**LABORATORI DEL CENTRE DE MEDI AMBIENT**
ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA INDUSTRIAL
**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA** BARCELONA**TECH**

# ESTUDIO DE MODELIZACIÓN NUMÉRICA PARA LA VALORACIÓN DEL IMPACTO DE LOS PRINCIPALES EJES VIARIOS SOBRE EL ÁREA URBANA DE HERNANI

## Entidad solicitante : AYUNTAMIENTO DE HERNANI

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Laboratori del Centre de Medi Ambient

**INFORME 03: Modelización del impacto de los principales ejes viarios**



**BARCELONA FEBRERO 2018**

## 1. INTRODUCCIÓN

A solicitud del Ayuntamiento de Hernani, y en su representación el Sr. Mattin Aldaia, se ha procedido a realizar el estudio del impacto de las emisiones a la atmósfera procedentes de las fuentes de emisión existentes en su término municipal. El estudio de impacto se ha realizado mediante modelización numérica a partir de datos orográficos, meteorológicos y factores de emisión extraídos de la información facilitada y obtenida.
El presente informe corresponde a la valoración del impacto de los principales ejes viarios existentes en el término municipal de Hernani.

## 2. BASES DE DATOS UTILIZADAS Y METODOLOGÍA

Para la realización del estudio de impacto se han generado las siguientes bases de datos y se ha usado la siguiente metodología:

Base de datos orográficos: SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission). Definition 90 m. SRTM is an international project spearheaded by the National Geospatial-Intelligence Agency (NGA) and the National Aeronautics and Space Administration (NASA).*

Base de datos meteorológicos de mesoescala NCEP (*National Centers of Environmental Prediction*) de la NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) de EUA.

Base de datos de niveles y parámetros de emisión:

- Factores de emisión de partículas y óxidos de nitrógeno correspondientes a las diferentes tipologías de vehículos
- Valores de intensidad media diaria (IMD) de los principales ejes viarios

**Metodología**:

Para el desarrollo del análisis del potencial impacto de las emisiones procedentes de las diferentes tipologías de vehículos (vehículos ligeros, pesados,…), se ha utilizado la siguiente metodología:
Debido a la orografía del área de estudio se ha utilizado el modelo de dispersión de contaminantes atmosféricos TAPM (*The Atmospheric Pollution Model, CSIRO, Australia*).
Los modelos que se pueden utilizar para predecir la concentración de la contaminación hora a hora para períodos de hasta un año normalmente son modelos semi-empíricos-analíticos, fundamentados en *puffs* o penachos Gaussianos. Estos modelos suelen utilizar o bien un sencillo archivo de datos meteorológicos de superficie (AERMOD), o los resultados de un modelo de diagnóstico del campo de vientos fundamentado en pocas observaciones disponibles (cálculo de la meteorología en un solo punto de una malla de varios kilómetros (CALPUFF)). El modelo TAPM que se ha utilizado se diferencia en que resuelve las ecuaciones fundamentales fluido-dinámicas de transporte para predecir la meteorología y la concentración de contaminantes para aplicaciones

de estudio y control de la calidad del aire. TAPM consiste en componentes acoplados de pronóstico meteorológico y componentes de concentración de contaminantes, eliminando la necesidad de tener observaciones meteorológicas de superficie de la área de estudio, que usualmente están condicionadas por el emplazamiento de la estación meteorológica local, con efectos como la derivación de corrientes de aire debidas al propio edificio donde están situadas. El modelo predice los flujos importantes para la contaminación a escala local, como las brisas marinas y los flujos inducidos por el terreno, partiendo de datos meteorológicos producidos per análisis sinópticos.

La componente meteorológica de TAPM es un modelo de ecuaciones diferenciales para flujo incompresible, no hidrostático, que sigue las curvas de nivel del terreno para simulaciones tridimensionales. El modelo resuelve las ecuaciones vectoriales de momento para la componente horizontal de vientos, la ecuación de continuidad para la componente vertical, i las ecuaciones escalares para la temperatura potencial virtual y la humedad específica de vapor de agua, agua en forma de nubes y agua de lluvia.

La componente de contaminación de TAPM utiliza los datos resultantes de la meteorología calculada mediante cuatro módulos. El módulo euleriano resuelve las ecuaciones diferenciales de pronóstico de concentración y la correlación cruzada de concentración y temperatura potencial virtual. El módulo lagrangiano de partículas puede ser utilizado para estudiar la dispersión a poca distancia del foco emisor. Finalmente el módulo que considera el efecto de los edificios en la trayectoria de los contaminantes emitidos, es utilizado tanto en el módulo euleriano como en el lagrangiano (*The Air Pollution Model (TAPM) version 2. Part 1: Technical Description. Autor: Peter Hurley. CSIRO Atmospheric Research Technical Paper No. 55).*

**Tamaño de malla**

La concentración de los contaminantes obtenida con el modelo TAPM consiste en valores únicos medios para todo el ámbito del nodo tridimensional considerado.

Por otro lado se tiene que asumir un tiempo de cálculo apropiado al nivel de definición que se quiere obtener. TAPM es muy intensivo en tiempo de computación, al contrario que otros modelos más sencillos que resuelven ecuaciones analíticas. Operando en sistemas en paralelo, se ha utilizado un tipo de anidamiento de las dimensiones siguientes:

25x25 Km, 6,4x6,4 Km, 1,6x1,6 Km, 0,4x0,4 Km, 0,2x0,2 km

Con 25x25 nodos en todos los casos cubriendo las siguientes áreas del territorio:

625x625 Km, 160x160 Km, 40x40 Km, 10x10 Km, 5x5 km

Los cálculos meteorológicos se han realizado para todas las mallas obteniendo el campo de vientos tridimensional. Los cálculos de la concentración de contaminantes se han realizado para la malla interna. De acuerdo con pruebas preliminares de cálculo, el territorio cubierto por esta malla interna es suficiente para contener el área de impacto del foco o focos estudiados.

La distribución vertical de nodos se configura en 25 capas, las alturas de los cuales son: 10, 25, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 750, 1000, 1250, 1500, 1750, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 5000, 6000, 7000 y 8000 metros.

**Años de modelización**

El estudio de modelización ha comprendido 6 años: 2011, 2012, 2013, 2014, 2015 y 2016.

Para asegurar la fiabilidad de los resultados se necesita hacer los cálculos para diferentes años. De esta manera se reduce el efecto de la variabilidad del tiempo anual (más lluvioso, más frío, etc.), consiguiendo que los mapas de impacto obtenidos tengan valores medios con menos fluctuaciones.
El tiempo de computación se incrementa considerablemente, pero es necesario para incrementar la fiabilidad de les conclusiones.
El objetivo de la modelización se ha centrado en obtener con valores nominales y reales los siguientes resultados:

- Régimen tridimensional de datos meteorológicos horarios para todas las horas de los seis años y para cada uno de los mallados utilizados.
- Concentraciones de los contaminantes en todo el espacio tridimensional cubierto por el mallado interior.
- Concentraciones de inmisión medias y máximas horarias en los nodos superficiales para al período 2011-2016.

## 3. METODOLOGÍA DE CÁLCULO

Los ejes viarios considerados se muestran en la figura 1. Son las vías más cercanas a Hernani que quedan dentro del ámbito de estudio de 5x5 kilómetros y que suponen un impacto no uniforme en el ámbito urbano de esta población. Estas vías son (figura 1): AP1/AP8, A15, GI2132 y GI3410. En esta fase de modelización no se ha evaluado el tráfico interno.

Las carreteras más alejadas de la población indudablemente incrementan el nivel de fondo de contaminación atmosférica, pero se considera que dada su distancia relativa, este nivel de fondo será uniforme en toda la población. Se pretende con este planteamiento obtener las zonas urbanas que puedan tener un impacto diferente, mayor, que el resto.

Las emisiones atmosféricas del transporte terrestre dependen de factores como la tipología del vehículo (turismos, furgonetas, camiones, autobuses y motocicletas), la velocidad a la que circula, los kilómetros recorridos, el tipo de combustible, la cilindrada o tonelaje, la antigüedad del vehículo y el tipo de tecnología de reducción de NOx que se utilice.

A partir de la información disponible, se ha aplicado la metodología desarrollada por la *Aristotle University Thessaloniki,* financiada por la *Agencia Europea del Medio Ambiente* (http://www.eea.europa.eu): (http://www.emisia.com/copert/) COPERT.

Los factores de emisión utilizados han sido los descritos en EMEP/EEA '*Air Pollutant Emission Inventory Guidebook*', de la agencia europea citada. La distribución del parque de vehículos a partir de la primera clasificación (turismos, camiones, motocicletas) se ha tomado de la Dirección General de Tráfico (http://apl.dgt.es/IEST2/).

## 3.1. FACTORES DE EMISIÓN

A partir de los datos disponibles de la Diputación de Guipúzcoa se han obtenido las emisiones atmosféricas de contaminantes primarios con la expresión:

$$E = \text{suma } (N \times M \times FE)_i$$

Siendo:
$_i$ = vehículo categoría i
E = emisión del contaminante (g)
N = número de vehículos de la categoría considerada
M = distancia recorrida por el vehículo (km)
FE = factor de emisión (g/km)

Las categorías que considera el método empleado para de los diferentes tipos de vehículos suman un total de 253 tipos distintos entre turismos, furgonetas, camiones, autobuses, motos y ciclomotores, es decir se tienen 253 términos en el sumatorio anterior para cada tipo de contaminante atmosférico.

Los Índices Medios Diarios (IMD) de tráfico se relacionan en la tabla 1, según el plano de aforos (2014) disponible de la Diputación Foral de Guipúzcoa a la hora de realizar el estudio (ver figuras 2, 3 y 4).

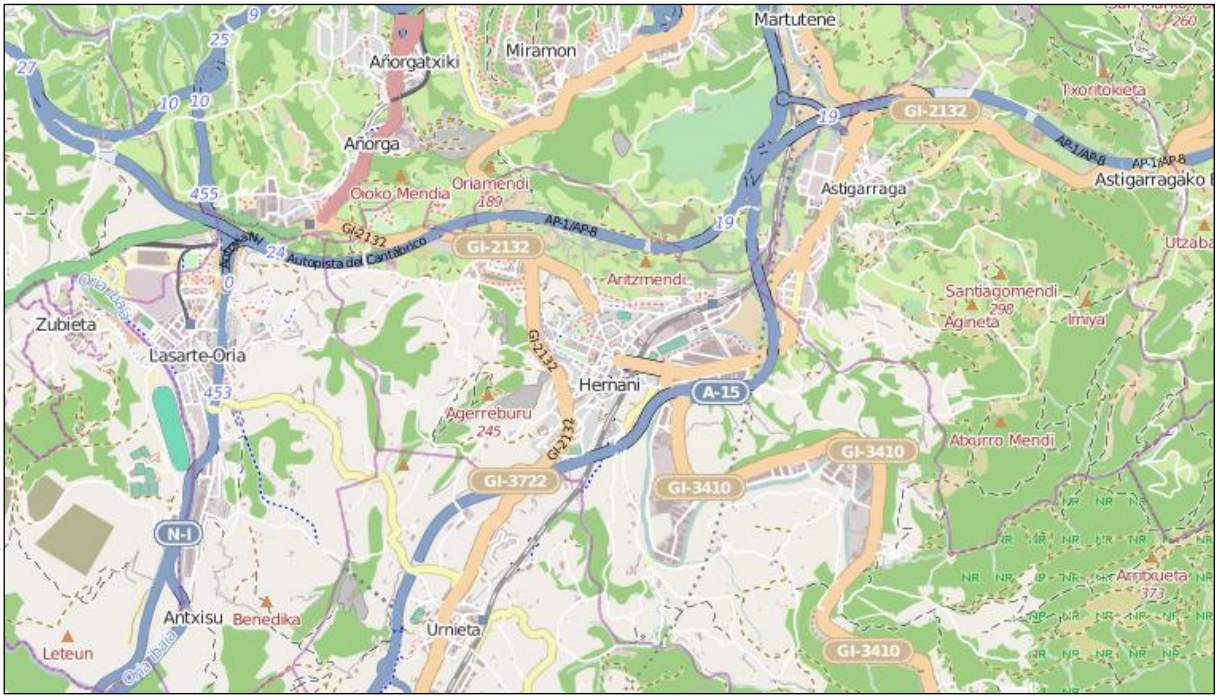


Figura 1. Red viaria en los alrededores de Hernani (Fuente: DGT)

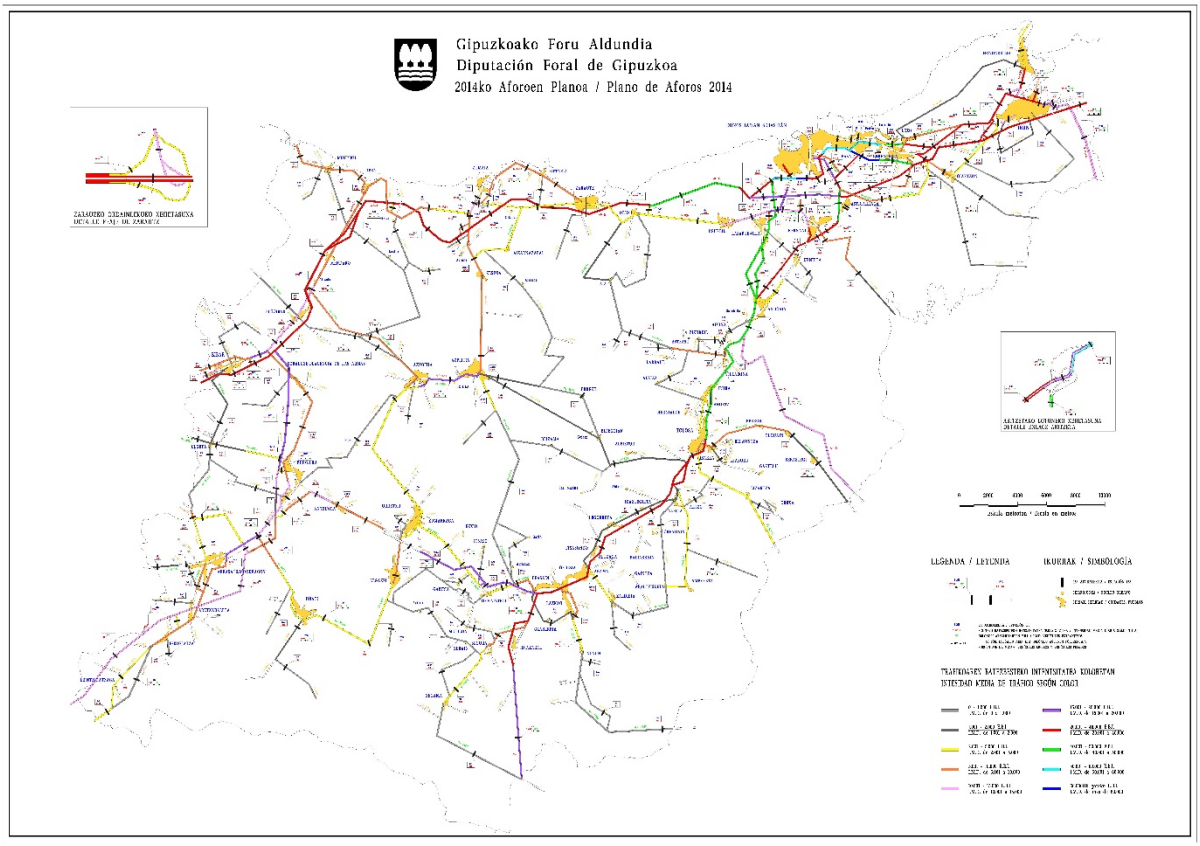



Figura 2. Plano de Aforos 2014 de la Diputación Foral de Guipuzkoa

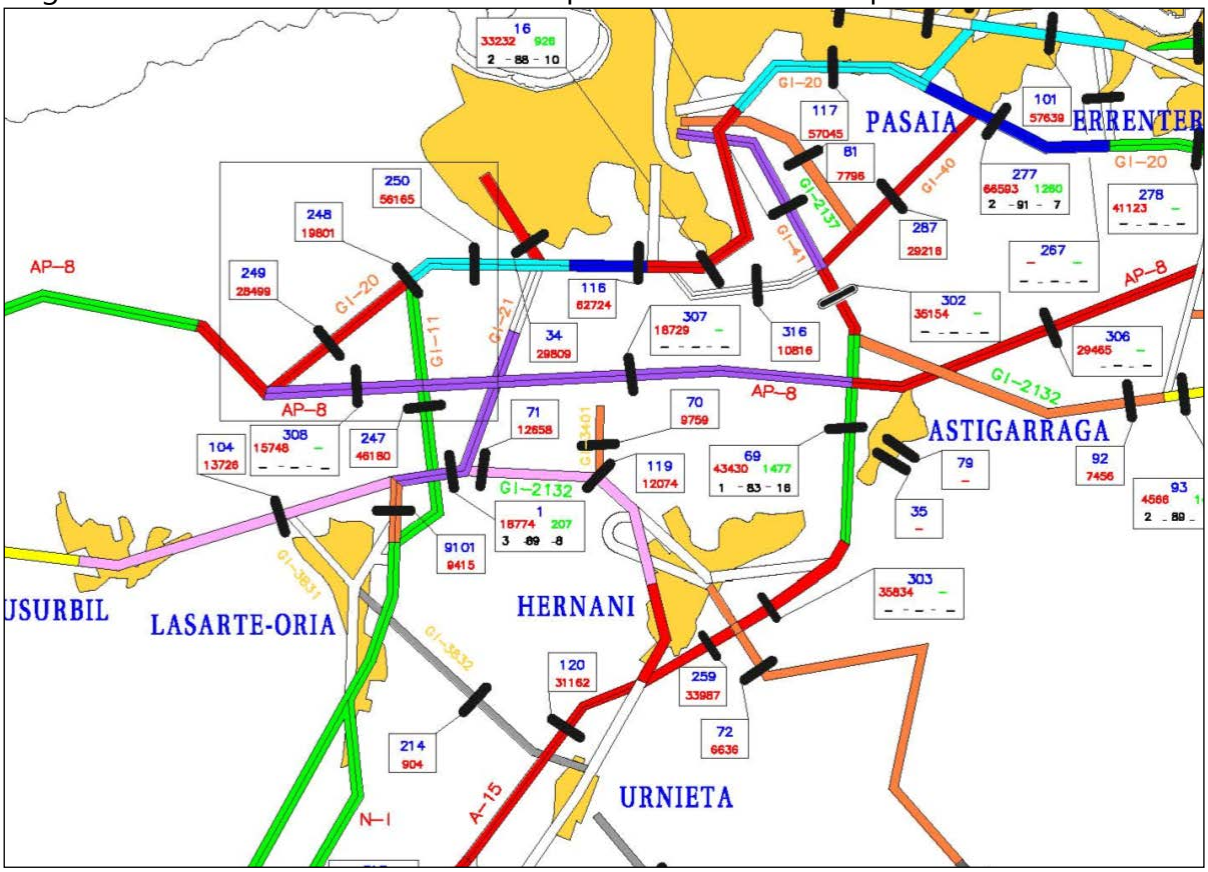



Figura 3. Ampliación del plano de estaciones de aforo para la zona de Hernani (Fuente: Diputación Foral de Guipuzkoa, 2014)




Figura 4. Nomenclatura y códigos de color que indican IMDs en el plano de estaciones de aforo de la Diputación de Guipúzcoa.

Tabla 1. Índice medio diario (IMD) de tráfico en las carreteras consideradas

| VIA | IMD |
|---|---|
| **A15** | **37750** |
| **AP8** | **18729** |
| **GI2132** | **12074** |
| **GI3410** | **6636** |

Para la vía A15 se ha considerado el promedio de los tres aforos incluidos en la figura 3.

## 4. RESULTADOS DEL ESTUDIO DE MODELIZACIÓN. MAPAS DE CALIDAD DEL AIRE (CONTAMINANTES PRIMARIOS)

Los resultados obtenidos de aplicar la tecnología de modelización descrita en el apartado 2 con los factores de emisión resultantes de la documentación relacionada en el apartado 3, han permitido obtener los siguientes resultados:

### 4.1. Mapas de impacto

Para la evaluación del impacto se han definido diferentes puntos situados en la zona urbana. La relación de puntos se puede observar en la figura 5.

