaciones de variables descartan algunas variables que a priori parecían significativas o reafirman otras variables. Las variables escogidas son las más significativas para la creación del modelo LUR. Aunque más de una variable tenga el p-valor más bajo que 0,05 al contrastarlo con otras variables superaba el 0,05 y por eso se ha descartado.

El modelo LUR escogido proporciona un 27% de variabilidad (coeficiente de determinación, R^2) de los niveles de NO_2 y estas son las variables que mejor predicen el NO_2 : población, intensidad media diaria de tráfico (pesado y/o ligero) en el punto de medición y si existen centro de enseñanza en menos de 100 metros de radio.

Variables	Coficiente
Población	
<10.000	0
10.000-15.000	5,013692
>15.000	7,051892
Centro de enseñanza 100 m	
No	0
Si	4,060104
IMD ad hoc	
No	0
(0-25]	0,9711399
(25-75]	3,965924
>75	3,625302
Constante	10,76054

Tabla 3: Variables escogidas para el modelo LUR. Fuente: Elaboración propia

Con estas tres variables se construyó el modelo LUR. Siempre tendrá una constante y las demás variables sumarán el coeficiente dependiendo de cada categorización. En el caso de la variable “población” dependiendo de la cantidad de habitantes sumará un coeficiente u otro al modelo LUR. Si hay un centro de enseñanza en menos de 100 metros sumara el coeficiente, si no lo hay no se sumara nada. Por último, según la cantidad de coches contabilizados y en que rango este el dato se le sumara un coeficiente u otro tal y como se puede apreciar en la figura 9.

$$\widehat{NO_2} = 10,76054 + (\text{mirar coef}) \text{imd_adhoc} + 4,060104 \text{cep}100 + (\text{mirar coef}) \text{población}.$$

10,76054 es una constante, mientras que imd ad hoc es la medición de tráfico obtenida en la salida de campo. Cep 100 se refiere a si hay o no un centro de enseñanza en un buffer de 100 metros teniendo

como centro la madre y dependiendo del tamaño del municipio, en cuanto a población se refiere, tendrá un valor u otro.

De esta manera se describe la variabilidad de exposición de NO₂ a la que están expuestos los niños y las niñas y las madres del estudio.

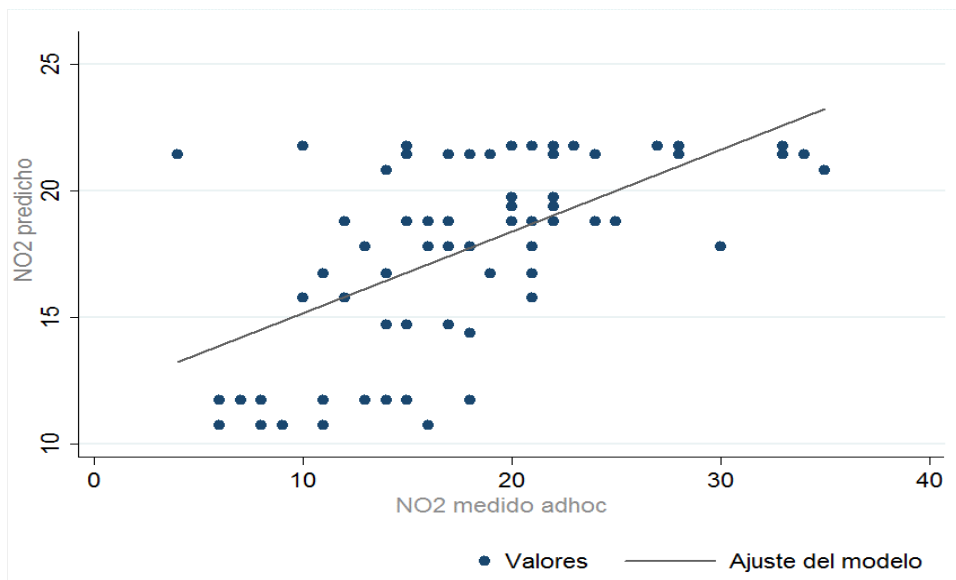


Gráfico 5: Dispersión de NO₂ ad hoc y predicción. Fuente: Elaboración propia

Este gráfico nos muestra los valores NO₂ obtenidos mediante los captadores pasivos y los valores de la predicción de NO₂. Se observa que la línea de tendencia sigue un trazado en ascensión, lo que desvela que los valores siguen una lógica aun siendo predichos. Aun así, no quiere decir que los valores sean iguales. Los valores de predicción se encuentran en un rango del 10 al 25 mientras que los valores de NO₂ obtenidos mediante los captadores pasivos varían más y se pueden encontrar valores desde 5µg/m³ hasta 35µg/m³. Es importante decir que la mayoría de los valores de predicción como los obtenidos *ad hoc* se concentran alrededor de los 14-21µg/m³.

NO ₂	n	min	Media	Mediana	Percentil 25	Percentil 75	MAX
NO ₂ predicción mujeres-niñ@s	343	10,76	18,95084	19,740	16,745	21,778	25,838
NO ₂ ad hoc captadores	79	4	17,66	17	14	21	35
NO ₂ predicción farolas	79	10,76	17,66	18,78	14,73	21,44	21,78

Tabla 4: NO₂, valores estadísticos. Fuente: Elaboración propia

En esta tabla se representan los distintos valores estadísticos de NO₂ dependiendo de si son datos de predicción de mujeres y niños y niñas del estudio INMA- Gipuzkoa o de farolas o si los datos han sido obtenidos mediante los captadores pasivos colocados en el área de estudio. Muestra es mucho mayor en el NO₂ de predicción de mujeres y niños y niñas. Casi todos los valores de las dos predicciones y de las tomadas en campo son muy parecidos menos los valores mínimos y máximos de NO₂ *ad hoc* captadores.