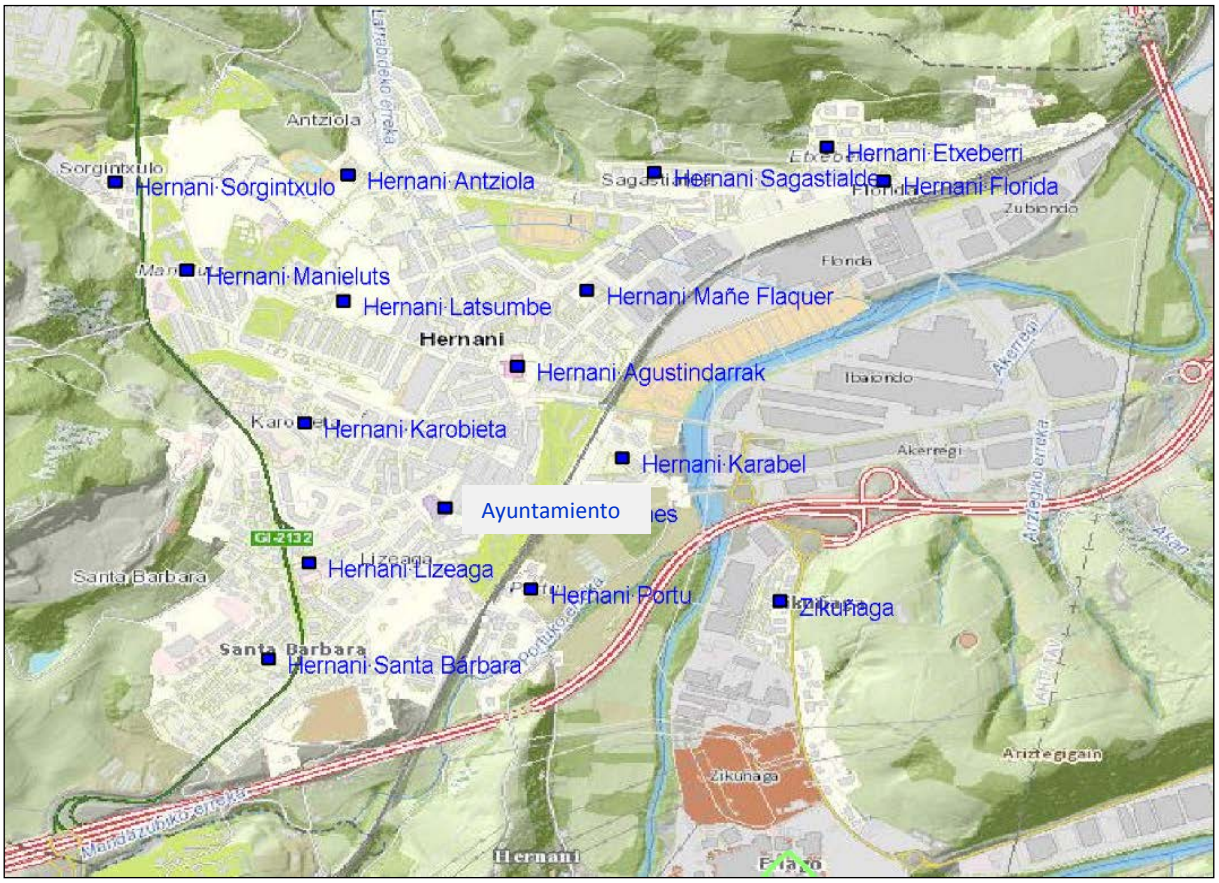



Figura 5. Puntos de control de impacto considerados en el estudio de modelización numérica

En las figuras 6 a 9 se puede observar el impacto promedio y máximo conjunto de las emisiones de $NO_2$ y NOx de las diferentes vías de comunicación consideradas.

En las tablas 2 y 3 se relacionan los valores máximos horarios de los niveles de inmisión de partículas $PM_{2,5}$, $PM_{10}$, $NO_2$ y NOx (ver páginas 67-69).

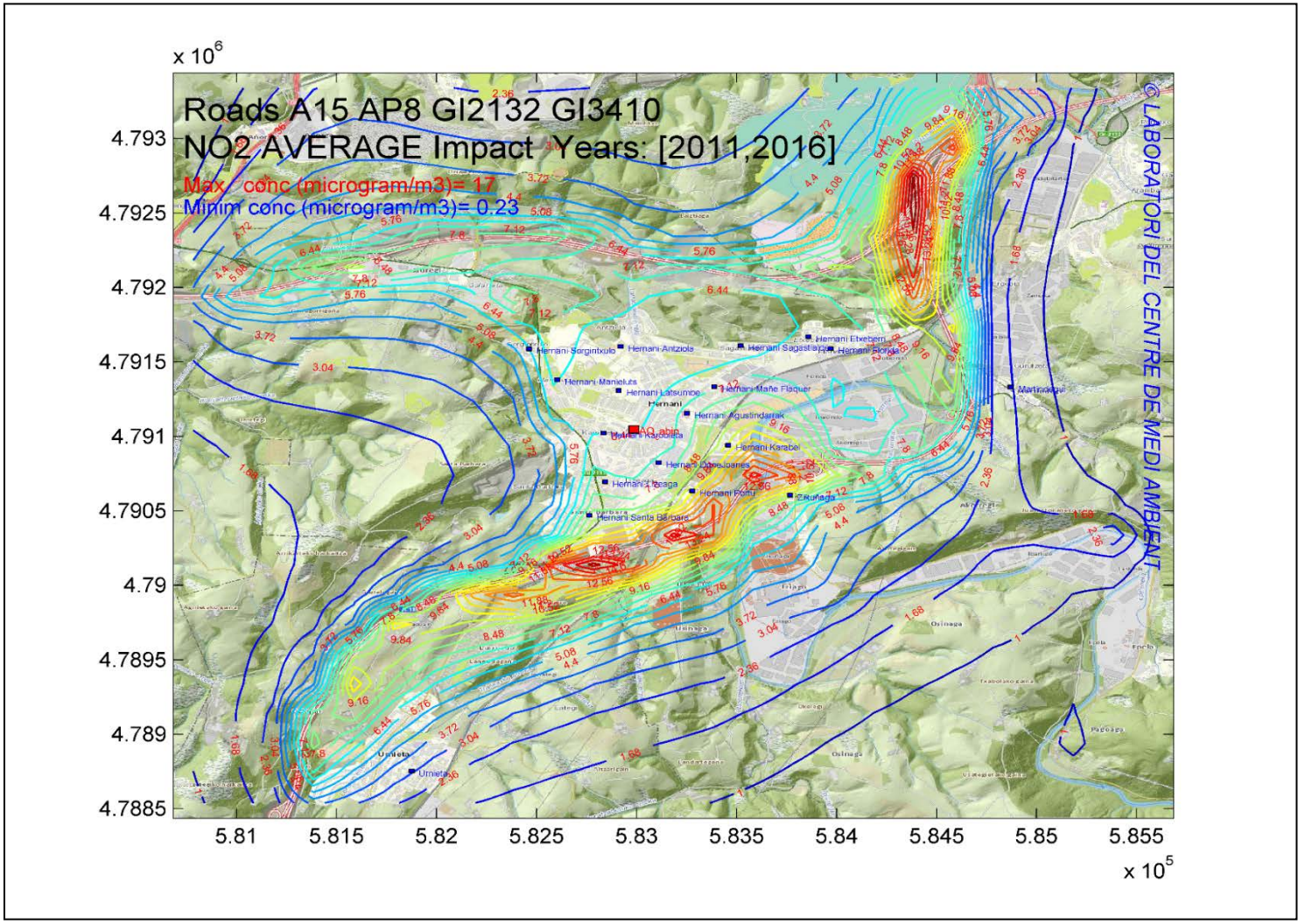



Figura 6. Niveles de inmisión promedio anual (período 2011 a 2016) de $NO_2$ generados por los ejes viarios

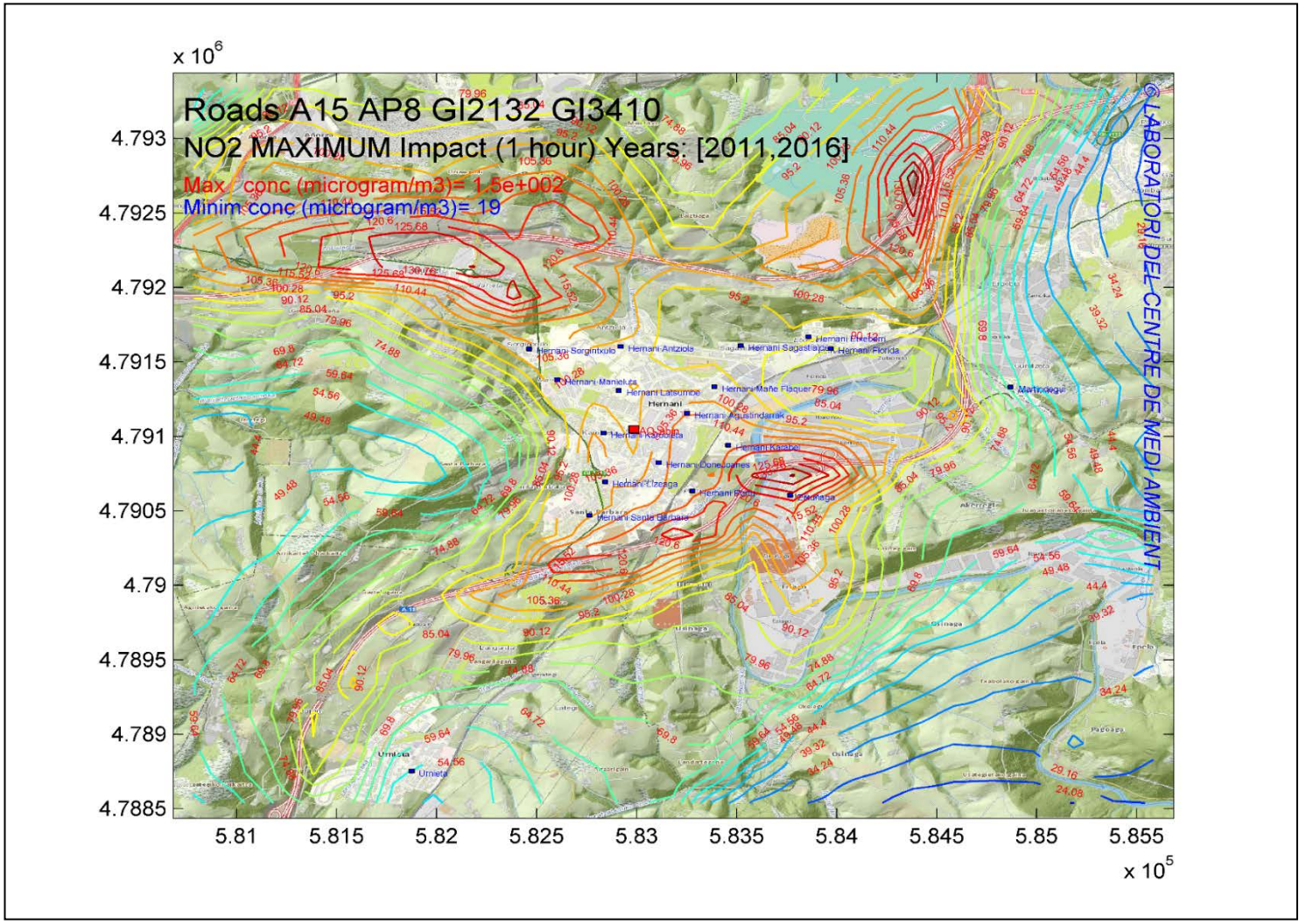



Figura 7. Niveles de inmisión máximos horario (período 2011 a 2016) de $NO_2$ generados por los ejes viarios

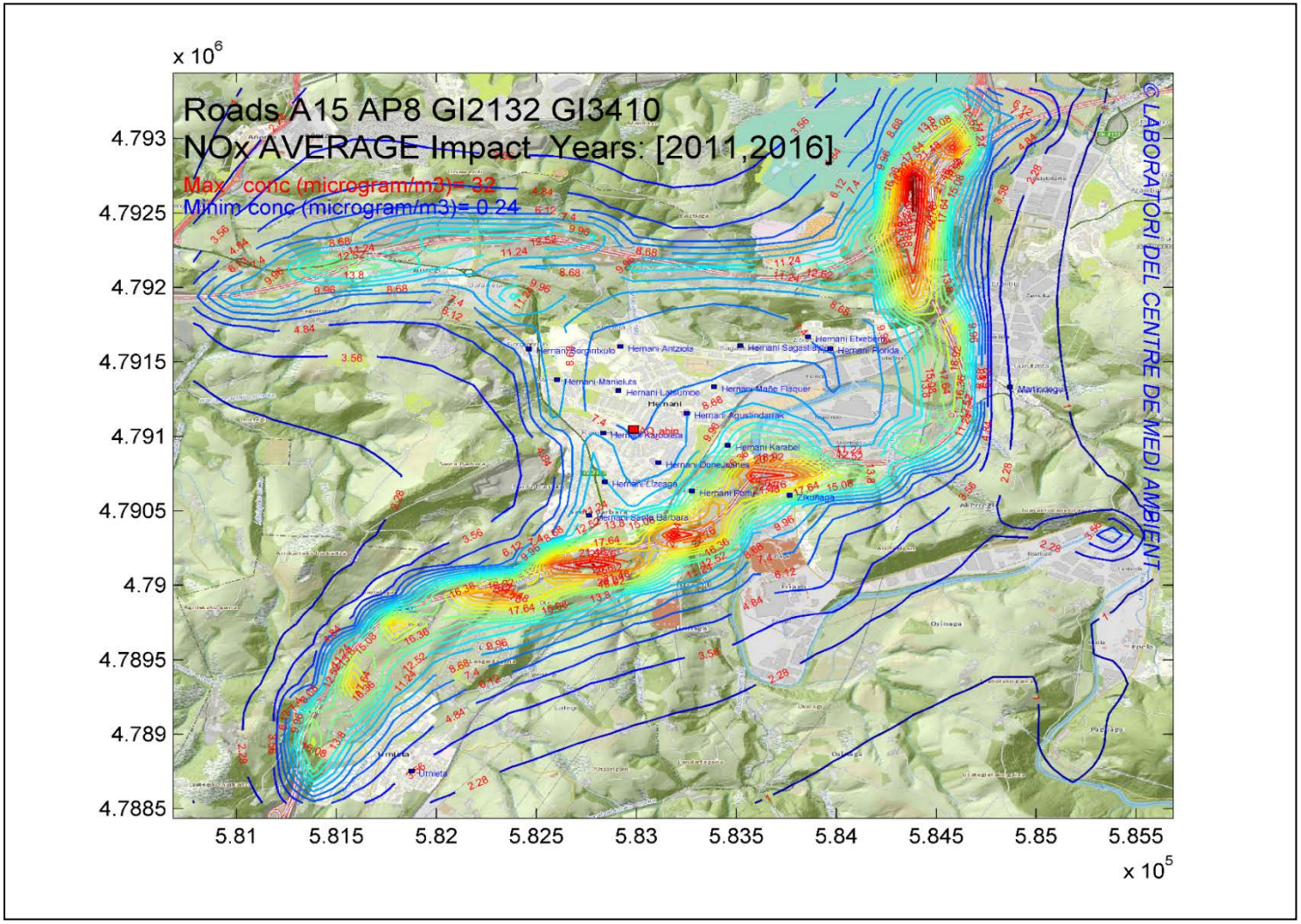



Figura 8. Niveles de inmisión promedio anual (período 2011 a 2016) de NOx generados por los ejes viarios

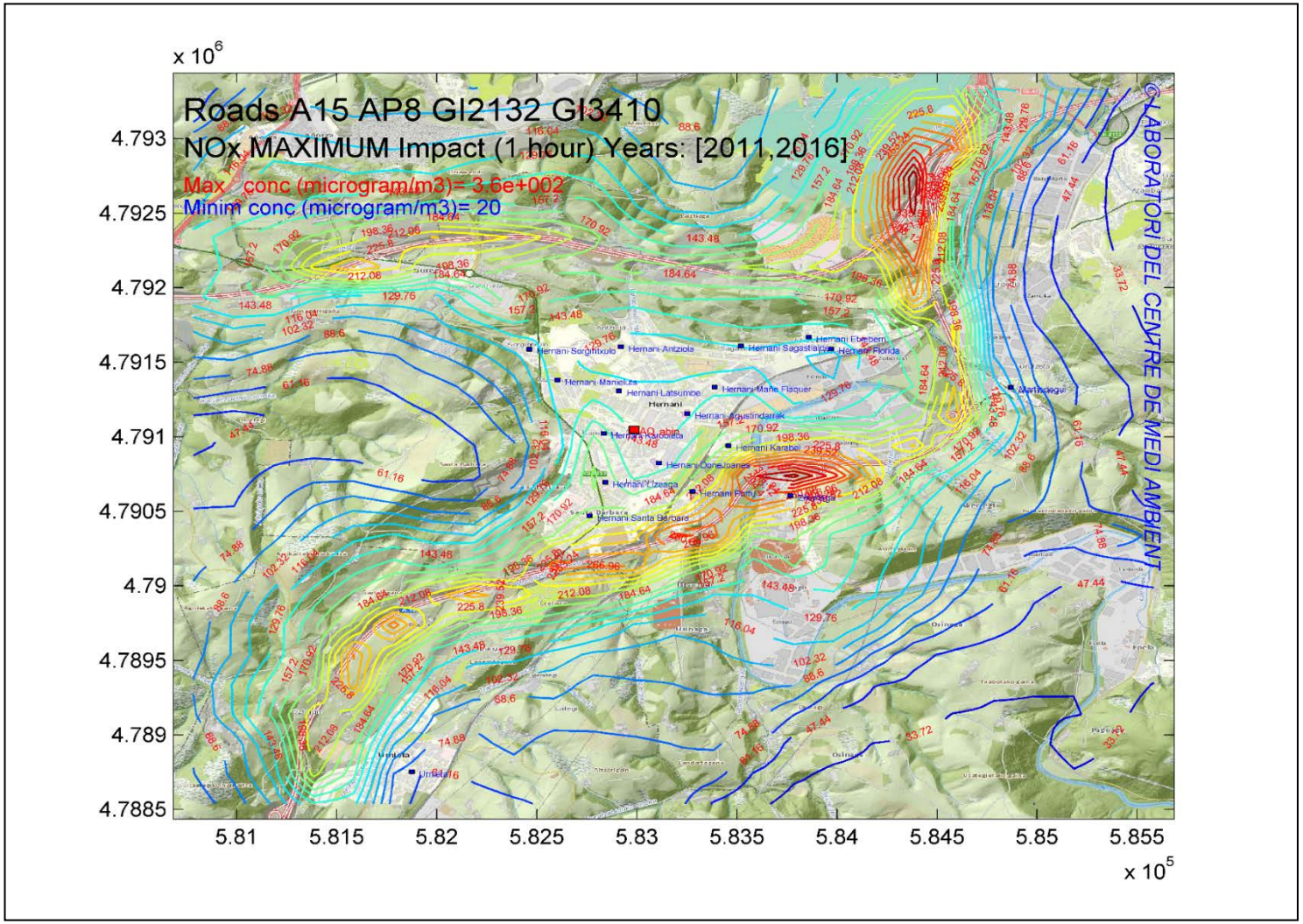



Figura 9. Niveles de inmisión máximos horario (período 2011 a 2016) de NOx generados por los ejes viarios

## 4.2. Evolución horaria y mensual de los niveles de inmisión generados por los ejes viarios considerados sobre diferentes receptores situados en el área urbana de Hernani

### 4.2.1. Niveles de inmisión de partículas ($PM_{10}$)

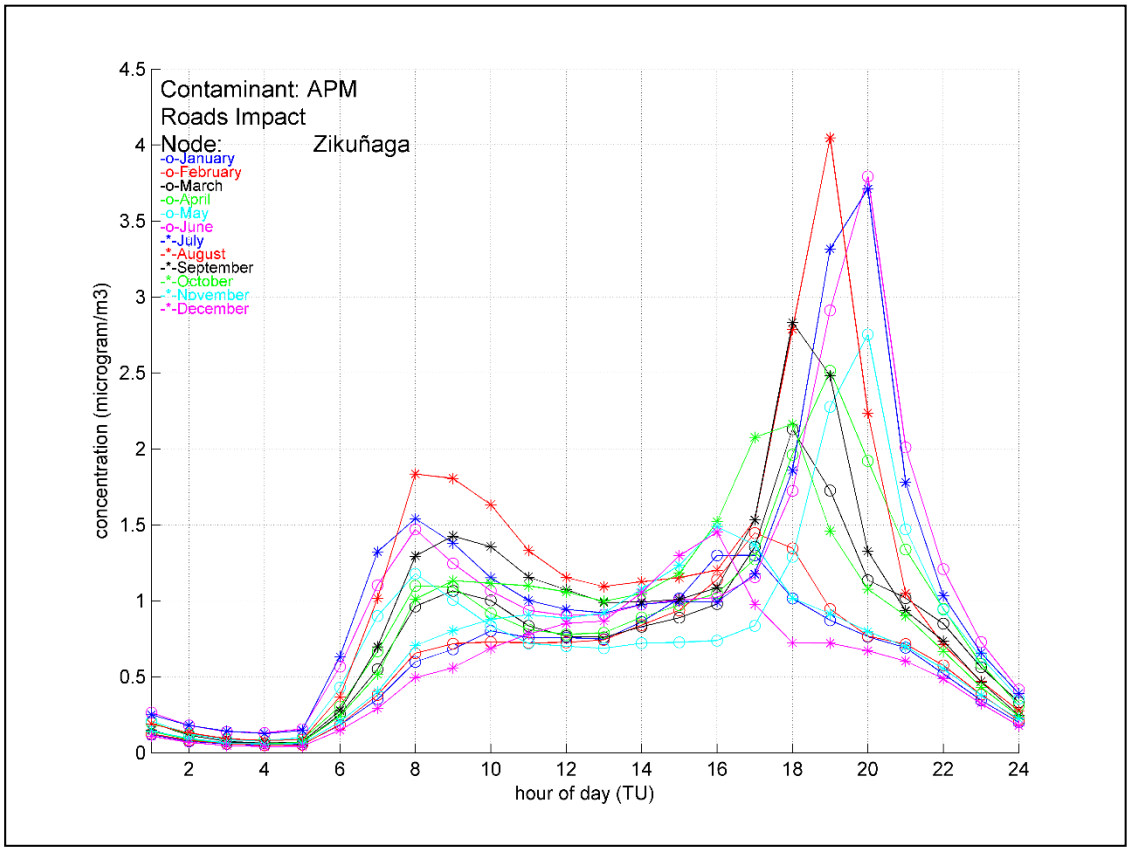



Figura 10. Niveles de inmisión de $PM_{10}$ generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Zicuñaga