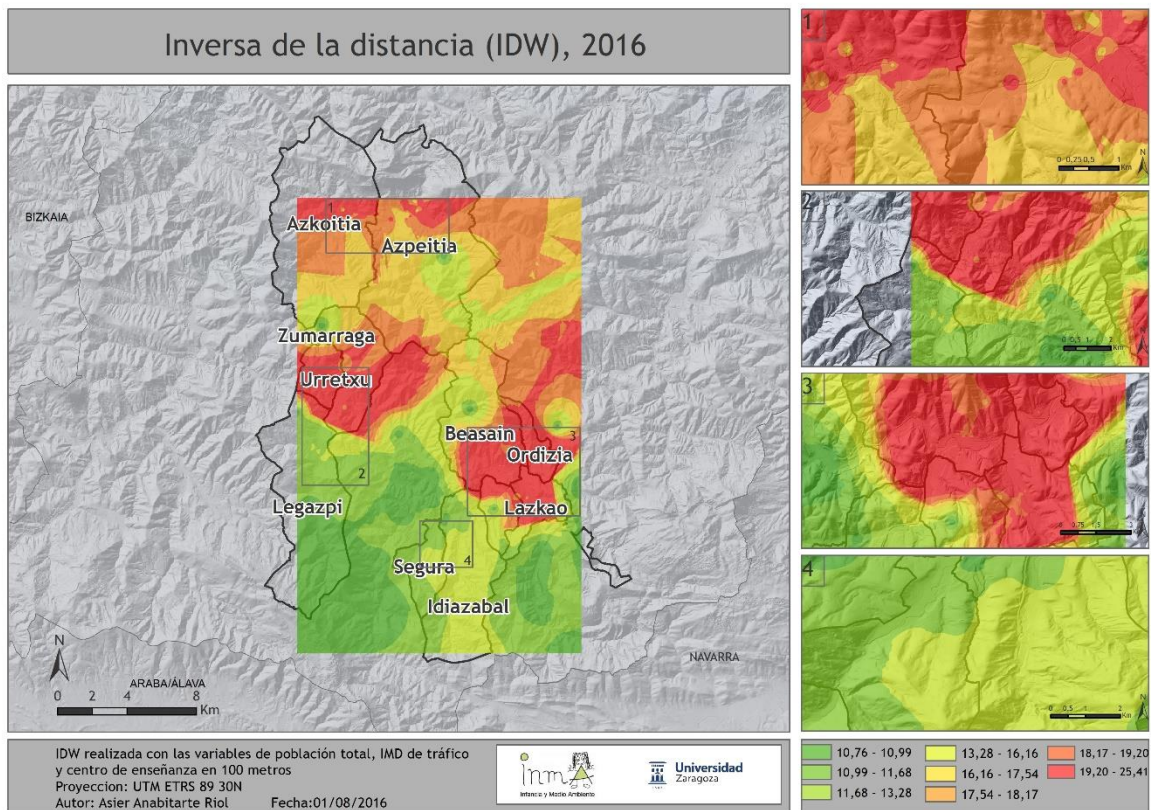
La media es igual en el caso del NO₂ en captadores que en NO₂ en farolas (10,66) y es más alta en mujeres y niños (18,95). La mediana es muy parecida en las tres, está entre los 17 y 20, el valor más bajo es del NO₂ ad hoc captadores y el más alto en la predicción de NO₂ mujeres y niños y niñas. En cuanto a los percentiles, se han calculado el percentil 25 y el percentil 75. El percentil 25 quiere decir que por debajo del valor del percentil 25 está el 25% de los datos y el percentil 75 quiere decir que por debajo del valor del percentil 75 se encuentran el 75% de los datos de la muestra. En este caso el percentil 25 está entorno al 14-16, 14 el NO₂ de los captadores y 16,74 la predicción de NO₂ de las mujeres y niños y niñas, esto es el 25% de los valores de las tres muestras son valores menores a 14-16 dependiendo de la muestra, la predicción de NO₂ en farolas tiene un valor de 14,73 en el percentil 25. El percentil 75 está más igualado, ya que las tres muestras están entorno al 21, 21,77 la predicción de NO₂ de las mujeres y niños y niñas, 21 el NO₂ de los captadores *ad hoc* y 21,44 en la predicción de NO₂ de las farolas. Por lo tanto, casi el 75% de los valores de las tres muestras son valores menores a entorno 21. La mínima y la máxima son los valores que más diferencia ofrecen entre el NO₂ de captadores y las predicciones de NO₂ en mujeres y niños y niñas y de NO₂ de las farolas. El mínimo es muy bajo en el NO₂ de captadores (4) comparándolo con las otras dos que es el mismo valor (10,76).

En el máximo, el mayor es el de NO₂ de captadores (35) y el máximo más bajo es el de NO₂ de las farolas (21,78) aunque el de la predicción de NO₂ de las mujeres y niños y niñas sea parecido (25,838).

Por lo tanto, se puede decir a modo de resumen que todas las muestras tienen unos datos muy parecidos a excepción de los valores mínimos y máximos.

4.1. RESULTADOS CARTOGRAFICOS

En este apartado se visualizaran los resultados obtenidos mediante un mapa, para así poder apreciar la intravariabilidad dentro de los municipios según los niveles de NO₂ obtenidos mediante las variables seleccionadas por el análisis estadístico y el modelo LUR. Este mapa es el resultado final de este estudio y el objetivo principal.



Mapa 11: Inversa de distancia (IDW). Fuente: Elaboración propia

Como en el mapa se puede apreciar, en las zonas urbanas la intravariabilidad es escasa, esto se debe a que no se ha conseguido mucha variabilidad entre los datos de la zona urbana. Las zonas con mayor valores de NO₂ de los municipios del área de estudio son Beasain, Ordizia y Lazkao y los municipios con los valores más bajos de NO₂ son Segura e Idiazabal. El mayor cambio de valores de NO₂ se encuentra entre los municipios de Zumarraga con valores altos y Legazpi con valores bajos. En general, los valores más bajos se encuentran en los municipios más pequeños y en las zonas verdes.