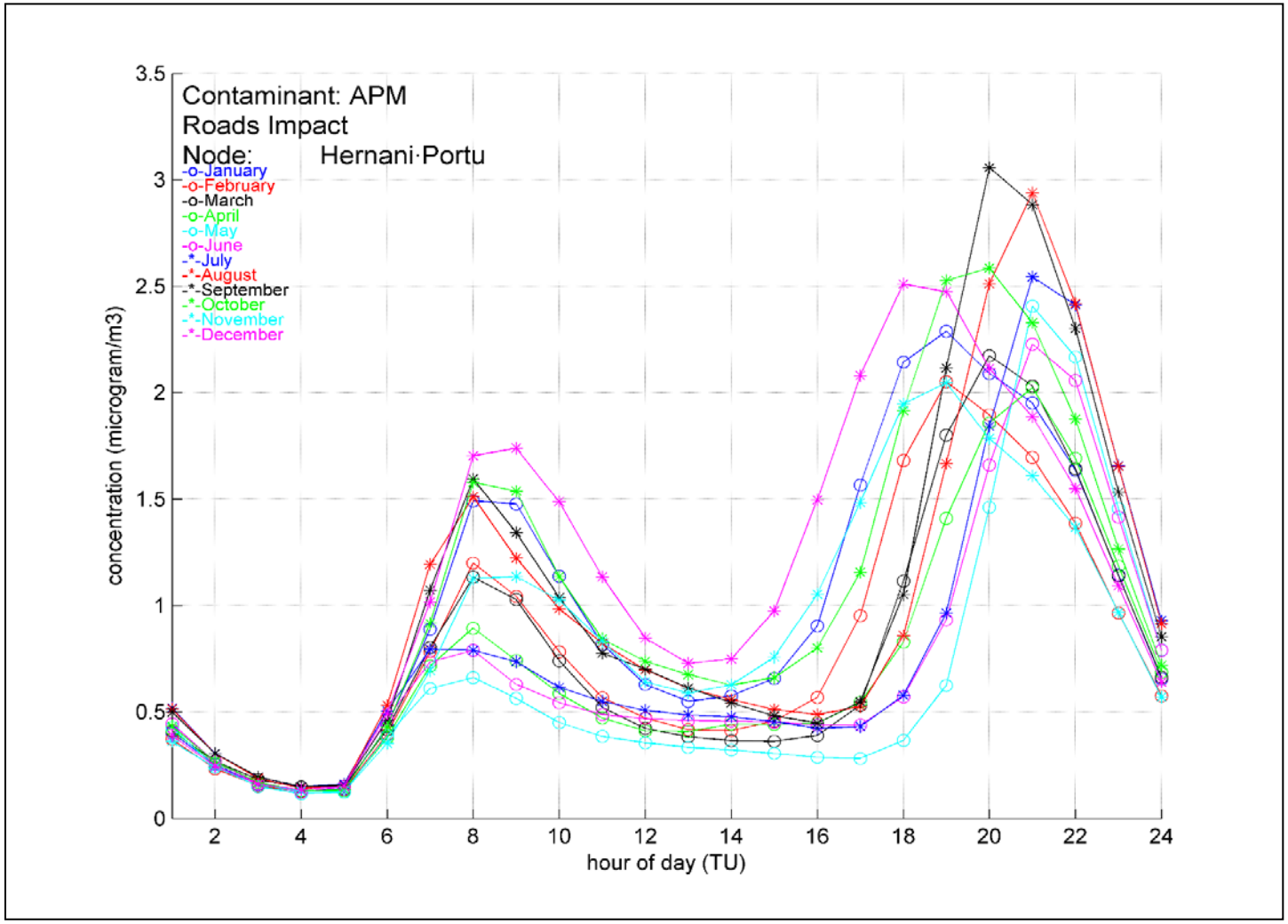



Figura 11. Niveles de inmisión de $PM_{10}$ generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Portu

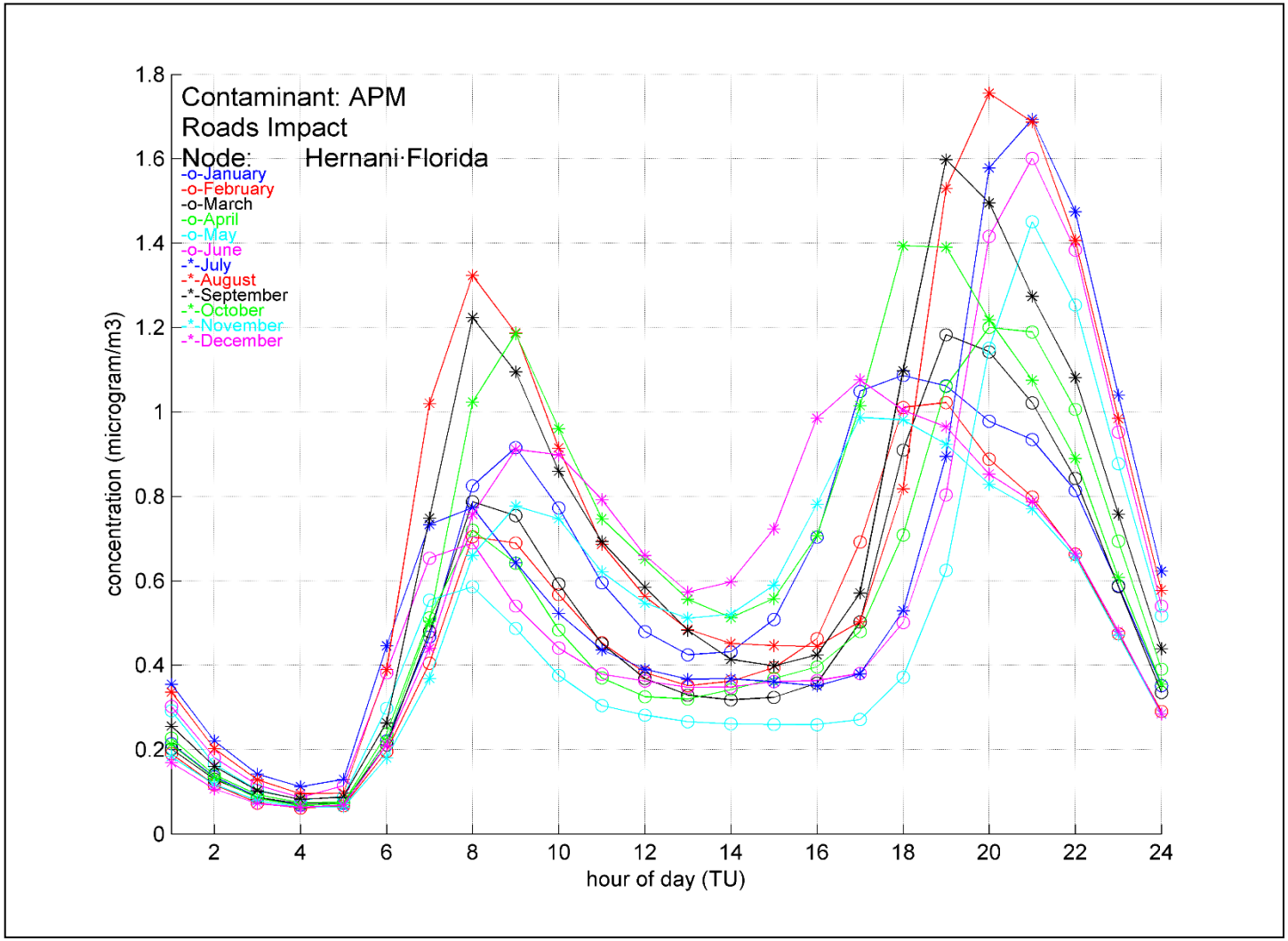



Figura 12. Niveles de inmisión de $PM_{10}$ generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Florida

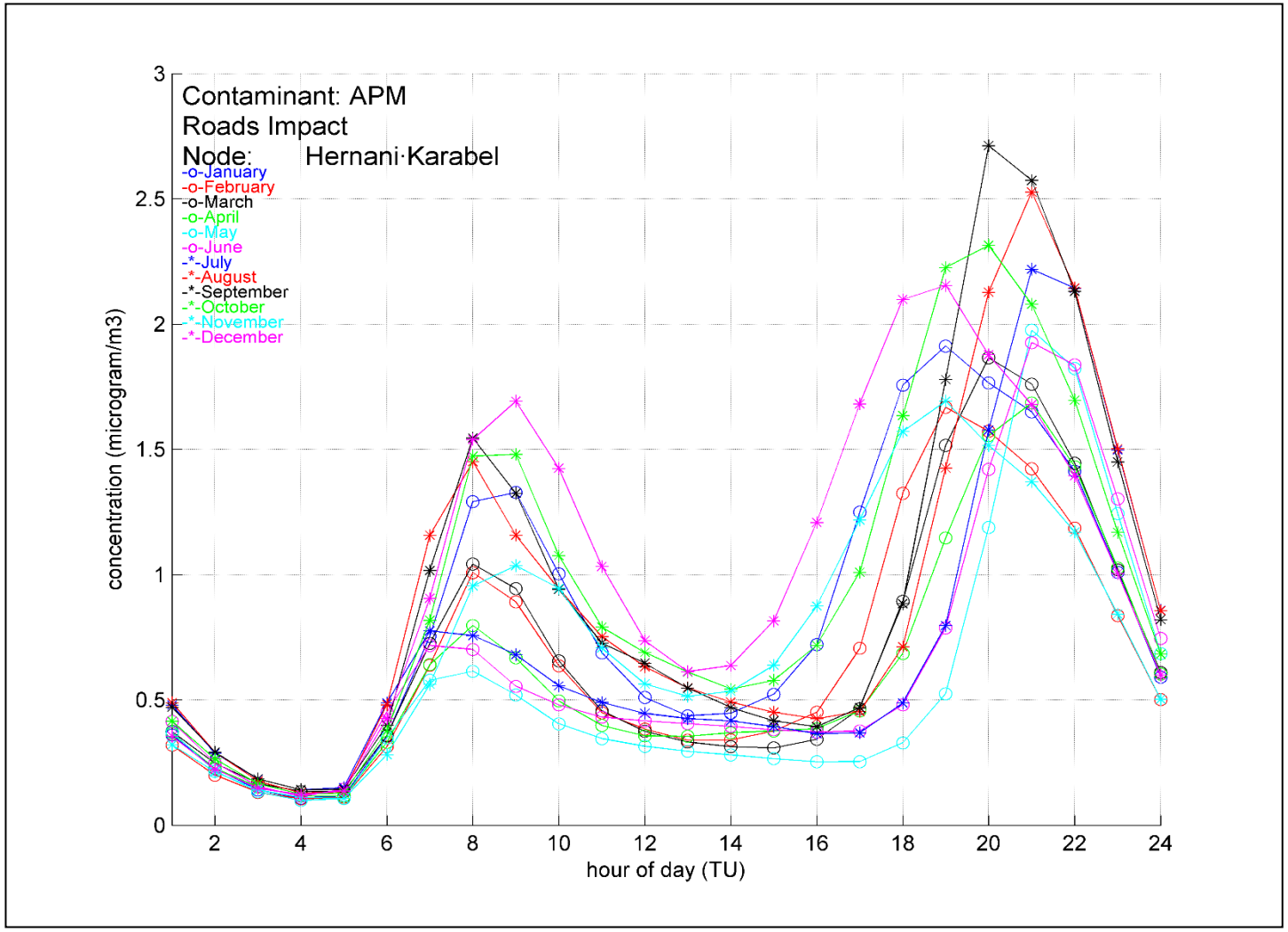



Figura 13. Niveles de inmisión de $PM_{10}$ generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Karabel

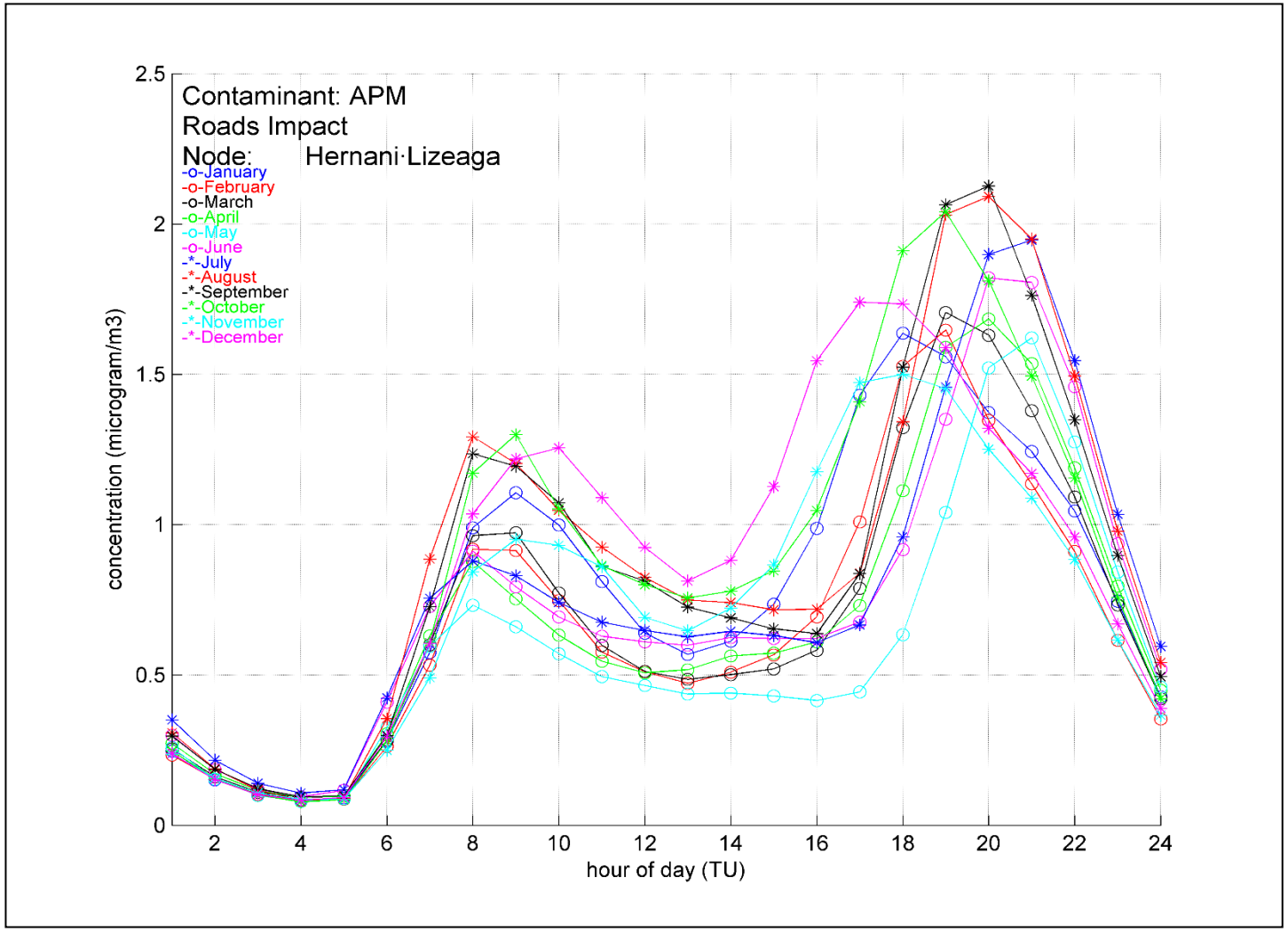



Figura 14. Niveles de inmisión de $PM_{10}$ generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Lizeaga

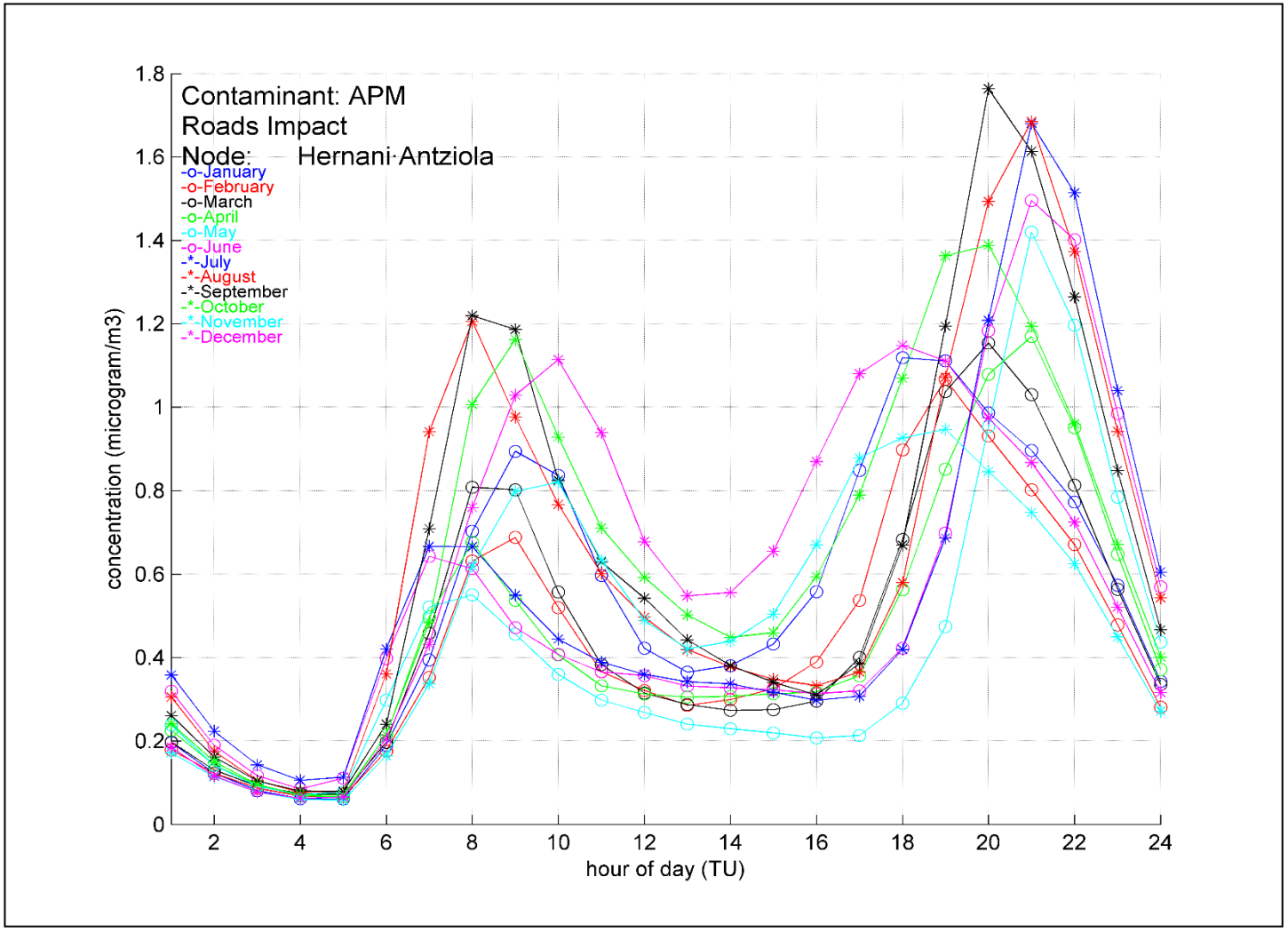



Figura 15. Niveles de inmisión de $PM_{10}$ generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Antziola

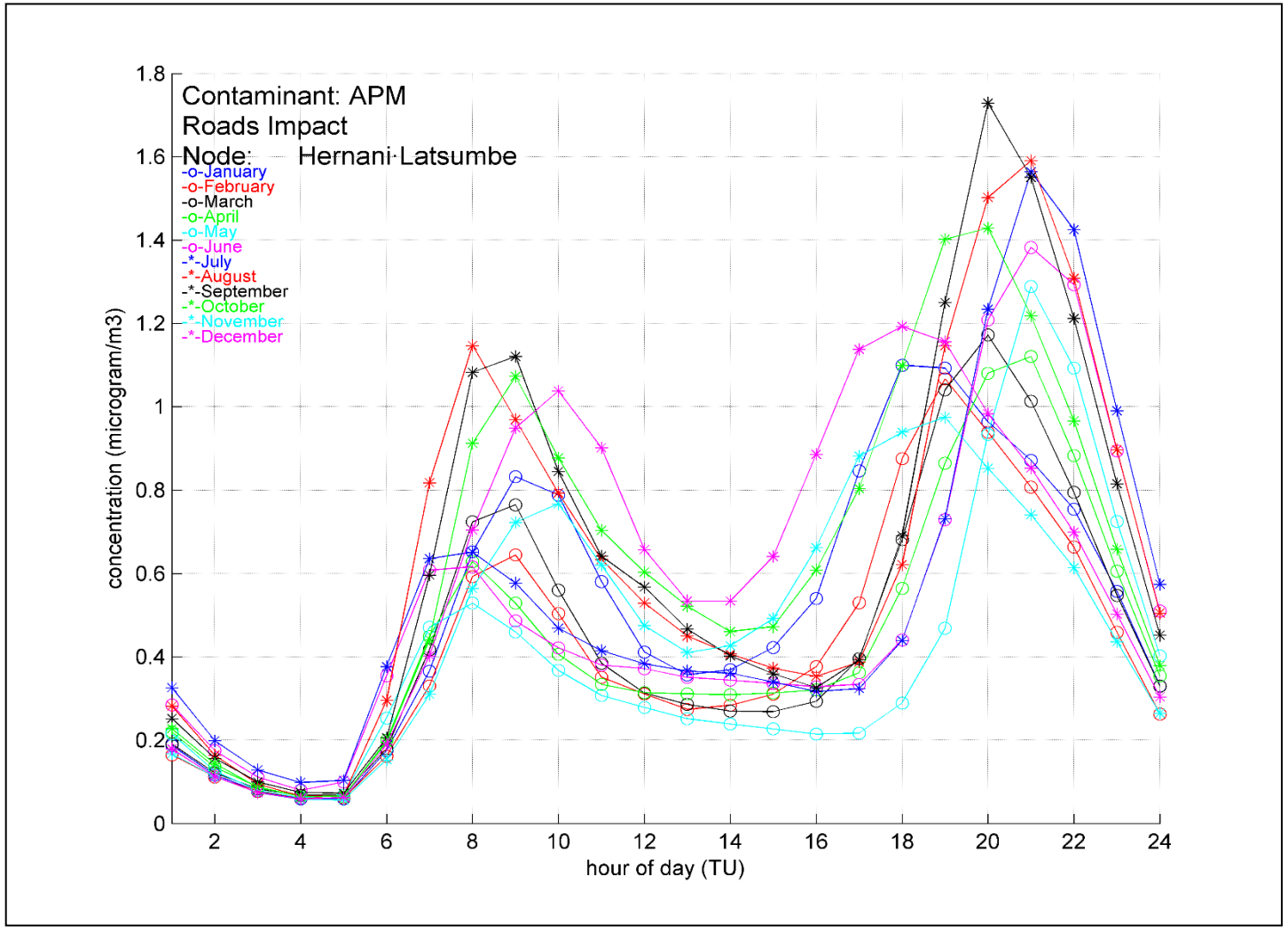



Figura 16. Niveles de inmisión de $PM_{10}$ generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Latsumbe

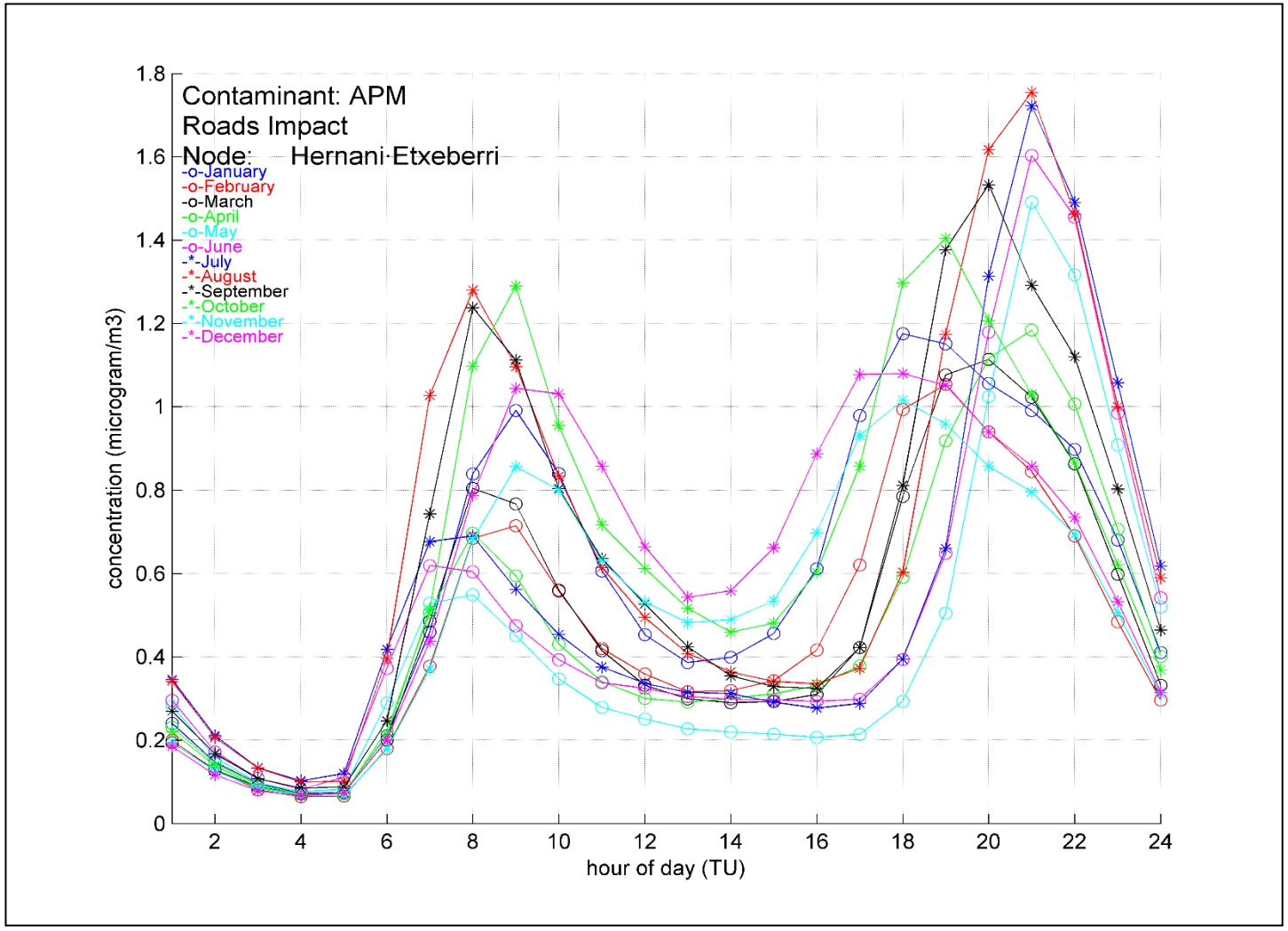



Figura 17. Niveles de inmisión de $PM_{10}$ generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Etxeberri

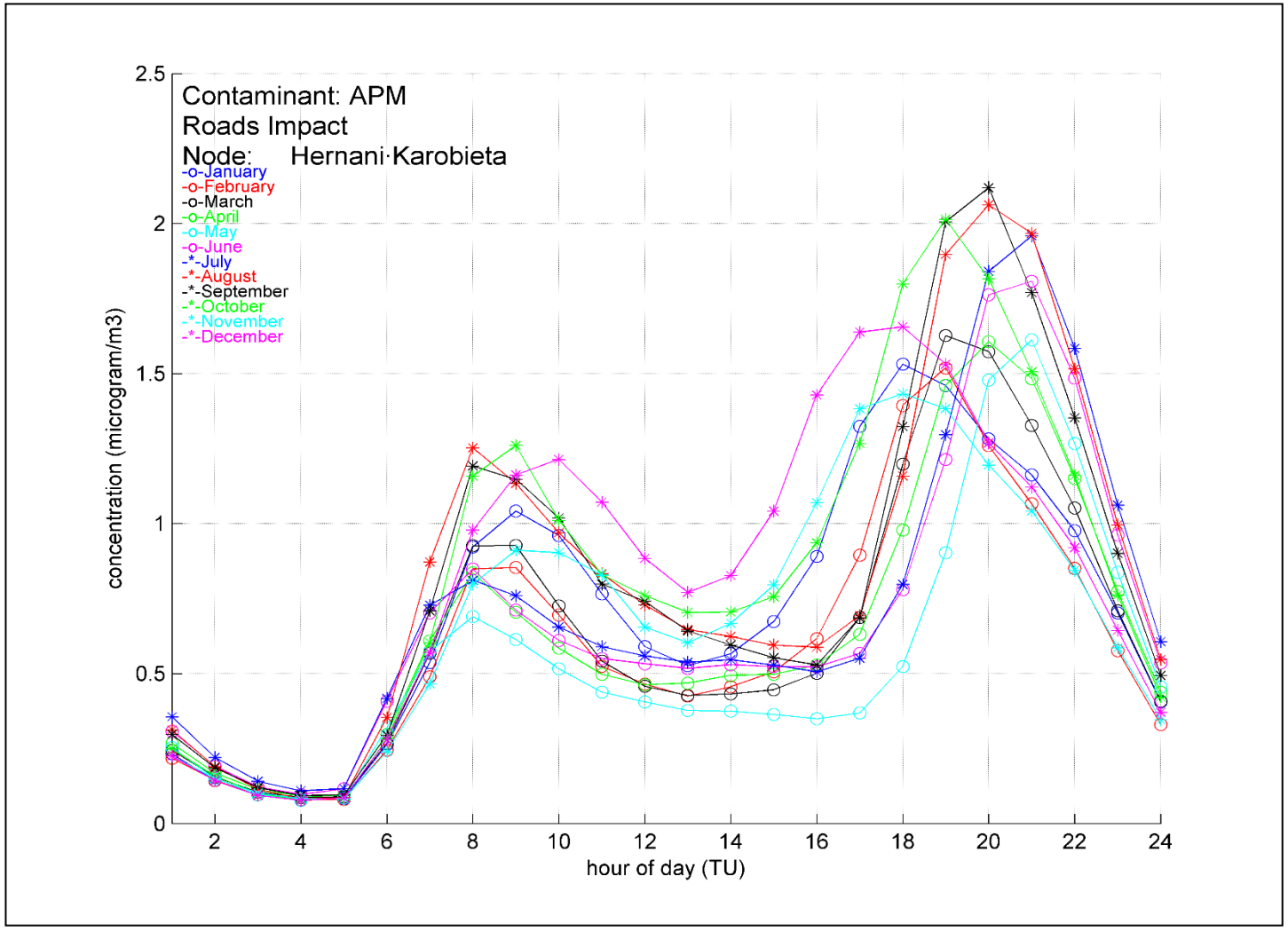



Figura 18. Niveles de inmisión de $PM_{10}$ generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Karobieta

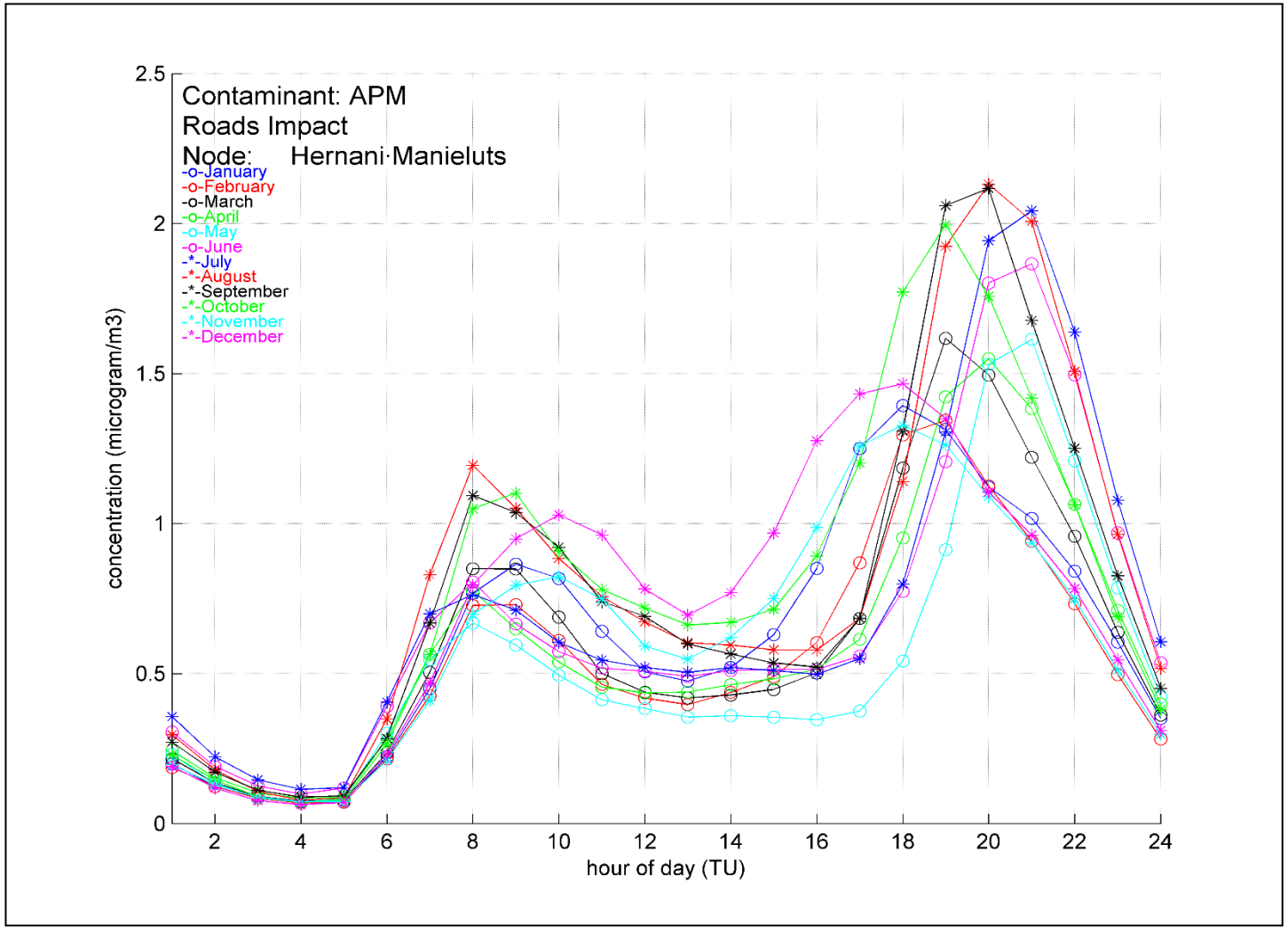



Figura 19. Niveles de inmisión de $PM_{10}$ generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Manieluts

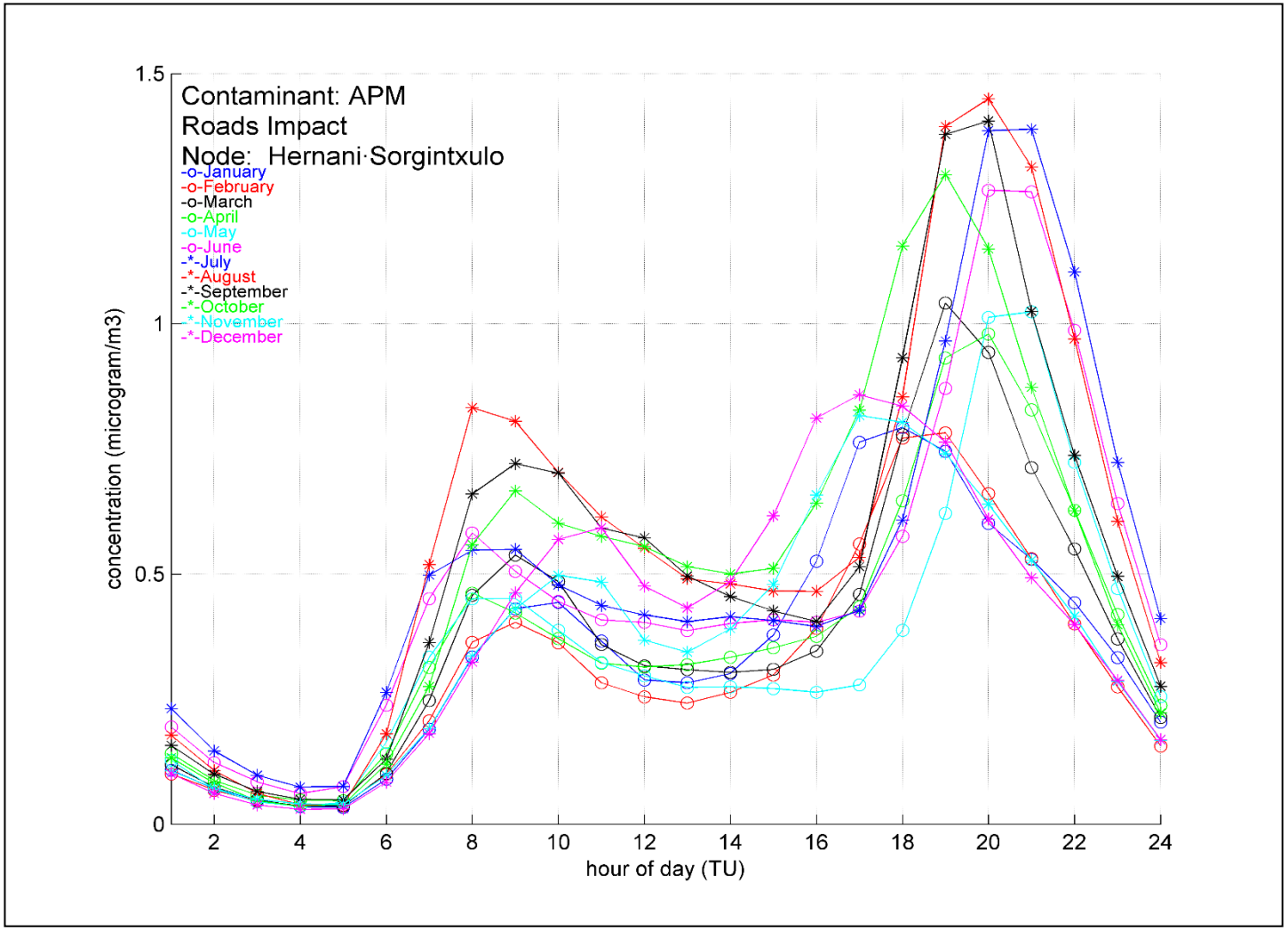



Figura 20. Niveles de inmisión de $PM_{10}$ generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Sorgintxulo

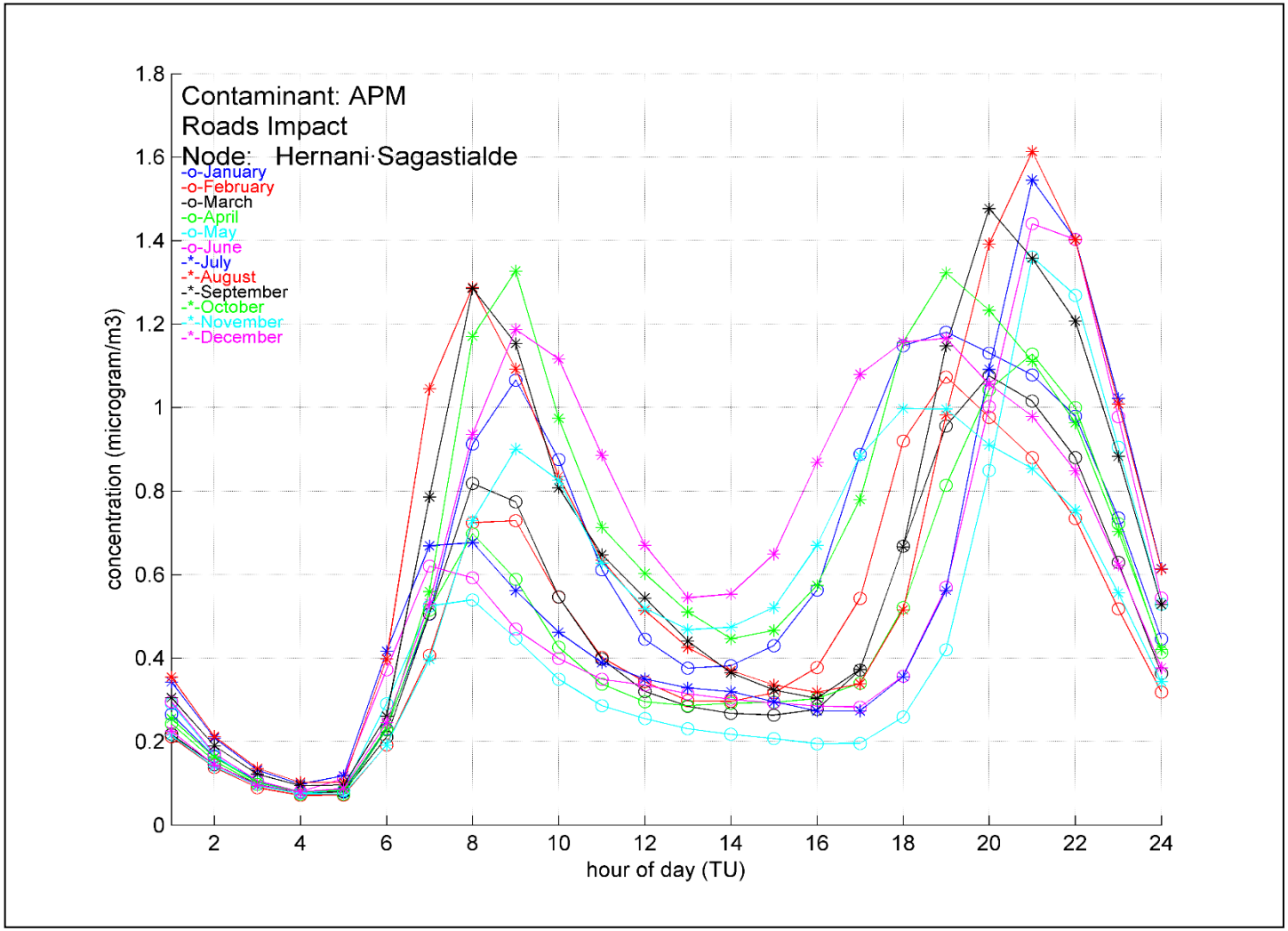



Figura 21. Niveles de inmisión de $PM_{10}$ generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Sagastialde