5. PROPUESTAS DE MEJORA

Una vez finalizado el estudio y tras conseguir los resultados es importante marcarse unas propuestas de mejora para un futuro estudio de este tipo. A fin de ir mejorado la metodología y los resultados obtenidos estas son las propuestas de mejora que se le presentan a este proyecto.

El punto más importante a mejorar es conseguir una mayor variabilidad de la conseguida (27%) en el modelo LUR. En ciudades grandes como Amsterdam, Londres, Barcelona, Valencia, donde se ha aplicado el LUR es mucho más fácil encontrar una variabilidad elevada de NO₂ ya que el IMD varía muchísimo más que en la zona de estudio INMA- Gipuzkoa. Por ejemplo, Barcelona tiene como máximo un IMD de 100.000 vehículos/día, en Zaragoza, la más alta es de 60.000, mientras que en la zona de estudio de INMA- Gipuzkoa la máxima es de 20.000. La distancia de buffer que utilizan el resto de los estudios es como mínimo de 100 metros. Pensamos que al ser un sitio con poca variabilidad de NO₂ habrá que utilizar buffers de muy poca distancia; 25-50 metros.

A priori se pensaba que colocando solo en zona urbana se podría conseguir buena estimación del NO₂, pero se ha visto que no sólo hay que precisar los buffer sino que habrá que colocar más puntos fuera de la zona urbana y también cercana al tráfico para conseguir mayor variabilidad. Además, en cada punto habrá que recoger más información sobre el lugar, como si hay vegetación, hay vehículos aparcados...

Estas propuestas de mejora se proponen con el fin de que el estudio vaya mejorando en busca de conseguir un modelo LUR capaz de predecir el NO₂ sin necesidad de captadores pasivos y saber que variables son las que mejor indican los valores de NO₂.

Los estudios científicos deben de estar siempre en progreso buscando una mejora constante para conseguir mejores resultados y estos usarlos después para mejorar las condiciones de vida de la sociedad.

6. DISCUSIÓN

En este estudio ha tenido mucha importancia la vertiente geográfica, tanto por el modelado geográfico de las variables (su espacialidad) como por la representación cartográfica de los resultados obtenidos.

La discretización de la información a través de los SIG ha permitido modelizar y cuantificar distintas variables que de otra manera no hubieran sido posible introducir dentro del estudio.

A su vez, los sistemas de información geográfica han dado la posibilidad de visualizar los resultados territorialmente, aportando mayor información al análisis estadístico.

El estudio llevado a cabo es sobre la contaminación del aire, más exactamente, de la contaminación de NO₂ y de la exposición de las mujeres y los niños y niñas de la zona INMA-Gipuzkoa a esta sustancia para luego analizar cómo afecta el NO₂ en las mujeres embarazadas y en los niños y niñas en proceso de desarrollo físico y neuropsicológico. Parece a primera vista que es un estudio médico, epidemiológico. Lo es, pero no tiene por qué quedarse ahí. Este tipo de estudios pueden servir no solo para saber que enfermedades se desarrollan a partir del NO₂ sino también, para determinar espacios de peligro de exposición a unos valores altos de NO₂ la de prevenir dicha exposición y minimizarla. Por tanto, se considera que estudios de este tipo deben ser tenidos en cuenta a la hora de proponer reestructuraciones territoriales tanto a nivel urbano como rural, que permitan identificar estas “áreas calientes”. Este proyecto pretende ser una primera aproximación a cuestiones geosanitarias de Gipuzkoa y un punto de inicio para la integración de estudios de este tipo en la Ordenación del Territorio. Su inclusión permitirá identificar zonas de exposición peligrosa y llevar a cabo políticas para la mejora de estas zonas. La disminución del tráfico en carreteras es una medida muy eficiente contra el NO₂.

Al fin a cabo, la ordenación del territorio tiene como objetivo principal la mejora de la calidad de vida de los habitantes y la salud es un punto que tiene mucho que ver en la mejora de la calidad de vida que no ha sido muy tenido en cuenta en las políticas de ordenación territorial y que sería muy importante tener en cuenta.

También se tendría que tener en cuenta en las políticas de salud pública y más exactamente en la estructuración sanitaria, poniendo más atención en las zonas más afectadas por el NO₂. Aunque hay que destacar que los niveles de NO₂ obtenidos en la zona INMA-Gipuzkoa no son para alertarse ya que son bastante más bajos de lo que la ley dice. Aun así, debería de ser un tema que se debería de tratar a la hora de hacer planes de ordenación territorial.

7. VALORACIÓN PERSONAL

Este trabajo me ha aportado muchas competencias que en un futuro valdrán para poder llevar a cabo otros proyectos. En el proceso del estudio he aprendido distintas cosas que no sabía y he puesto en práctica conocimientos aprendidos durante los años de grado y más específicamente de máster. He sabido solucionar problemas y he aprendido a desenvolverme en momentos que hasta ahora no había tenido que encontrarme con ellos.

He tenido la oportunidad de conocer gente trabajadora y con vocación de los que he aprendido mucho y pretendo seguir aprendiendo. El proyecto me ha servido para ampliar conocimientos de estadística y para mejorar mis capacidades con los sistemas de información geográfica.

Para la realización del proyecto me han sido de mucha ayuda las asignaturas de “Cartografía aplicada a la resolución de problemas ambientales” y “Cartografía y nuevas tecnologías para la ordenación territorial y medioambiental”. En menor medida pero también ha sido de gran utilidad la asignatura “Técnicas de campo y resolución de casos en la planificación del medio natural” para la preparación de las salidas de campo efectuadas.

El trabajo ha sido una experiencia positiva que me ha ayudado a ampliar conocimientos y a tener confianza en uno mismo para llevar a cabo cosas que pensaba que no iba a poder hacer.

8. CONCLUSIONES

En cuanto al modelo planteado, es interesante la utilización de cartografía como método exploratorio para incluir variables de las que se pueda buscar correlaciones fuertes para buenos modelos predictivos que de otra manera posiblemente no se hubieran podido conseguir, siendo una herramienta útil para apoyarnos en planteamiento de nuevas hipótesis. También resulta de utilidad a la hora de visualizar los resultados y hacerlos llegar a los usuarios potenciales, ya sean gestores o ciudadanos.

La cartografía también es una buena herramienta de análisis como complemento al análisis estadístico facilitando la visualización de los resultados y la interpretación de estos. La cartografía también permite el análisis y la representación de los datos, por lo tanto, puede y debería de ser complementaria al análisis estadístico siempre que se pueda.

Además, la cartografía permite una fácil difusión de los resultados obtenidos y encima suelen ser muy interactivo con la persona que los visualiza. De cara al público general ayuda a entender de mejor manera los resultados obtenidos. En líneas científicas como la aquí estudiada sobre la contaminación del aire de NO₂ es una herramienta que permite visualizar los resultados casi en un abrir y cerrar de ojos. Además, representa mejor la intravariabilidad de los datos.

Por lo tanto, se puede decir que los sistemas de información geográfica aportan a este estudio como a otros tantos un plus a la hora de hacer los análisis, de buscar las variables y de visualizar los resultados.

En cuanto a los resultados de NO₂ obtenidos en la zona de estudio INMA- Gipuzkoa es importante decir que los valores obtenidos en los captadores pasivos colocados por INMA-Gipuzkoa han sido muy bajos. Este dato hay que subrayarlo como positivo porque estos datos quieren decir que las mujeres

embarazadas y los niños y niñas de la zona de estudio INMA tienen una menor exposición al NO_2 y por lo tanto, tienen menor probabilidad de sufrir síntomas negativos derivados de la exposición al NO_2 .

Finalizando las conclusiones hay que remarcar que no todos los objetivos marcados al principio del estudio se han cumplido. El principal objetivo, estimar los niveles de NO_2 , construir un modelo LUR y crear un patrón territorial, del trabajo se ha cumplido aunque no se han conseguido los resultados esperados, ya que solo se ha conseguido estimar el 27%. Los objetivos secundarios varían dependiendo de cada objetivo, se ha conseguido describir los niveles de NO_2 y no se han descrito puntos de riesgo porque no se han encontrado puntos de riesgo en el área de estudio. En cuanto al objetivo secundario de conseguir intravariabilidad espacial en los captadores pasivos, ha sido el objetivo que peor se ha cumplido ya que no se ha conseguido intravariabilidad entre ellos.