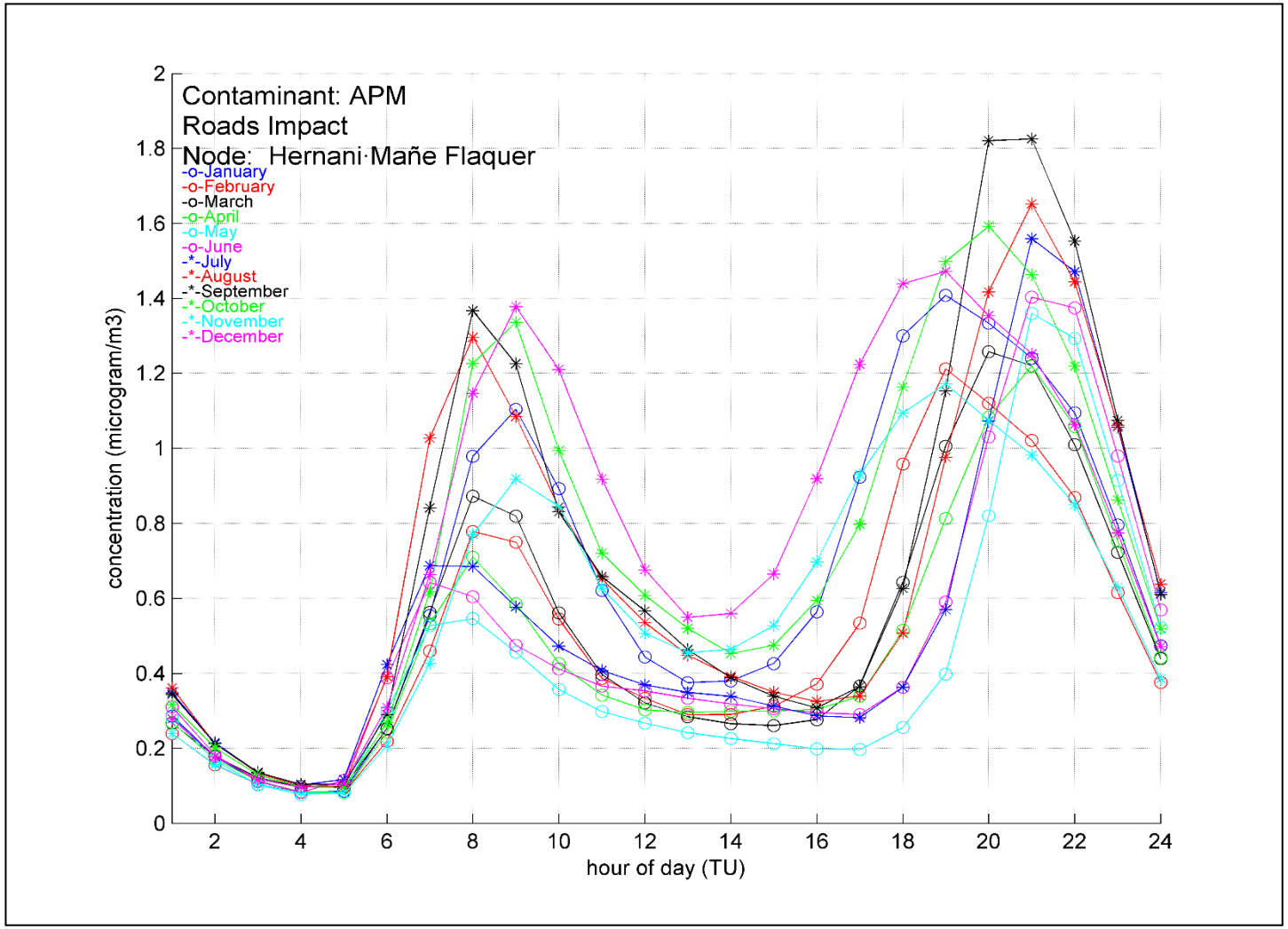



Figura 22. Niveles de inmisión de $PM_{10}$ generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Mañe Flaquer

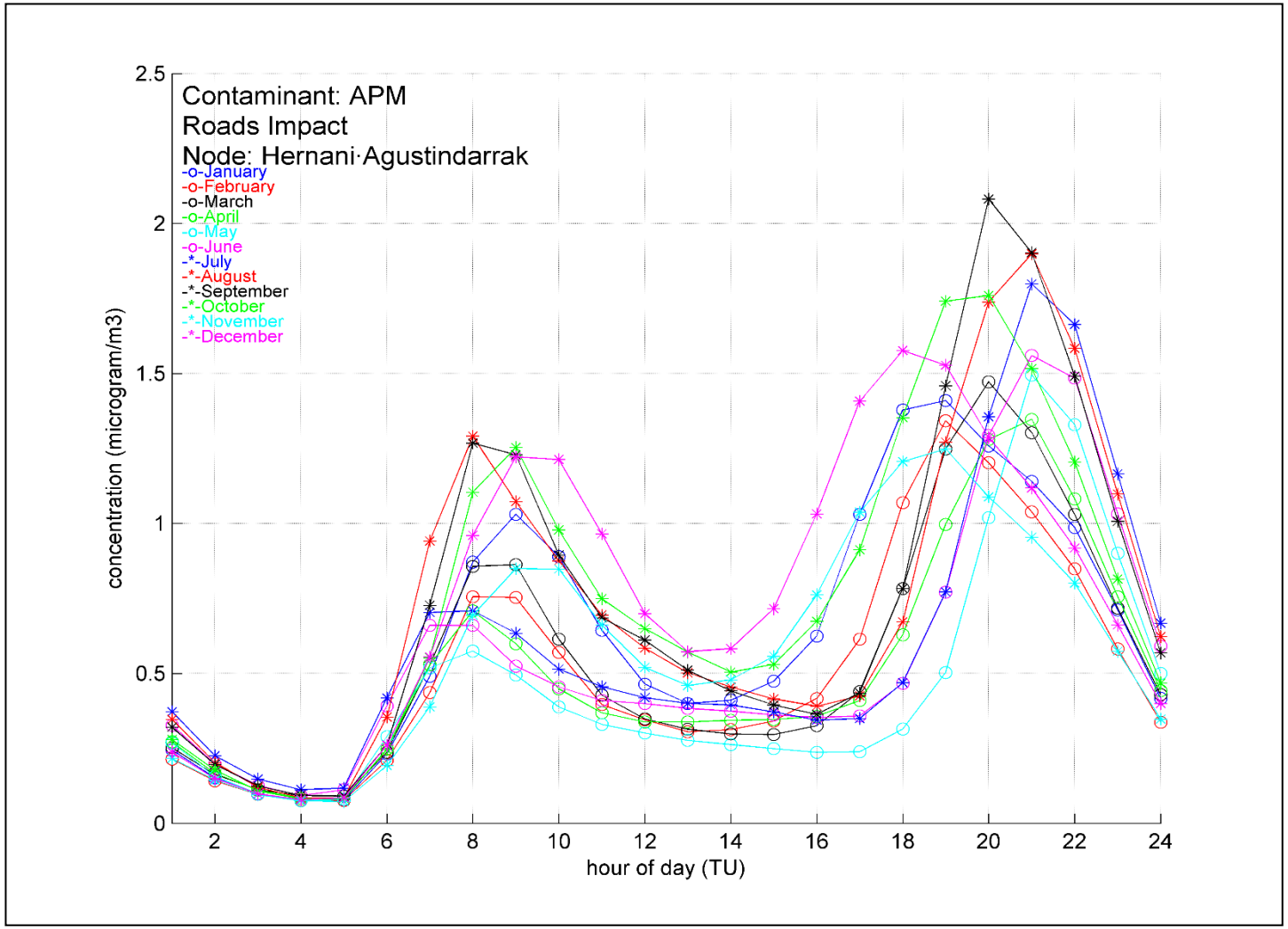



Figura 23. Niveles de inmisión de $PM_{10}$ generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Agustindarrak

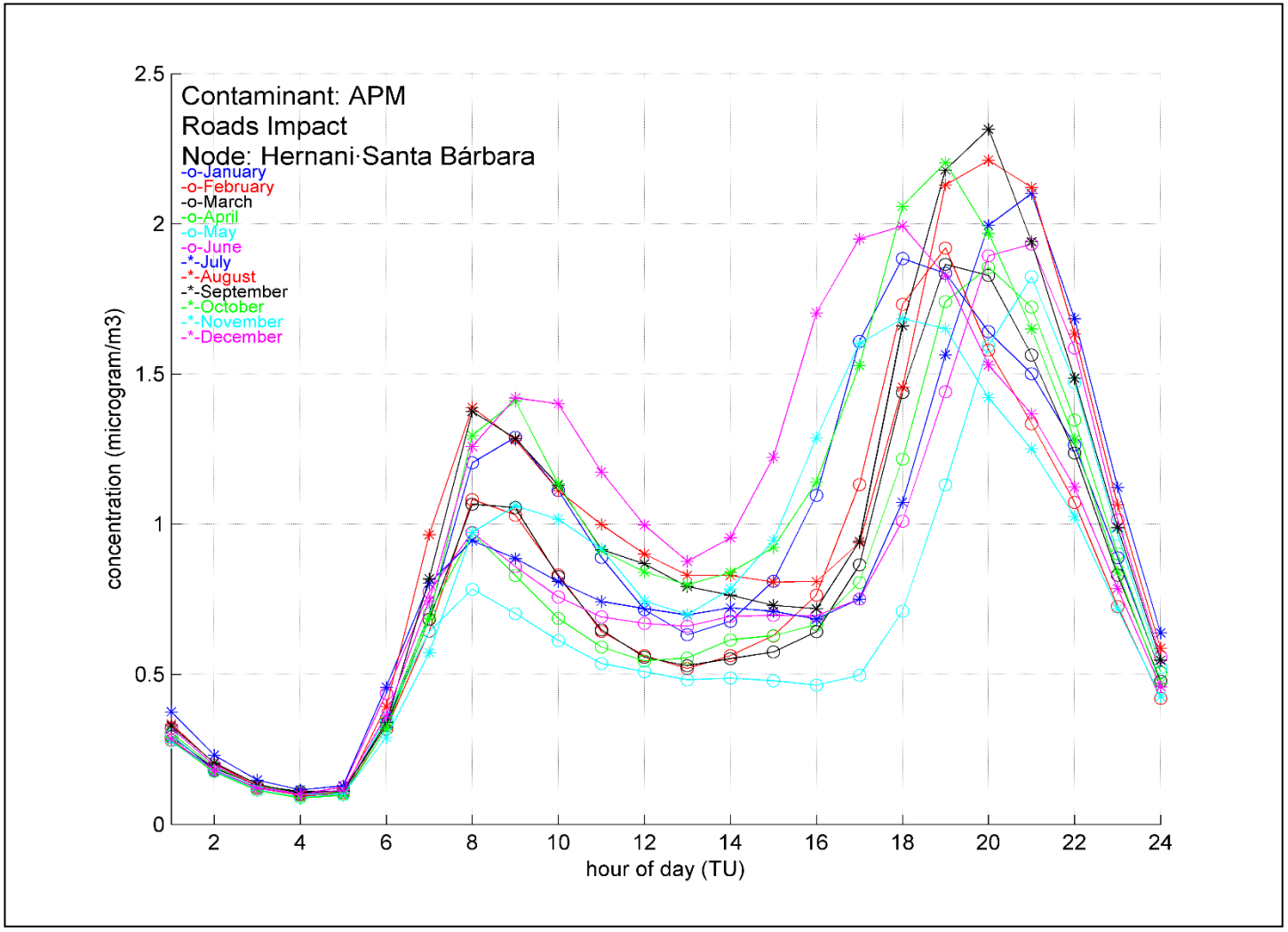



Figura 24. Niveles de inmisión de $PM_{10}$ generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Santa Bárbara

### 4.2.2. Niveles de inmisión de partículas $PM_{2.5}$

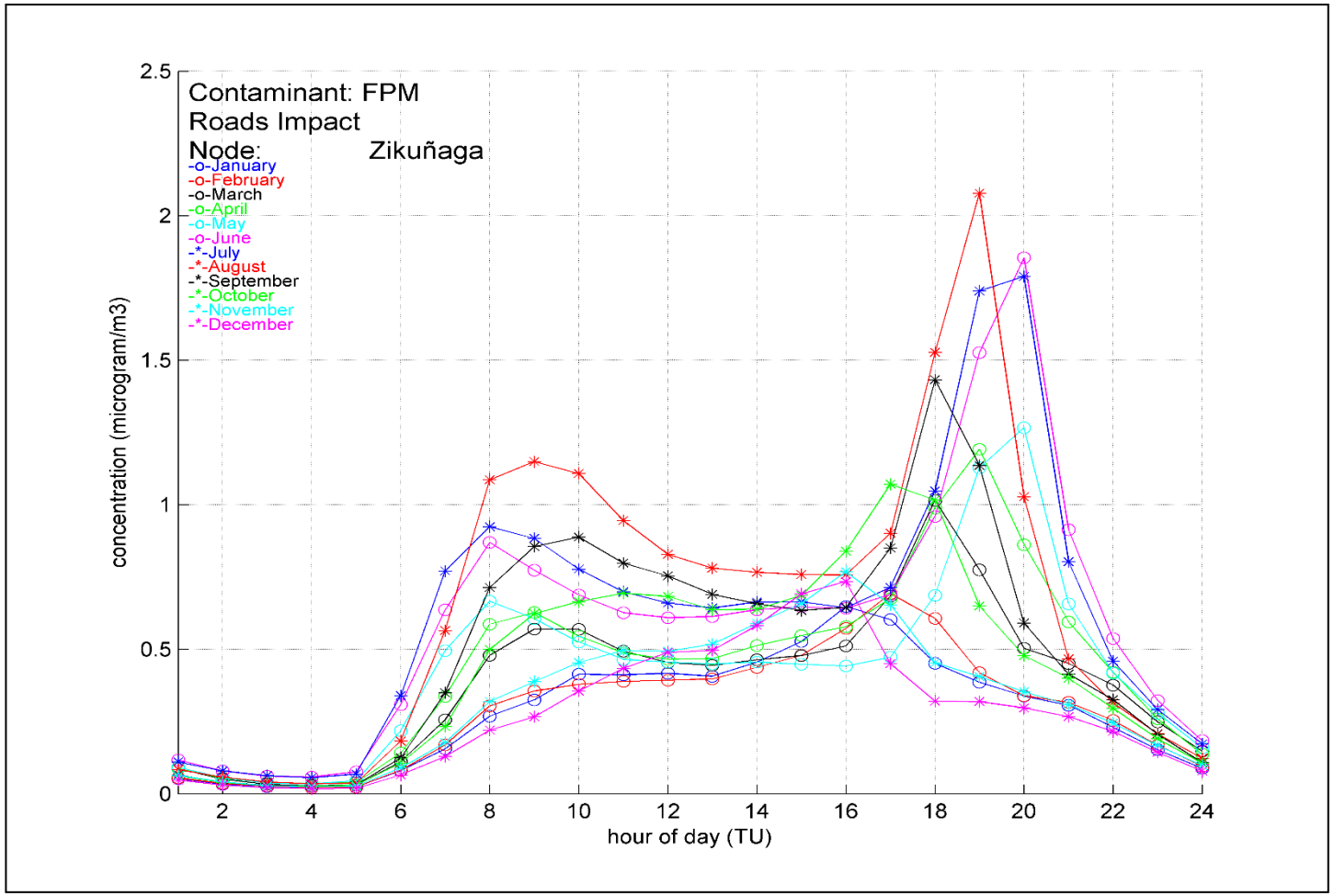



Figura 25. Niveles de inmisión de $PM_{2,5}$ generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Zikuñaga

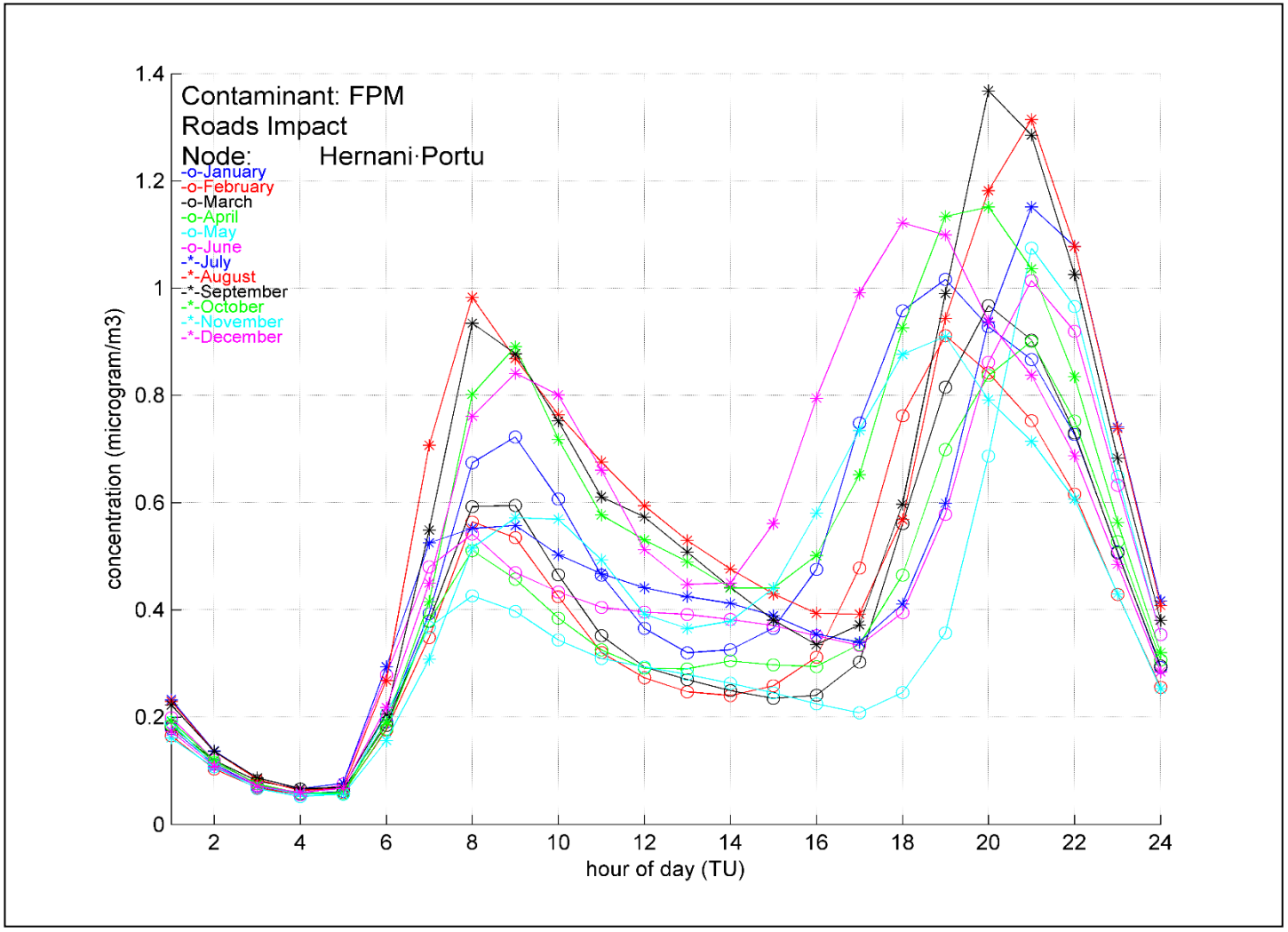



Figura 26. Niveles de inmisión de $PM_{2,5}$ generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Portu

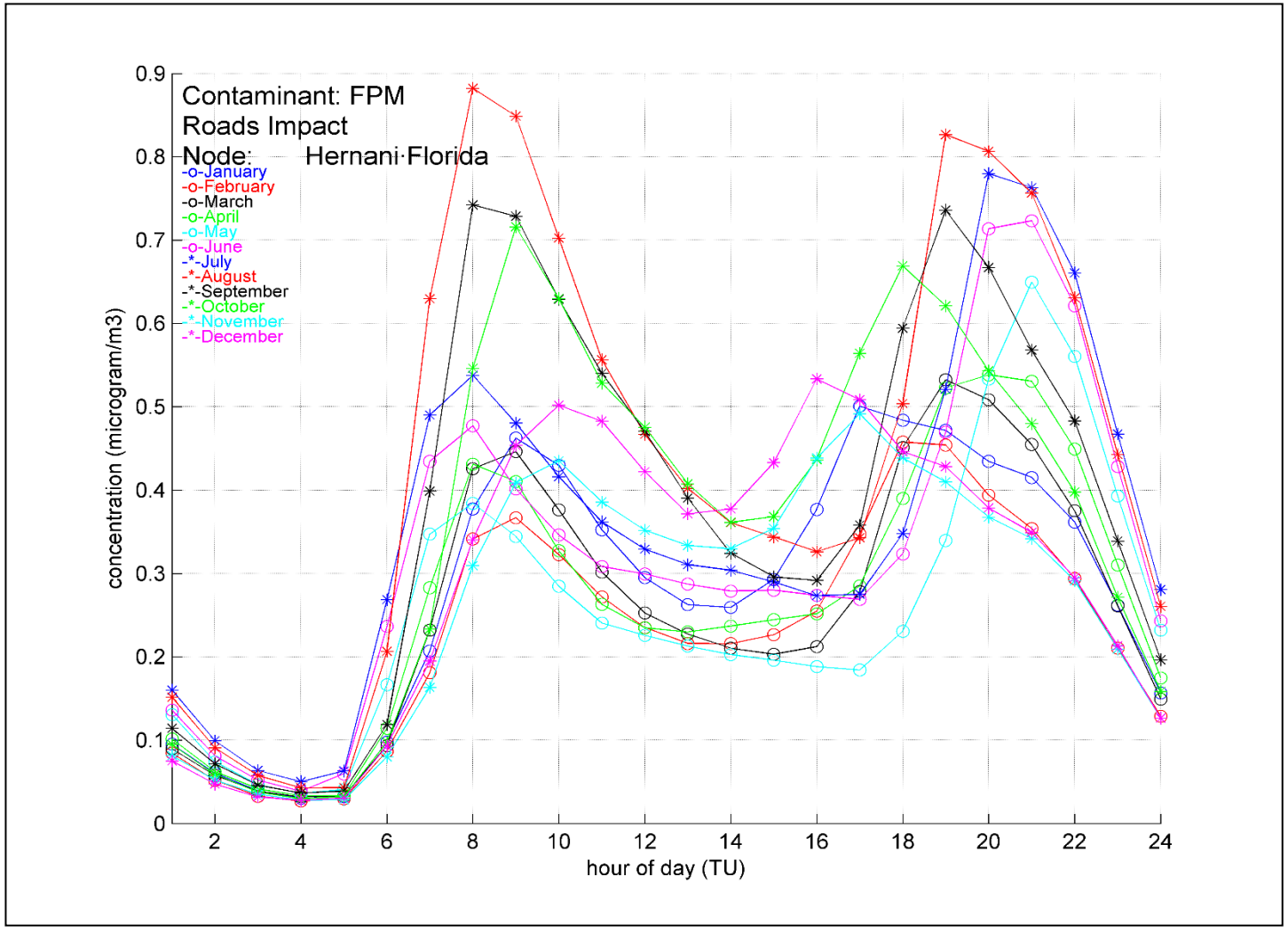



Figura 27. Niveles de inmisión de $PM_{2,5}$ generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Florida

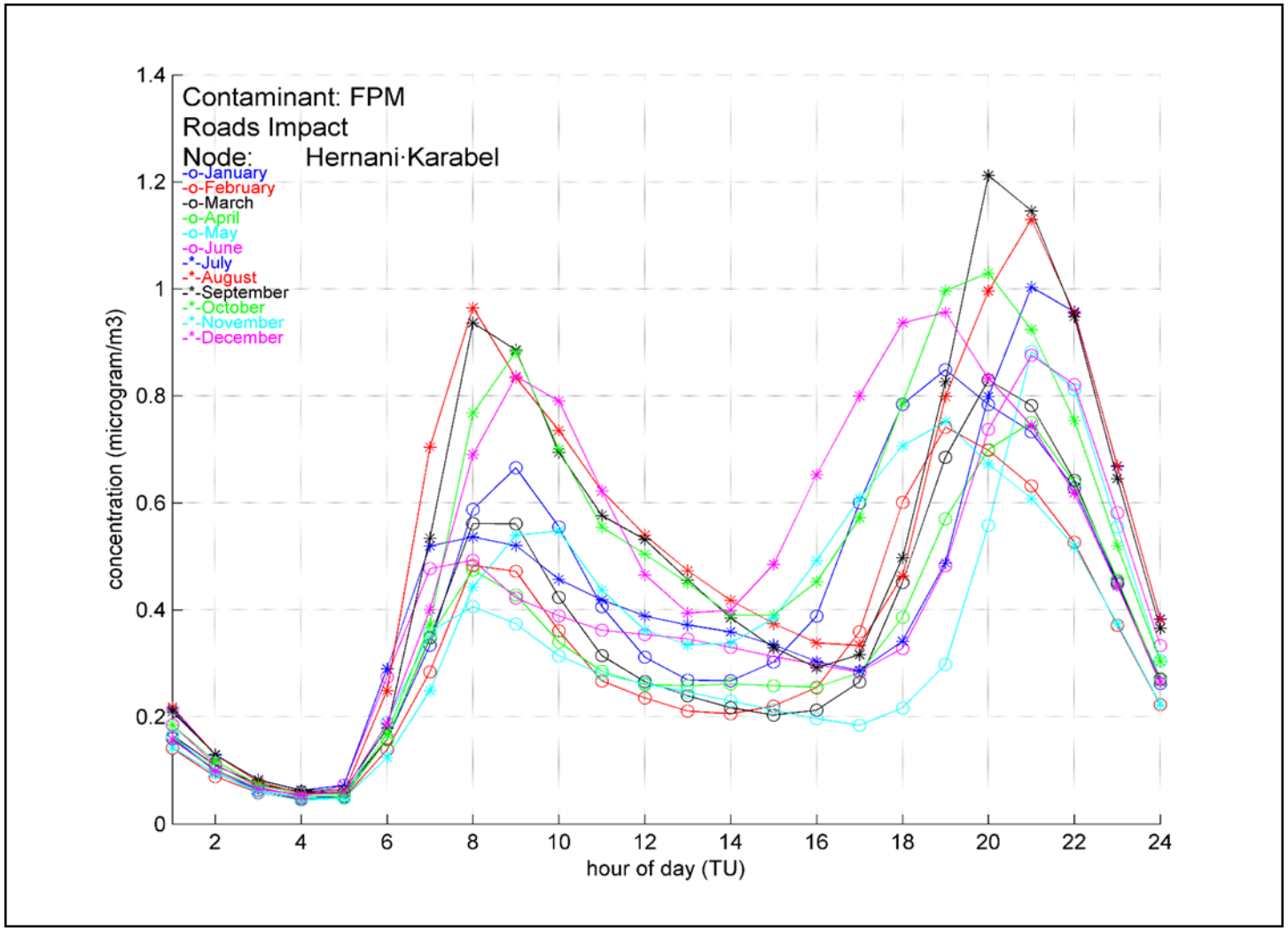



Figura 28. Niveles de inmisión de $PM_{2,5}$ generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Karabel

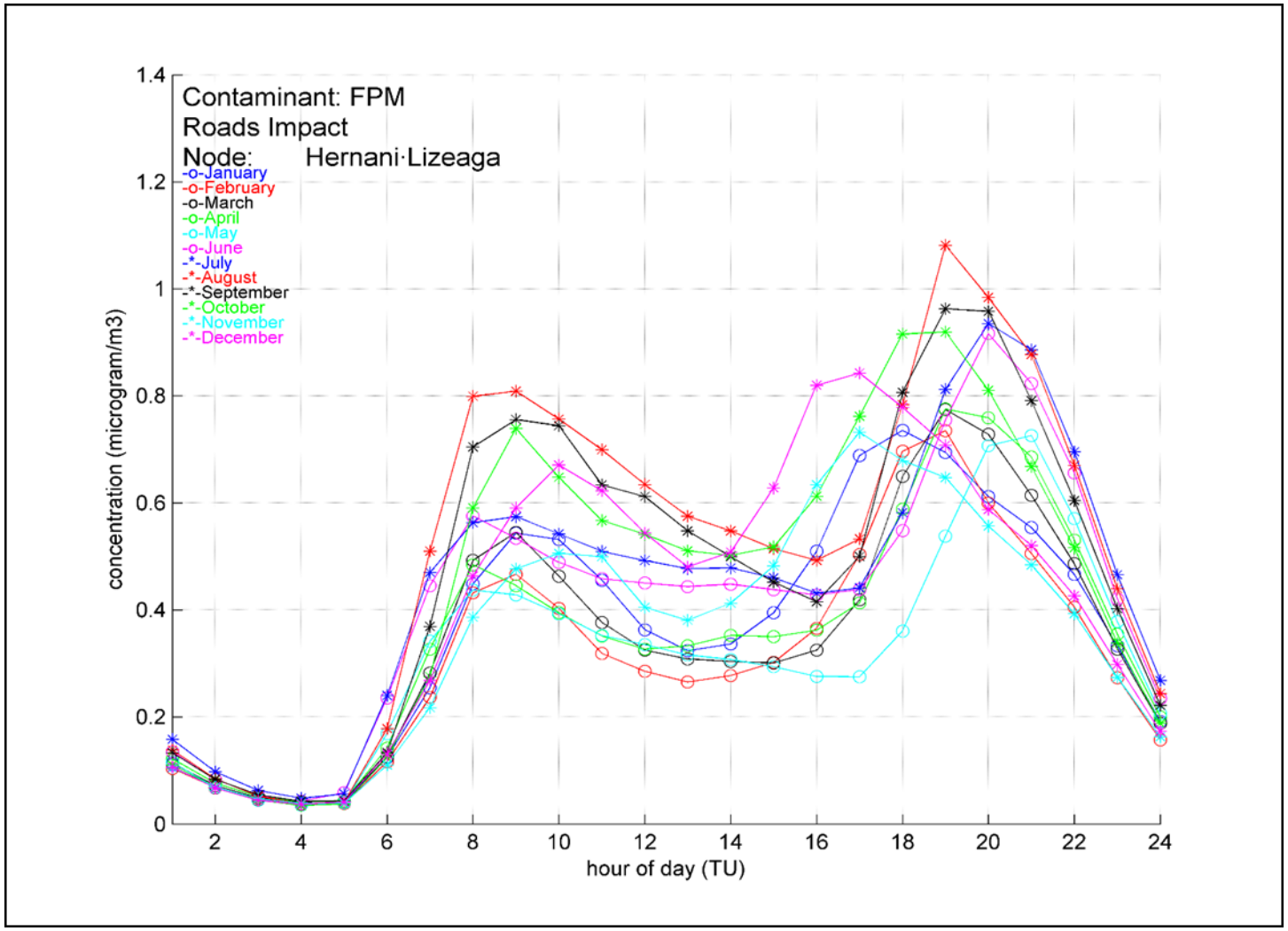



Figura 29. Niveles de inmisión de $PM_{2,5}$ generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Lizeaga

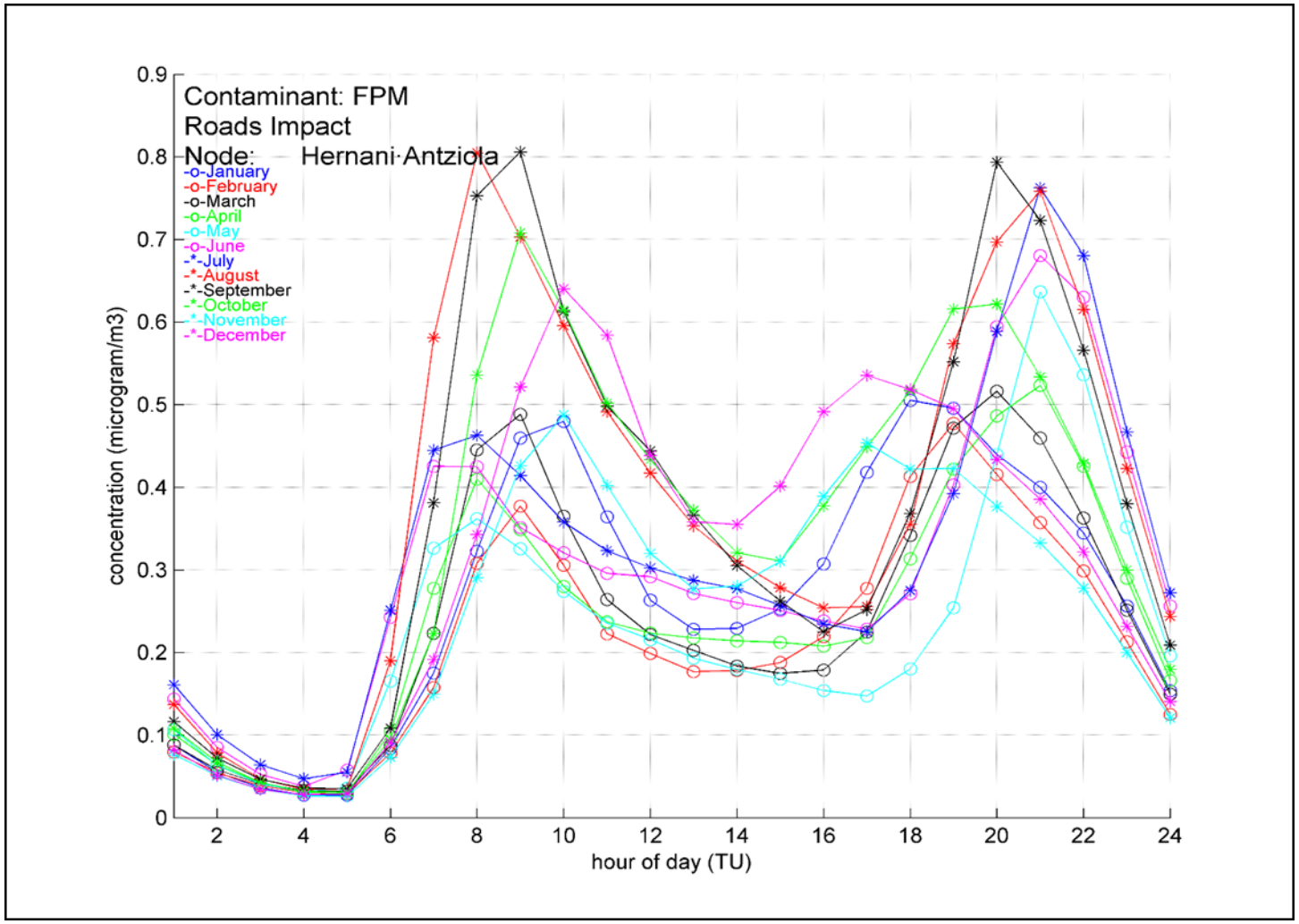



Figura 30. Niveles de inmisión de $PM_{2,5}$ generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Antziola

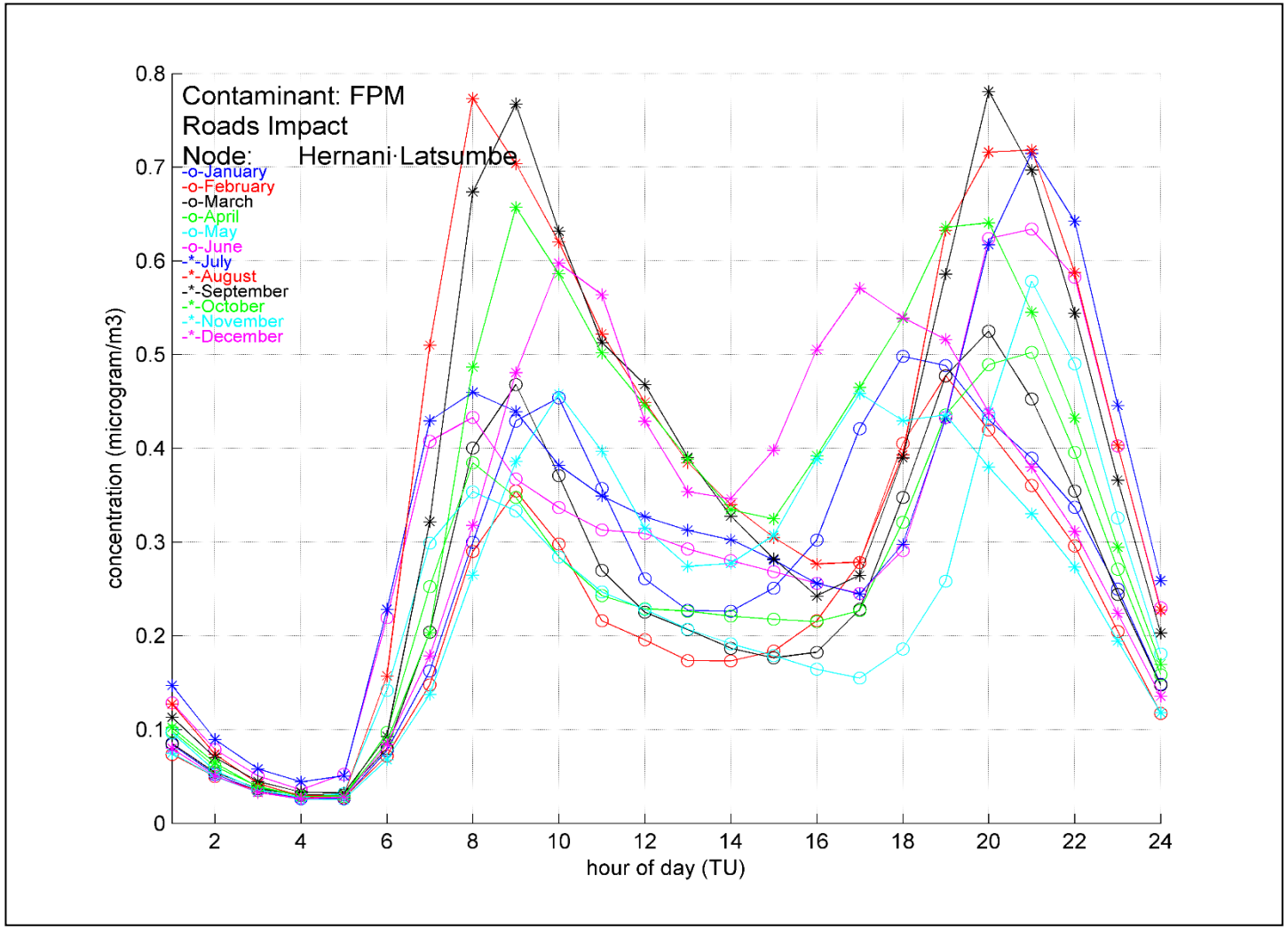



Figura 31. Niveles de inmisión de $PM_{2,5}$ generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Latsumbe

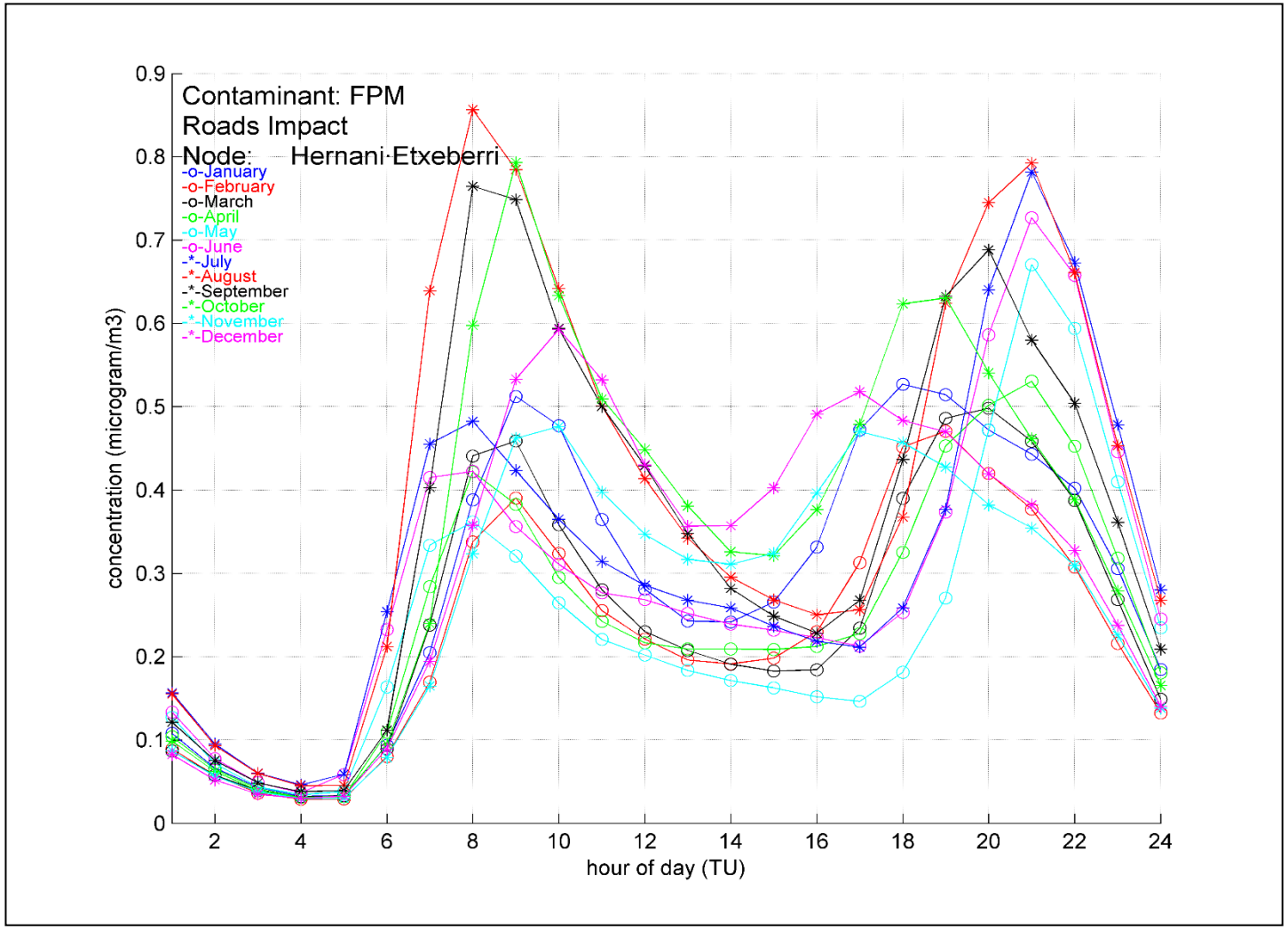



Figura 32. Niveles de inmisión de $PM_{2,5}$ generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Etxeberri