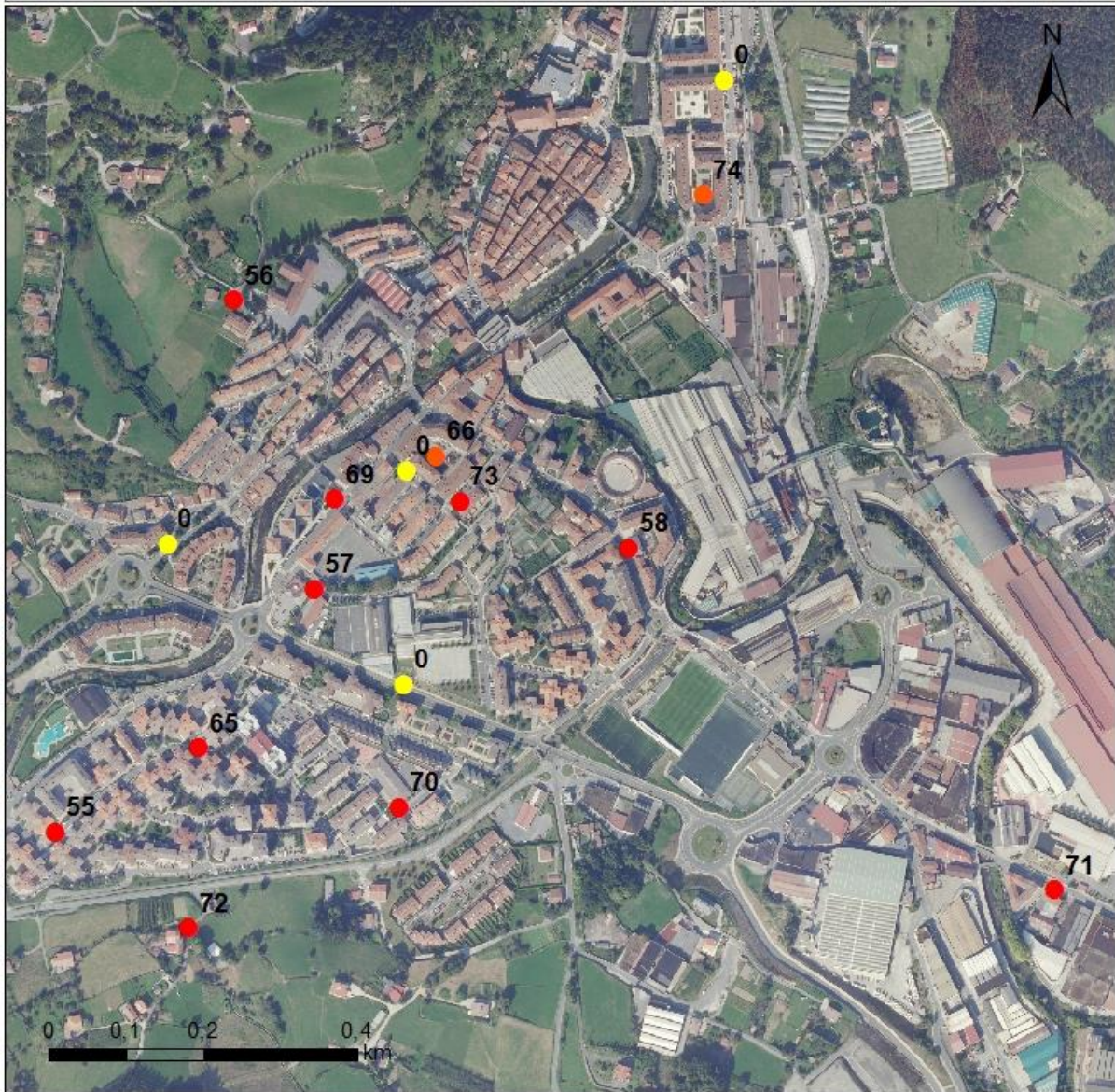
9. BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez-Sintes R, Álvarez-Castro MR, Toledo-Vila H. (1997): *Asociación entre manifestaciones respiratorias atípicas y contaminantes primarios de la atmósfera*. Revista Cubana Med Gen Integr. 13(3):212-221pp.
- Aránguez Ruiz E, Arribas García M, Aránguez Gilarranz J, Ordóñez Iriarte J. (2012): *Salud y Territorio. Aplicaciones prácticas de los Sistemas de Información Geográfica para la Salud Ambiental*. Sociedad Española de Sanidad Ambiental.
- Briggs, DJ. (2005): *The role of GIS: coping with space (and time) in air pollution exposure assessment*. J. Toxicol. Environ. Health A. 68, 1243-1261 pp.
- Briggs, D. J.; Collins, S.; Elliott, P.; Fischer, P.; Kingham, S.; Lebret, E.; Pyl, K.; Van Reeuwijk, H.; Smallbone, K.; Van Der Veen, A. (1997): *Mapping urban air pollution using GIS: a regression-based approach*. Int. J. Geograph. Inform. Sci. 1997, 11, 699-718 pp.
- Briggs DJ, Collins S, Elliott P, Fischer P, Kingham S, Lebret E, Pyl K, Van Reeuwijk H, Smallbone K, Van Der Veen A. (1997): *Mapping urban air pollution using GIS: a regression-based approach*. Int J Geogr Inform Sci. 11: 699–718 pp.
- Brunekreef, B.; Holgate, S. T. (2002): *Air pollution and health*. Lancet. 2002, 360, 1233-1242 pp.
- European Environment Agency (EEA) (2006): *Air pollution at street level in European cities*. Technical report No 1/2006. Copenhagen: EEA.
- ESCAPE (2010): *Exposure assesment manual*.
- Gilbert NL, Goldberg MS, Brook JR, Jerrett M. (2007): *The influence of highway traffic on ambient nitrogen dioxide concentrations beyond the immediate vicinity of highways*. Atmos Environ; 41:2670-2673 pp.
- Henderson, S. B.; Beckerman, B.; Jerrett, M.; Brauer, M. (2007): *Application of land use regression to estimate long-term concentrations of traffic-related nitrogen oxides and fine particulate matter*. Environ. Sci. Technol. 41, 2422-2428 pp.
- Hoek G, Beelen R, De Hoogh K, Vienneau D, Gulliver J, Fischer P et al. (2008): *A review of land-use regression models to assess spatial variation of outdoor air pollution*. Atmos Environ 2008; 42(33):7561-7578 pp.
- Hoek G, Brunekreef B, Goldbohm S, Fischer P, Van Den Brandt P, A. (2002): *Association between mortality and indicators of traffic-related air pollution in the Netherlands: a cohort study*. Lancet. 360:1203- 1209 pp.

- Kunzli N, Kaiser R, Medina S, Studnicka M, Chanel O, Filliger P et al. (2000): *Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment*. Lancet 2000; 356(9232):795-801 pp.
- Lebret, E, Briggs, D, Van Reeuwijk, H, Fischer, P, Smallbone, K, Harssema, H.; Kriz, B.; Gorynski, P.; Elliott, P. (2000): *Small area variations in ambient NO2 concentrations in four European areas*. Atmos. Environ.34, 177-185 pp.
- Llorente Gonzalez J.M. (2012): *Protocolo de espacialización de datos sanitarios: variación geográfica de la depresión en Aragón*. Universidad de Zaragoza.
- Marshall JD, Nethery E, Brauer M. (2008): *Within-urban variability in ambient air pollution: comparison of estimation methods*. Atmos Environ; 42:1359-1369 pp.
- Olaya V. (2011): *Sistemas de información geográfica*. Victor Olaya, 2011.
- Ruszkiewicz A, Boer B, Robertson S. (1997): *Usual presentation of death due to carbon monoxide poisoning. A report of two cases*. Am J Forensic Med Pathol; 18:181-184 pp.
- Verhasselt, Y. (1993): *Geography of health: some trends and perspectives*. Social Science & Medicine, 119-123pp.
- Slama R, Darrow L, Parker J, Woodruff TJ, Strickland M, Nieuwenhuijsen M, et al. (2008): *Meeting report: atmospheric pollution and human reproduction*. Environ Health Perspect. 116:791-798 pp.
- World Health Organization (WHO) (2005): *Air Quality Guidelines*. Global update 2005. Germany: WHO.
- Fuentes:
 - Instituto de Estadística de Euskadi (EUSTAT): <http://www.eustat.eus/>
 - IDEE Euskadi (GeoEuskadi): <http://www.geo.euskadi.eus/>
 - Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG): <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/>
 - Instituto Geográfico Vasco: <http://www.ingeba.org/>