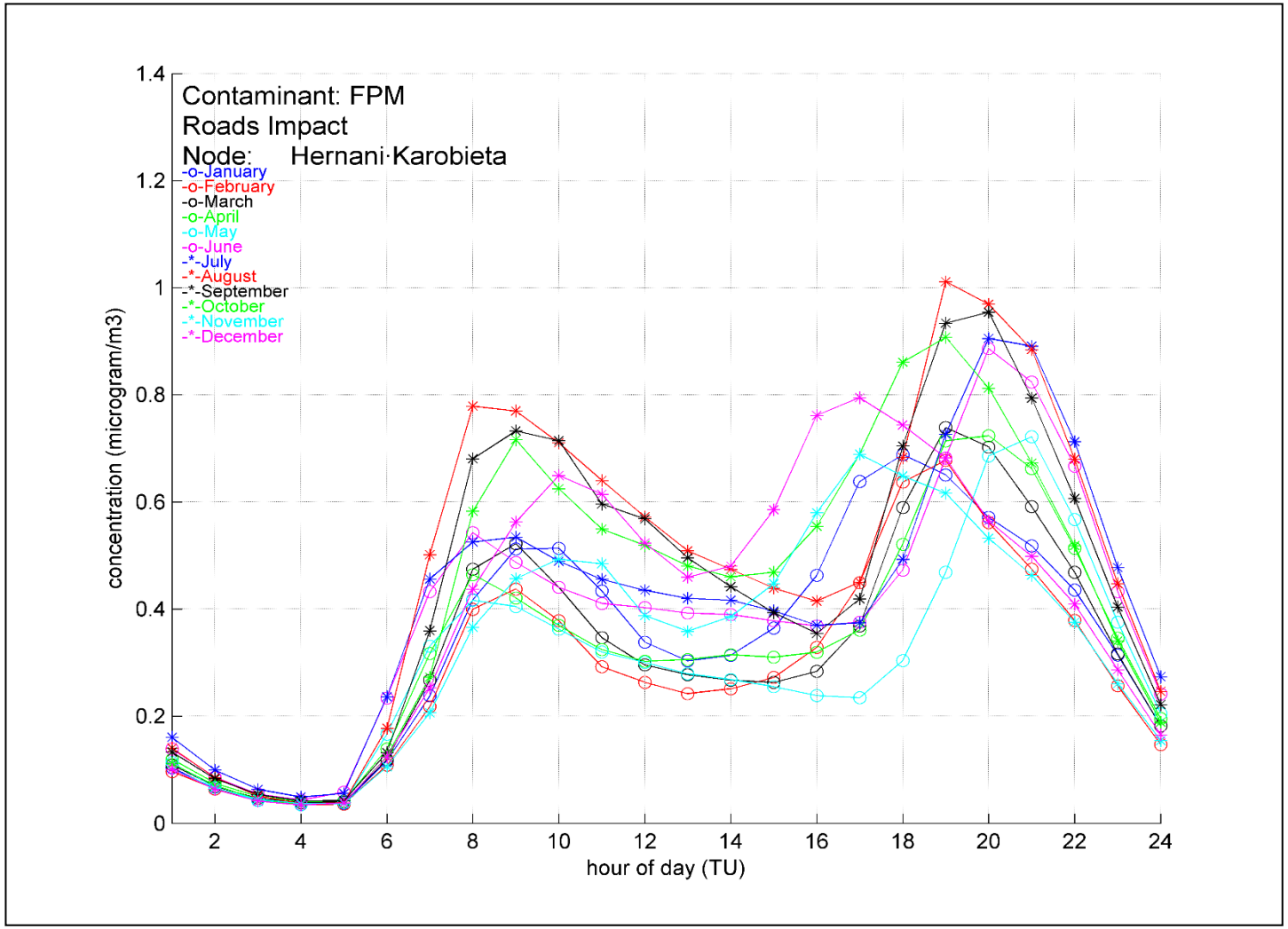



Figura 33. Niveles de inmisión de $PM_{2,5}$ generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Karobieta

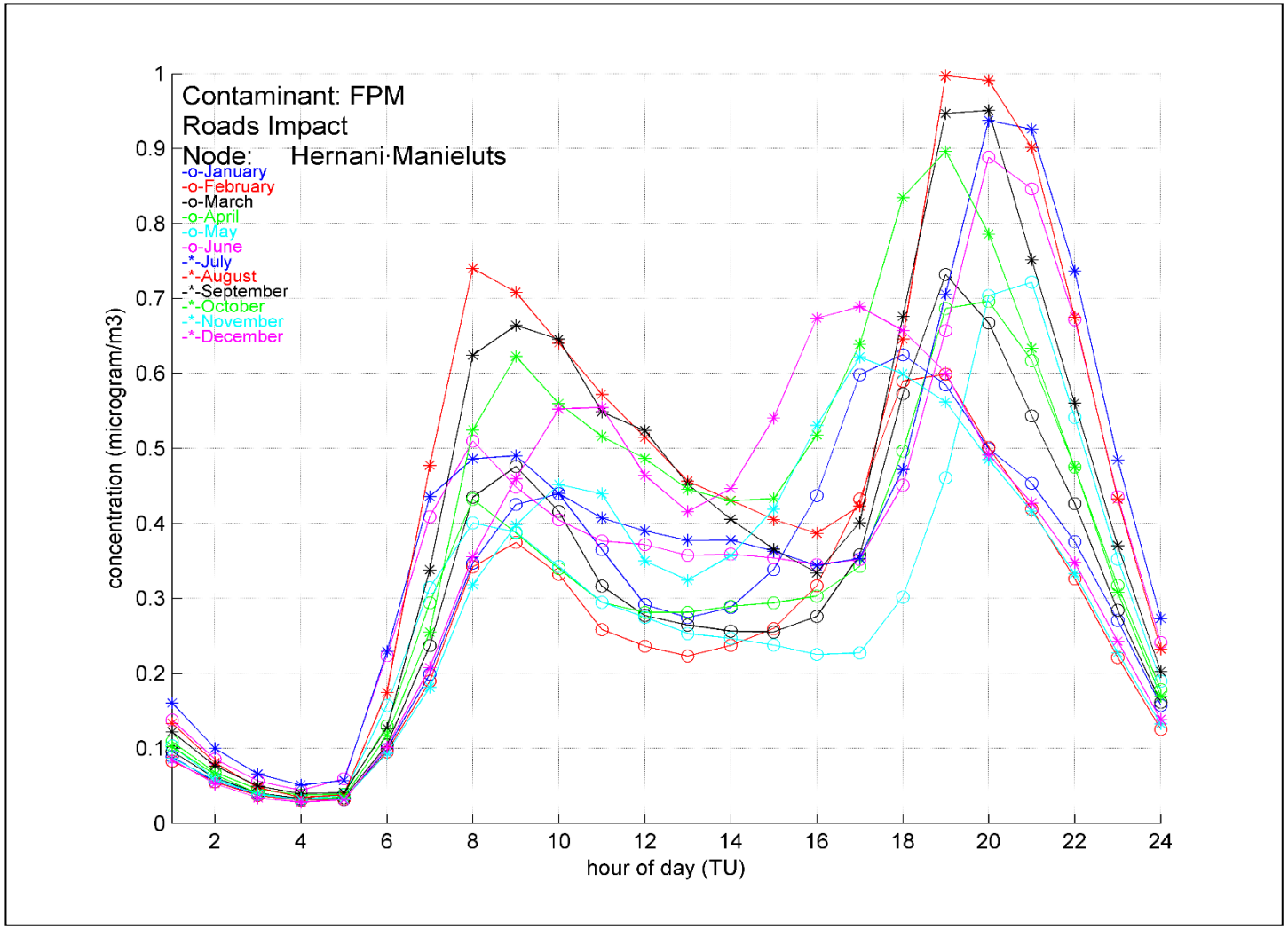



Figura 34. Niveles de inmisión de $PM_{2,5}$ generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Manieluts

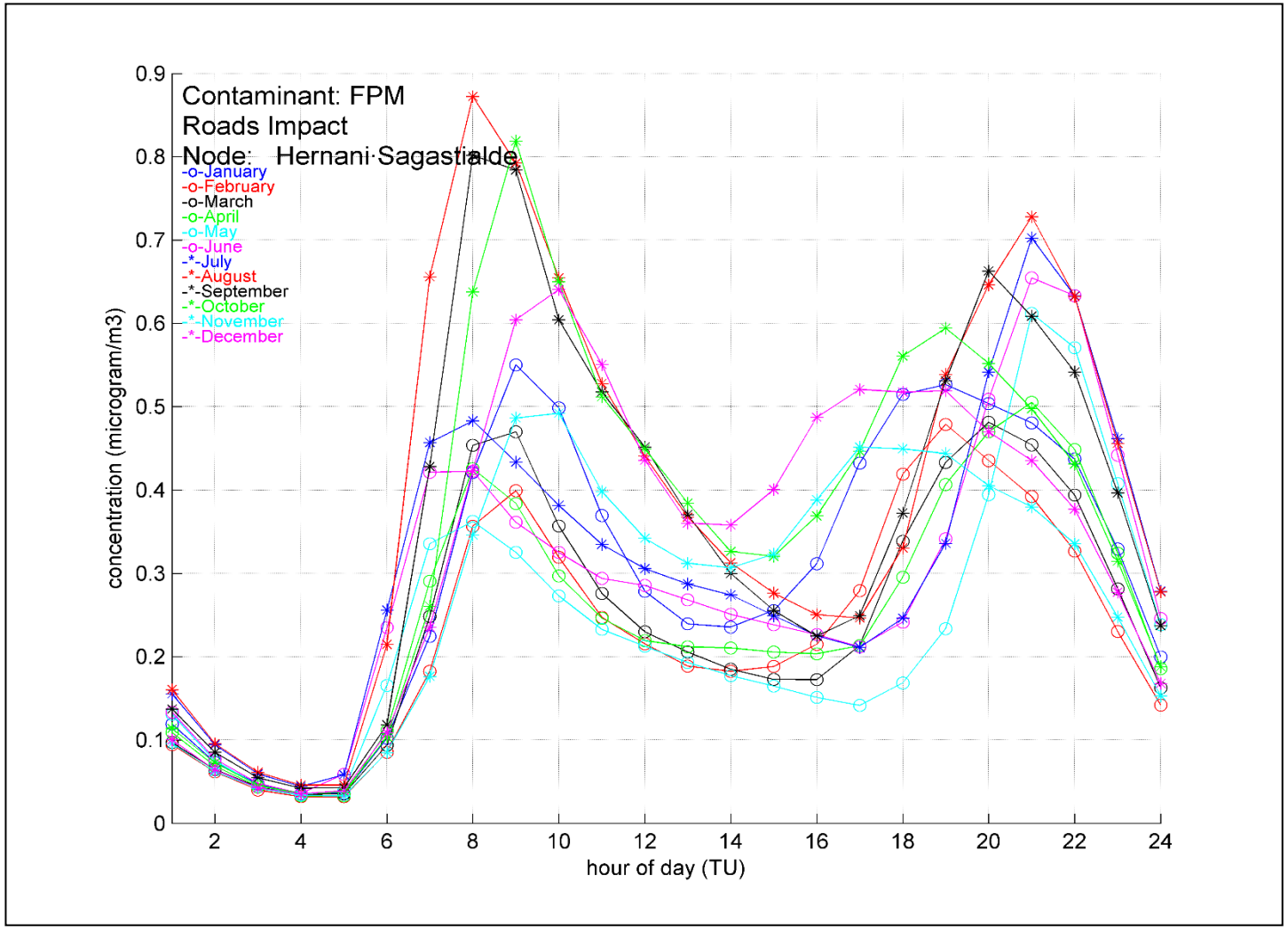



Figura 35. Niveles de inmisión de $PM_{2,5}$ generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Sagastialde

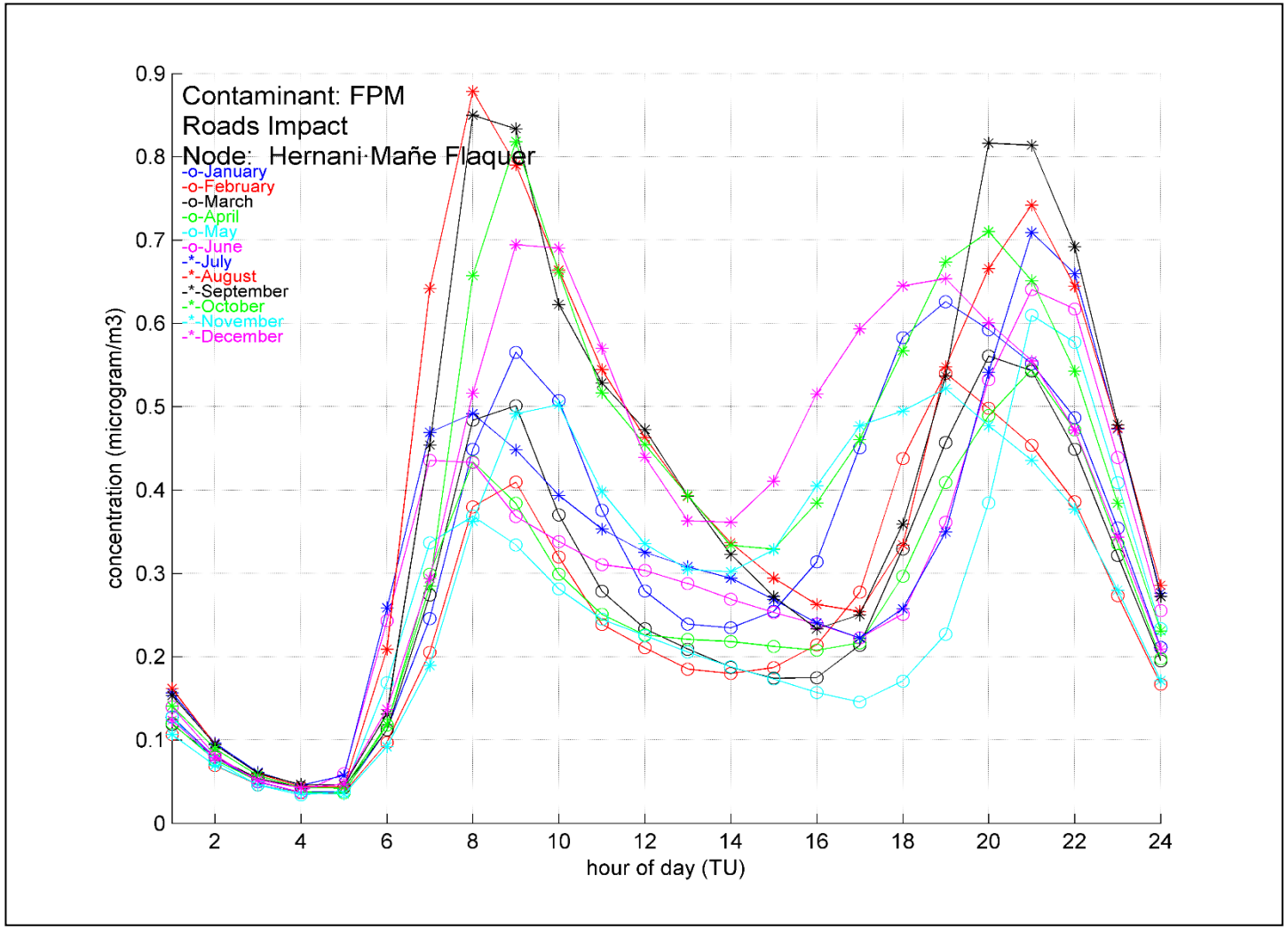



Figura 36. Niveles de inmisión de $PM_{2,5}$ generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Mañe Flaquer

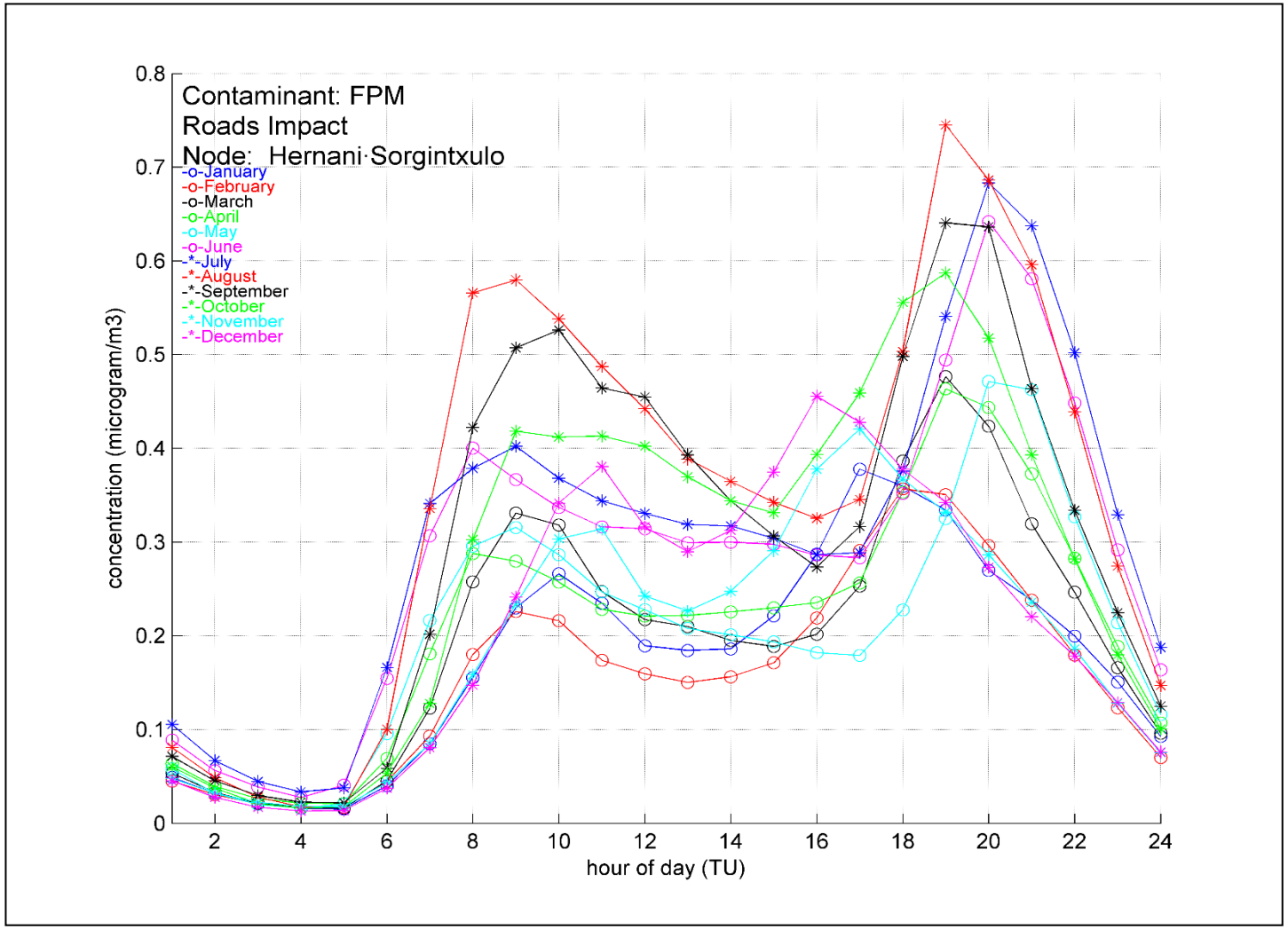



Figura 37. Niveles de inmisión de $PM_{2,5}$ generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Sorgintxulo

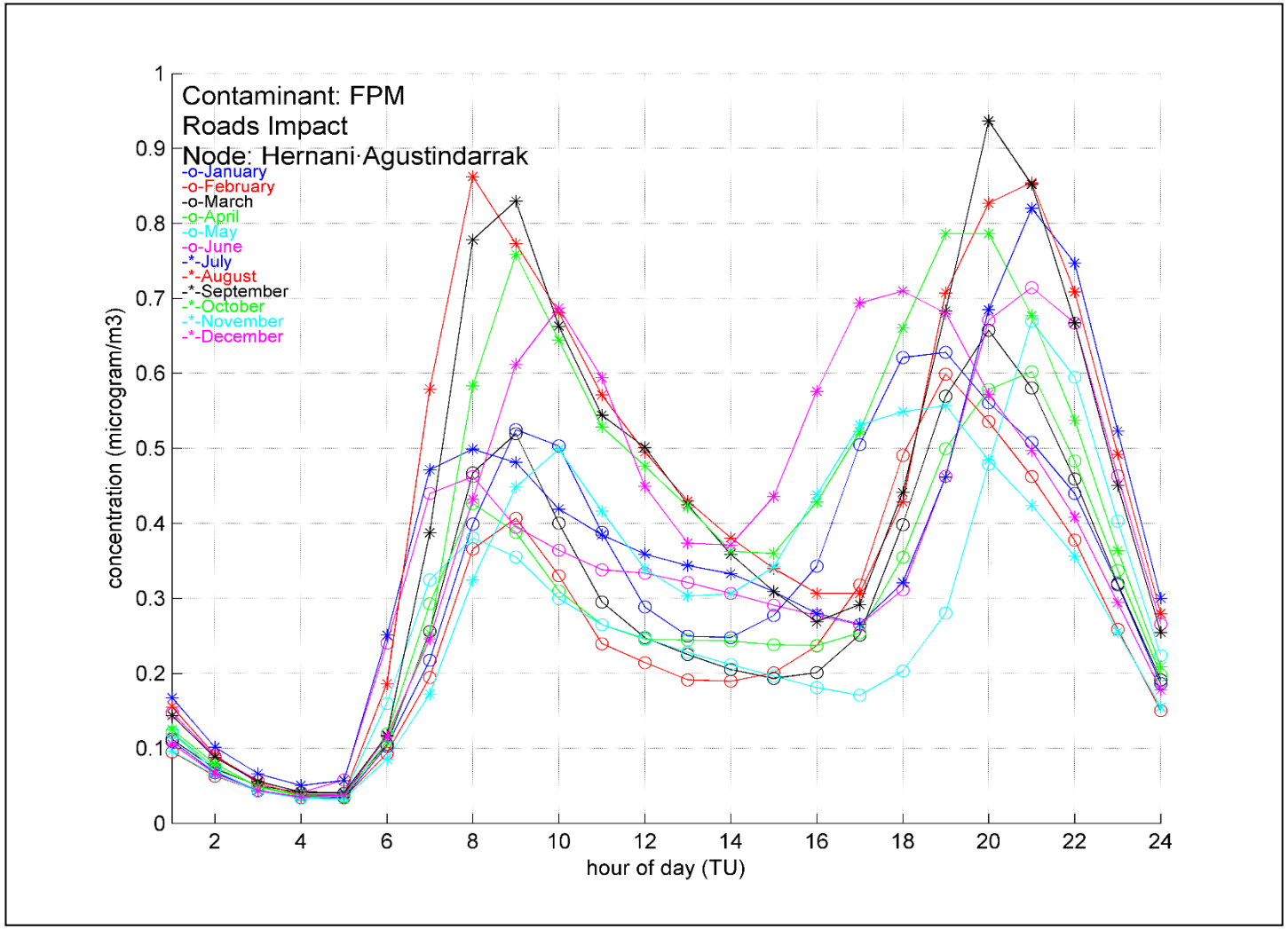



Figura 38. Niveles de inmisión de $PM_{2,5}$ generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Agustindarrak

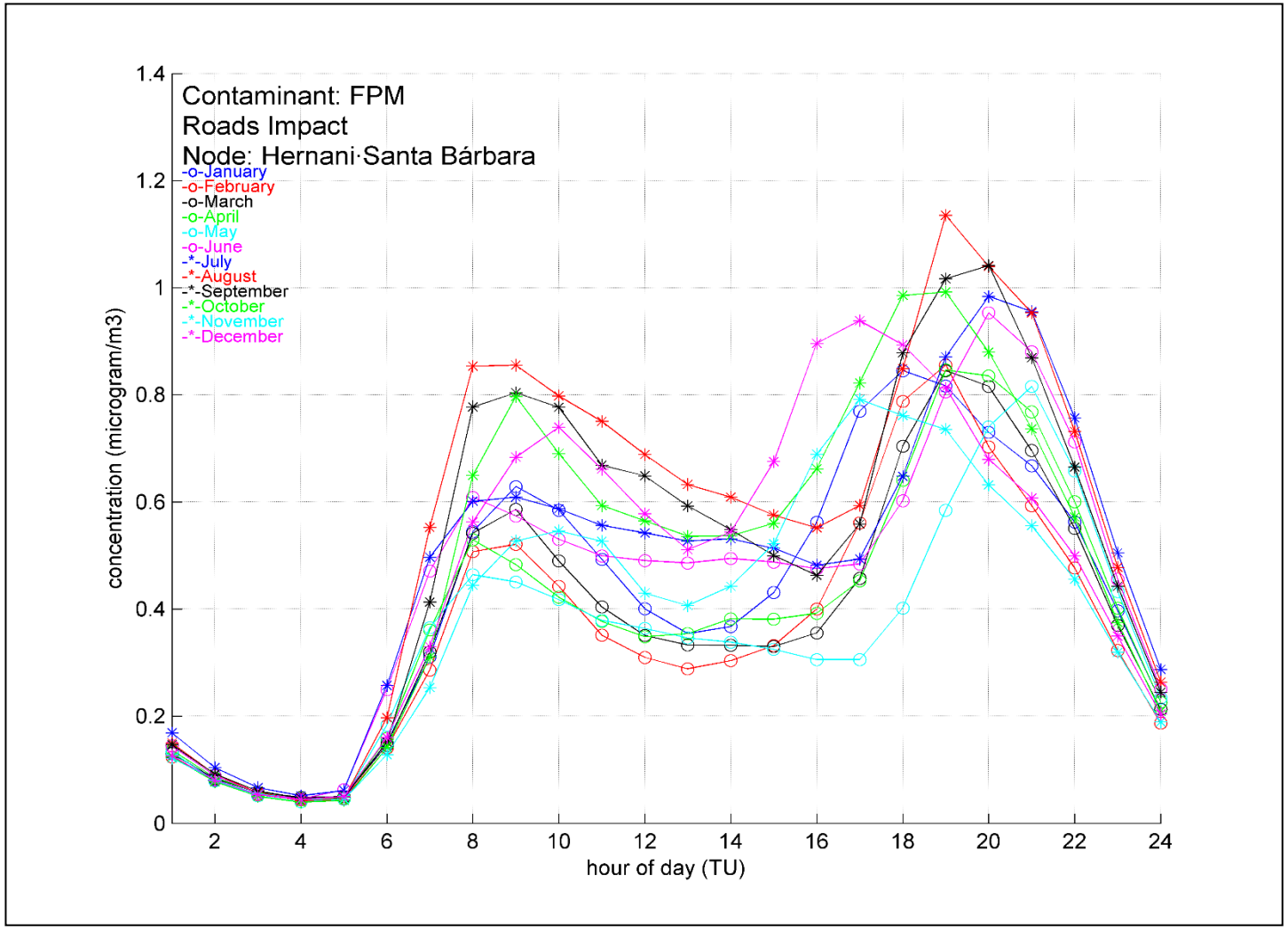



Figura 39. Niveles de inmisión de $PM_{2,5}$ generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Santa Bárbara

### 4.2.3. Niveles de inmisión de $NO_2$

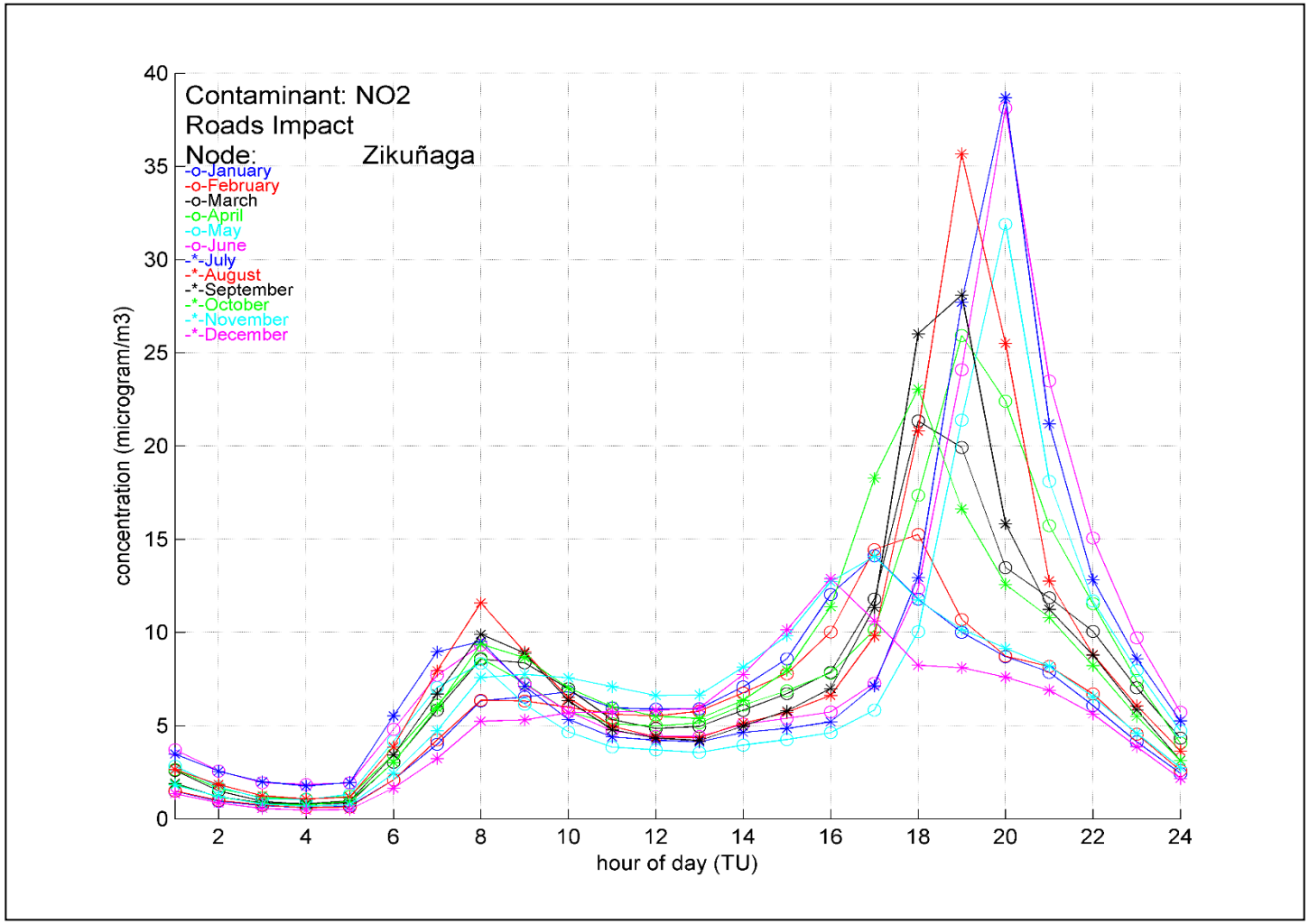



Figura 40. Niveles de inmisión de $NO_2$ generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Zikuñaga

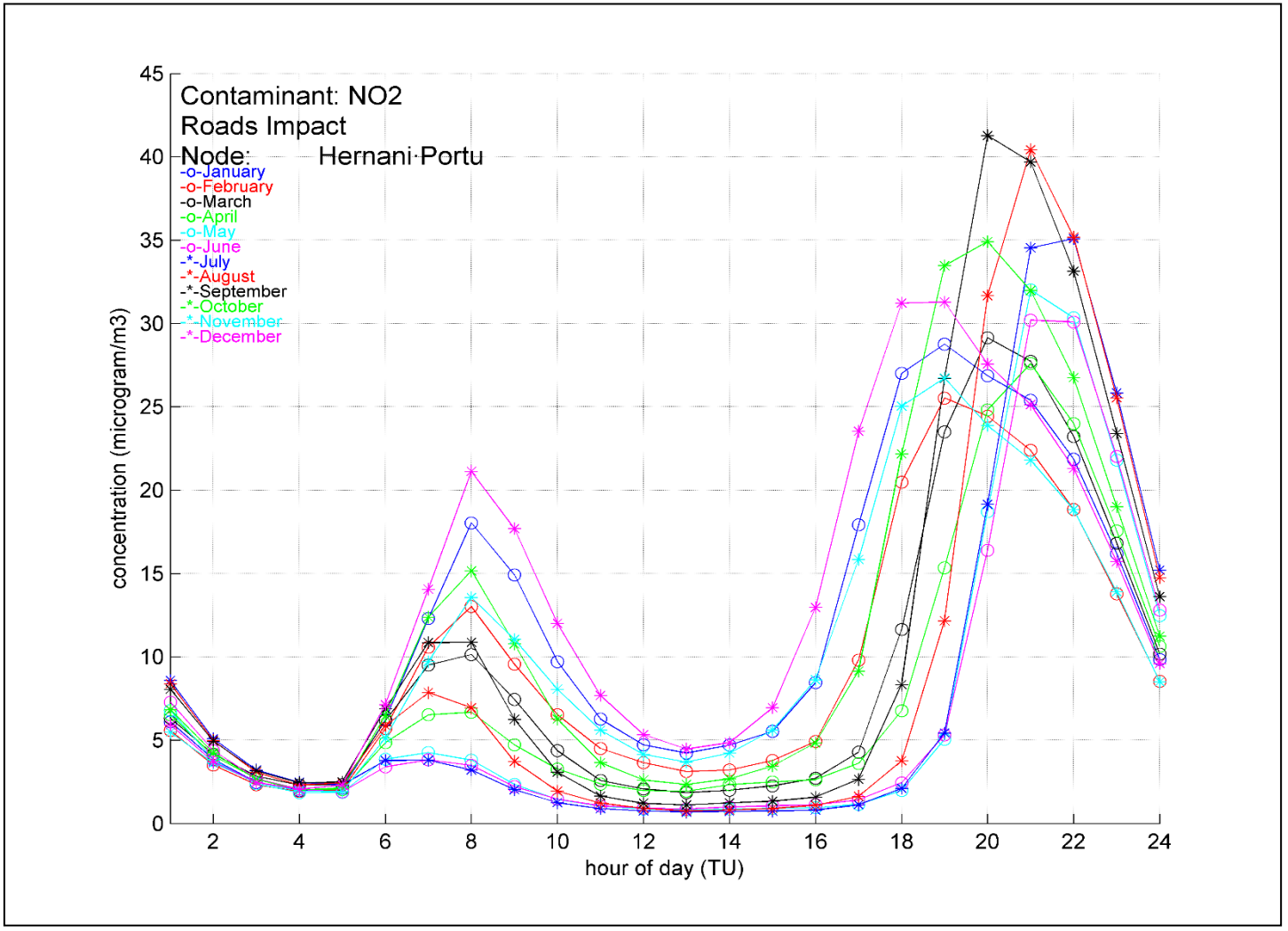



Figura 41. Niveles de inmisión de $NO_2$ generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Portu

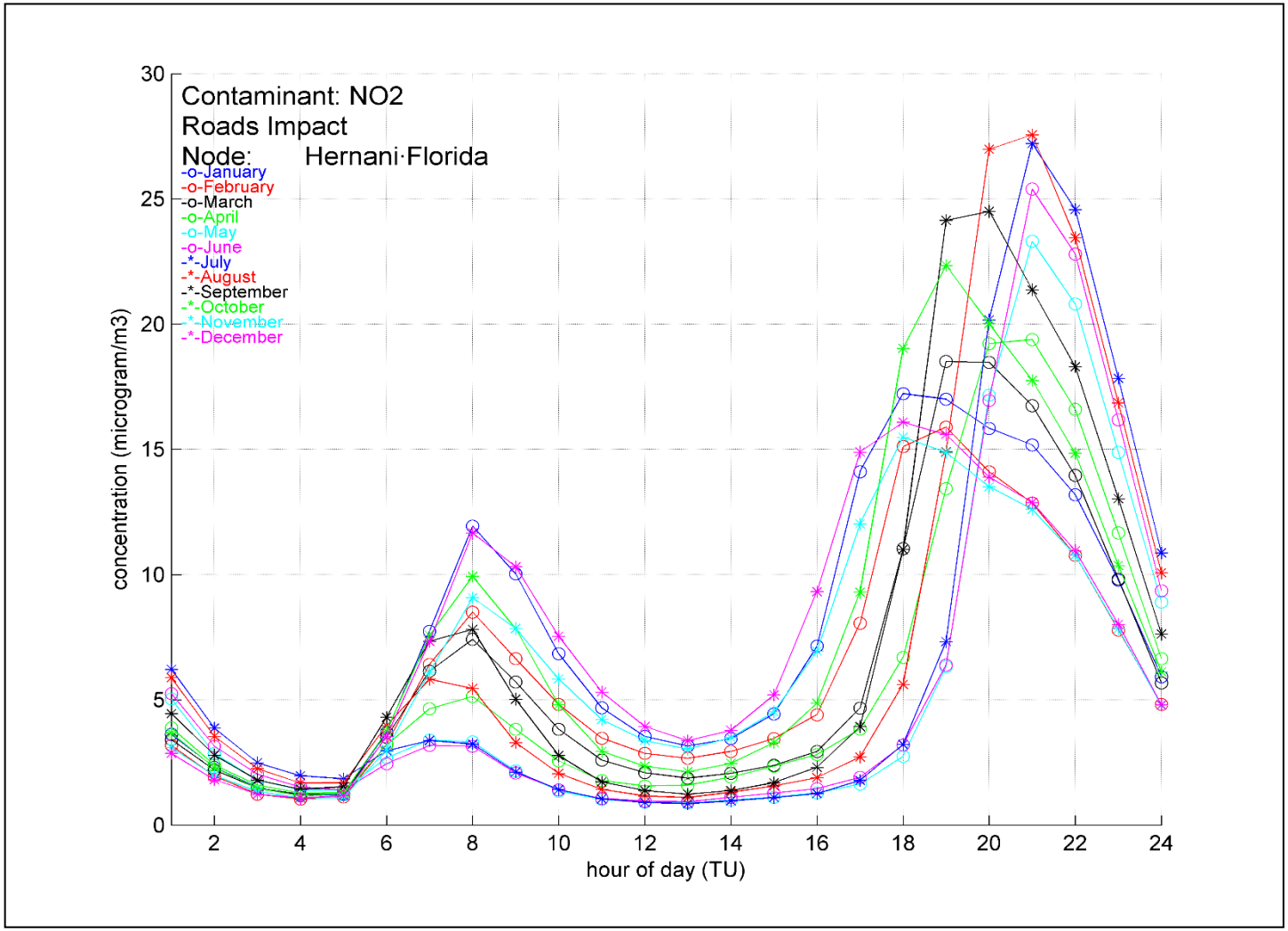



Figura 42. Niveles de inmisión de $NO_2$ generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Florida

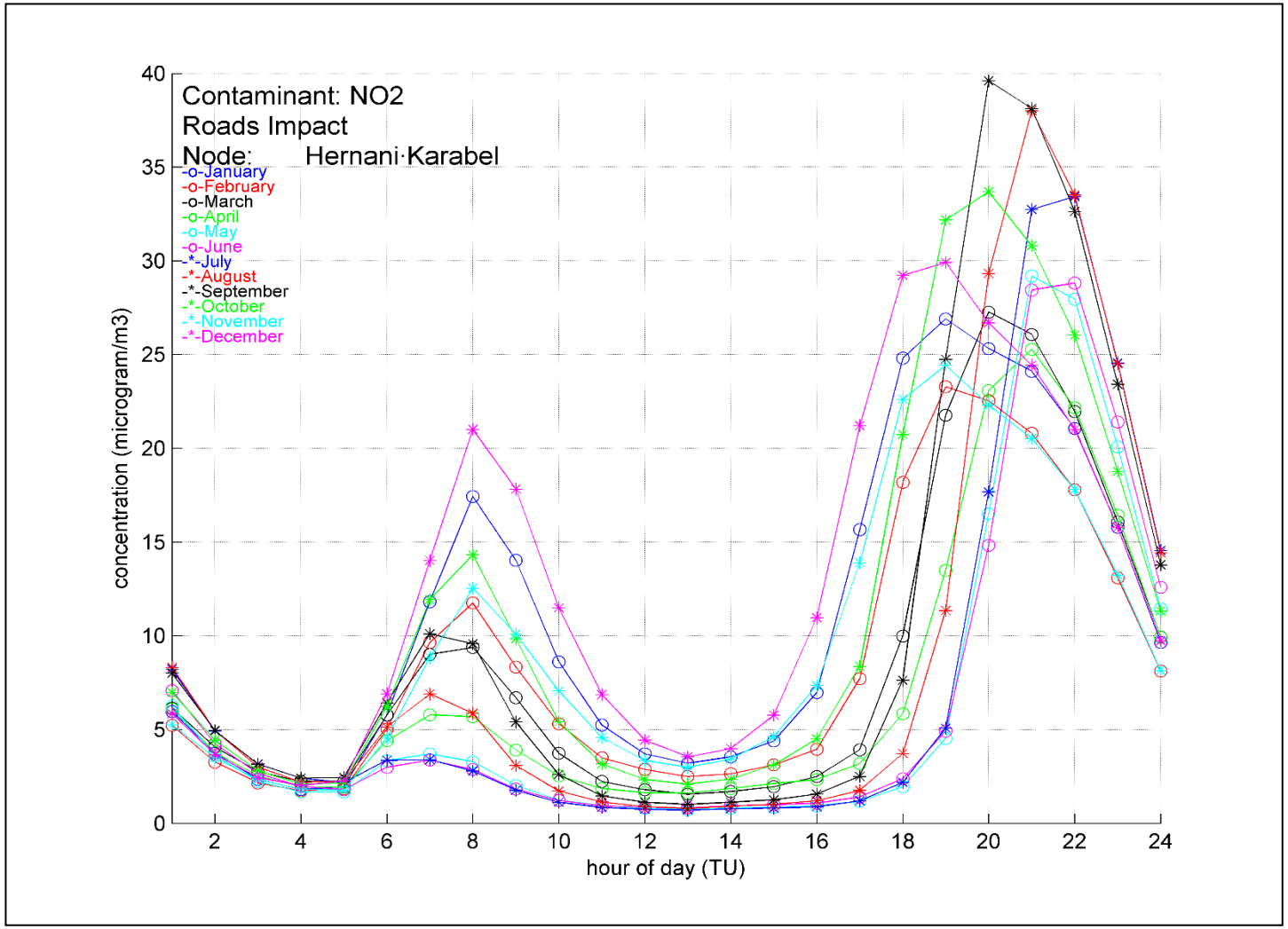



Figura 43. Niveles de inmisión de $NO_2$ generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Karabel