10. ANEXOS

AZPEITIA



Kaptadoreak2016 KAPT_IMD



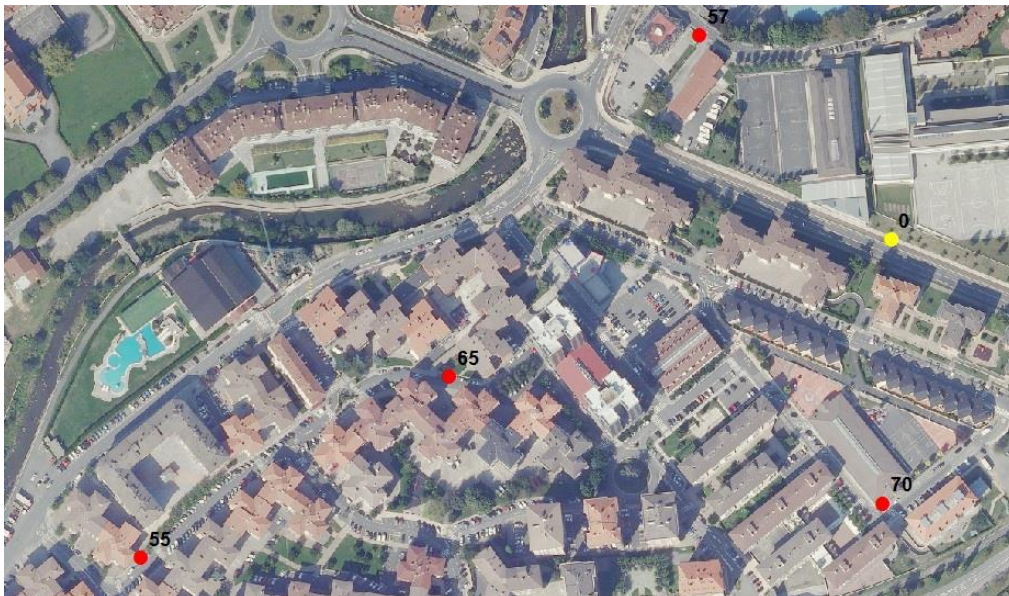
OSASUN SAILA
Gipuzkoako Foruak / Foruak

DEPARTAMENTO DE SANIDAD
Dirección Territorial de Gipuzkoa

- IMD
- KAPT
- KAPT eta IMD

2 TALDEA	Aitana eta Begotxu	AZPEITIA
----------	--------------------	----------

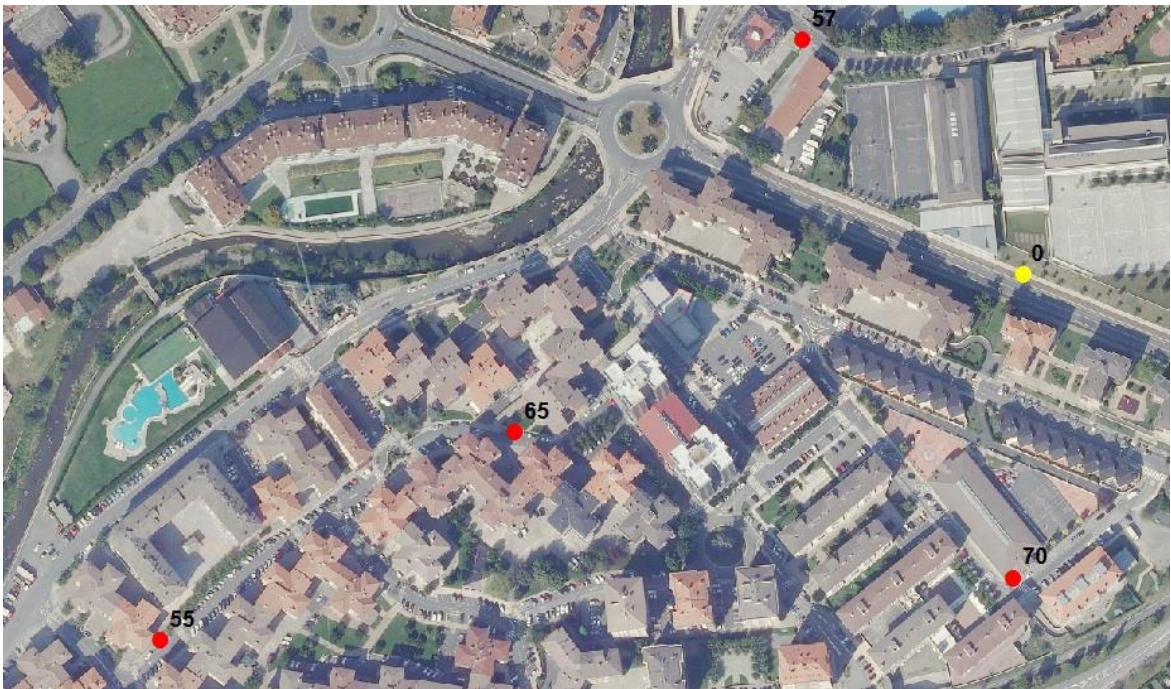
KODIGOA: 55	Kalea: Salbe auzoa	Mota: KAPT eta IMD	X: 559.135,766	Y: 4.780.792,862
-------------	--------------------	--------------------	----------------	------------------



Esplikazioa

2 TALDEA	Aitana eta Begotxu	AZPEITIA
----------	--------------------	----------

KODIGOA: 65	Kalea: Urbitarte auzunea 4	Mota: KAPT eta IMD	X: 559.521,072	Y: 4.780.902,345
-------------	----------------------------	--------------------	----------------	------------------



Esplikazioa

2 TALDEA	Aitana eta Begotxu	AZPEITIA
----------	--------------------	----------

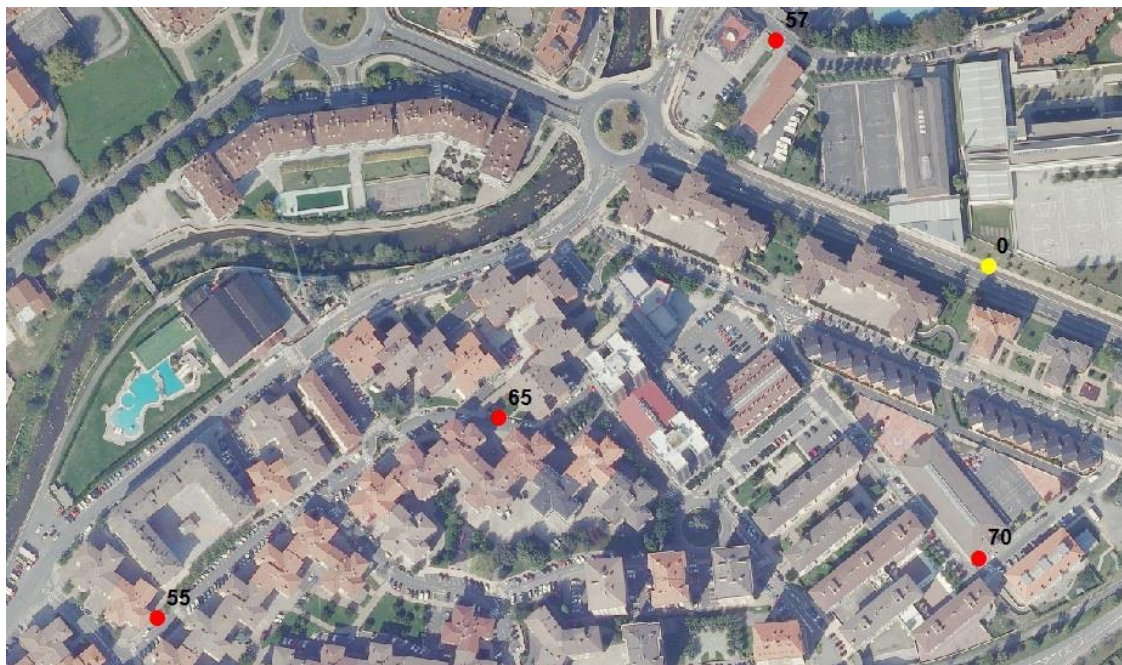
KODIGOA: 72	Kalea: Loiola auzoa	Mota: KAPT eta IMD	X: 559.310,911	Y: 4.780.667,047
-------------	---------------------	--------------------	----------------	------------------



Esplikazioa

2 TALDEA	Aitana eta Begotxu	AZPEITIA
----------	--------------------	----------

KODIGOA: 70	Kalea: Euskal Herria auzoa (ikastola)	Mota: KAPT eta IMD	X: 559.582,208	Y: 4.780.826,123
-------------	---------------------------------------	--------------------	----------------	------------------



Esplikazioa

2 TALDEA	Aitana eta Begotxu	AZPEITIA
----------	--------------------	----------

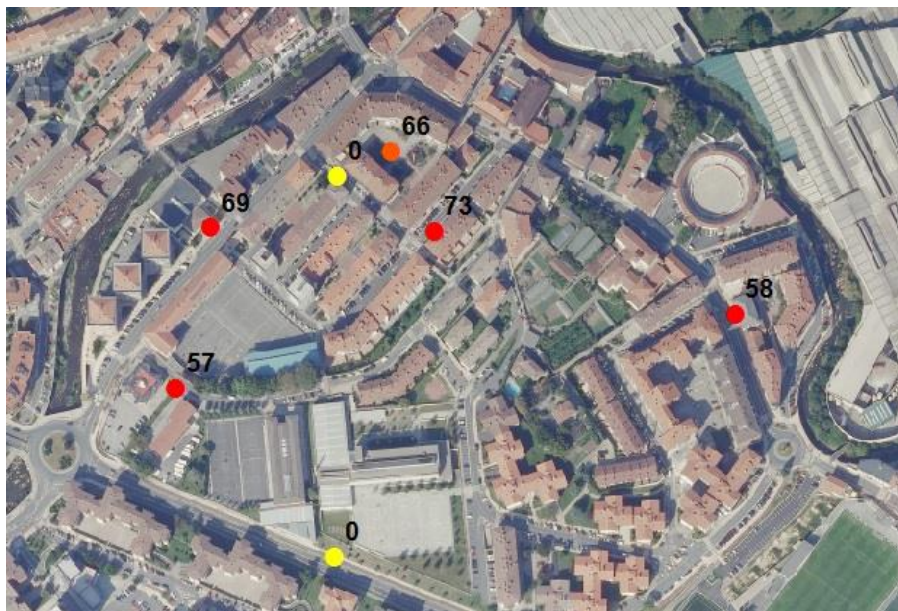
KODIGOA: 57	Kalea: Perdillegi kalea	Mota: KAPT eta IMD	X: 559.471,985	Y: 4.781.108,111
-------------	----------------------------	-----------------------	----------------	------------------



Esplikazioa

2 TALDEA	Aitana eta Begotxu	AZPEITIA
----------	--------------------	----------

KODIGOA: 69	Kalea: Jose Artetxe kalea	Mota: KAPT eta IMD	X: 559.497,981	Y: 4.871.224,298
-------------	------------------------------	-----------------------	----------------	------------------



Esplikazioa

2 TALDEA	Aitana eta Begotxu	AZPEITIA
----------	--------------------	----------

KODIGOA: 73	Kalea: Ildefonso Gurrutxaga kalea 6	Mota: KAPT eta IMD	X: 559.659,166	Y: 4.781.221,800
-------------	-------------------------------------	--------------------	----------------	------------------



Esplikazioa

2 TALDEA	Aitana eta Begotxu	AZPEITIA
----------	--------------------	----------

KODIGOA: 58	Kalea: Harzubia hiribidea	Mota: KAPT eta IMD	X: 559.879,152	Y: 4.781.161,350
-------------	---------------------------	--------------------	----------------	------------------



Esplikazioa

2 TALDEA	Aitana eta Begotxu	AZPEITIA
----------	--------------------	----------

KODIGOA: 66	Kalea: Ildefonso Gurrutxaga parkea	Mota: KAPT	X: 559.628,443	Y: 4.781.279,853
-------------	------------------------------------	------------	----------------	------------------



Esplikazioa

2 TALDEA	Aitana eta Begotxu	AZPEITIA
----------	--------------------	----------

KODIGOA: 56	Kalea: Etxe alai auzunea	Mota: KAPT eta IMD	X: 559.366,929	Y: 4.781.482,341
-------------	-----------------------------	-----------------------	----------------	------------------



Esplikazioa

2 TALDEA	Aitana eta Begotxu	AZPEITIA
----------	--------------------	----------

KODIGOA: 74	Kalea: Iberotarren plaza	Mota: KAPT	X: 559.973,745	Y: 4.781.619,155
-------------	--------------------------	------------	----------------	------------------



Esplikazioa

2 TALDEA	Aitana eta Begotxu	AZPEITIA
----------	--------------------	----------

KODIGOA: 71	Kalea: GI-2634, 30	Mota: KAPT eta IMD	X: 560.430,200	Y: 4.780.718,768
-------------	--------------------	--------------------	----------------	------------------



Esplikazioa


2 TALDEA	Aitana eta Begotxu	AZPEITIA
----------	--------------------	----------

KODIGOA: 101	Kalea: GI-631	Mota: IMD	X: 559.584,757	Y: 4.780.984,392
KODIGOA: 102	Kalea: Loiolako Inazio hiribidea	Mota: IMD	X: 559.281,091	Y: 4.781.169,248
KODIGOA: 103	Kalea: Julian Elorza hiribidea	Mota: IMD	X: 559.589,549	Y: 4.781.161,763
KODIGOA: 132	Kalea: Ildefonso Gurrutxaga kalea	Mota: IMD	X: 560.003,877	Y: 4.781.768,712




Esplikazioa

Anexo de los papeles a rellenar para el Instituto de Salud Carlos III:



NOMBRE DEL PROYECTO

PAIS VASCO



CÓDIGO DEL PUNTO	DISTANCIA DEL PUNTO A POSIBLES FOCOS DE EMISIÓN DE NH ₃ (Basura, alcantarillado, parque o zona donde haya perros...)	
	NO SE OBSERVA	SI (estimar la distancia)
48		Basuras a 13 m Zona verde donde pueda haber perros.
47		Basuras a 13m
50		Alcantarillado (2m)
51		Basuras (2m) Alcantarillado (16m)
59		Alcantarillado a 9m Basuras a 30m.
49		Zona verde donde pueda haber perros (aunque no hayamos visto) Carretera general a 26 m. Basuras
45		
44		Basuras Zona verde donde pueda haber perros.

COMO CUMPLIMENTAR EL FORMATO DE TOMA DE MUESTRA



PAIS VASCO



CÓDIGO DE MUESTRA	COLOCACIÓN		RECOGIDA	
	OPERADOR	Hora:minutos	OPERADOR	Hora:minutos
<p>Se debe incluir el código de la muestra, estando éste indicado:</p> <p>Captador de dióxido de nitrógeno: El técnico de campo debe colocar la etiqueta con el código de muestra (que se facilita por el ISCIII) en la placa de soporte y anotar dicho código en este apartado</p>	<p>Se debe incluir el nombre del técnico de campo que realiza la colocación del captador pasivo</p>	<p>Se debe incluir la hora (hora:minutos) a la cual se realiza la colocación del captador pasivo</p>	<p>Se debe incluir el nombre del técnico de campo que realiza la retirada del captador pasivo</p>	<p>Se debe incluir la hora (hora:minutos) a la cual se realiza la retirada del captador pasivo</p>
PV40/19-04 al 03-05-16/NO _x	Joseba y Eva	08:45	Joseba y Flor	09:03
PV37/19-04 al 03-05-16/NO _x	Joseba y Eva	09:28	Joseba y Flor	09:25
PV38/19-04 al 03-05-16/NO _x	Joseba y Eva	09:34	Joseba y Flor	09:20
PV43/19-04 al 03-05-16/NO ₂	Joseba y Eva	10:00	Joseba y Flor	09:44
PV41/19-04 al 03-05-16/NO ₂	Joseba y Eva	10:18	Joseba y Flor	10:05
PV36/19-04 al 03-05-16/NO ₂	Joseba y Eva	10:38	Joseba y Flor	10:34
PV35/19-04 al 03-05-16/NO ₂	Joseba y Eva	10:54	Joseba y Flor	10:50

OBSERVACIONES:

Se debe incluir toda anomalía que haya podido ocurrir durante la colocación y retirada del captador pasivo

No se ha detectado ninguna anomalía durante la colocación y retirada del captador pasivo.

F_PNE_CNSA_CA_3901_04



PAIS VASCO



IMD:

DIA:

19 de abril

3 de mayo

Número de grupo:

Municipio:

Código (en el informe pone el nº del código):

IMD de tráfico (Vehículos a motor –coche, moto, autobús, camión- en 15 minutos) (en la calle que este a 20 metros como mucho):

Hora de inicio de IMD:

Otros (si hay):

Industria

Semáforo

Arboles

Gasolineras

Parking

Problemas y demás...: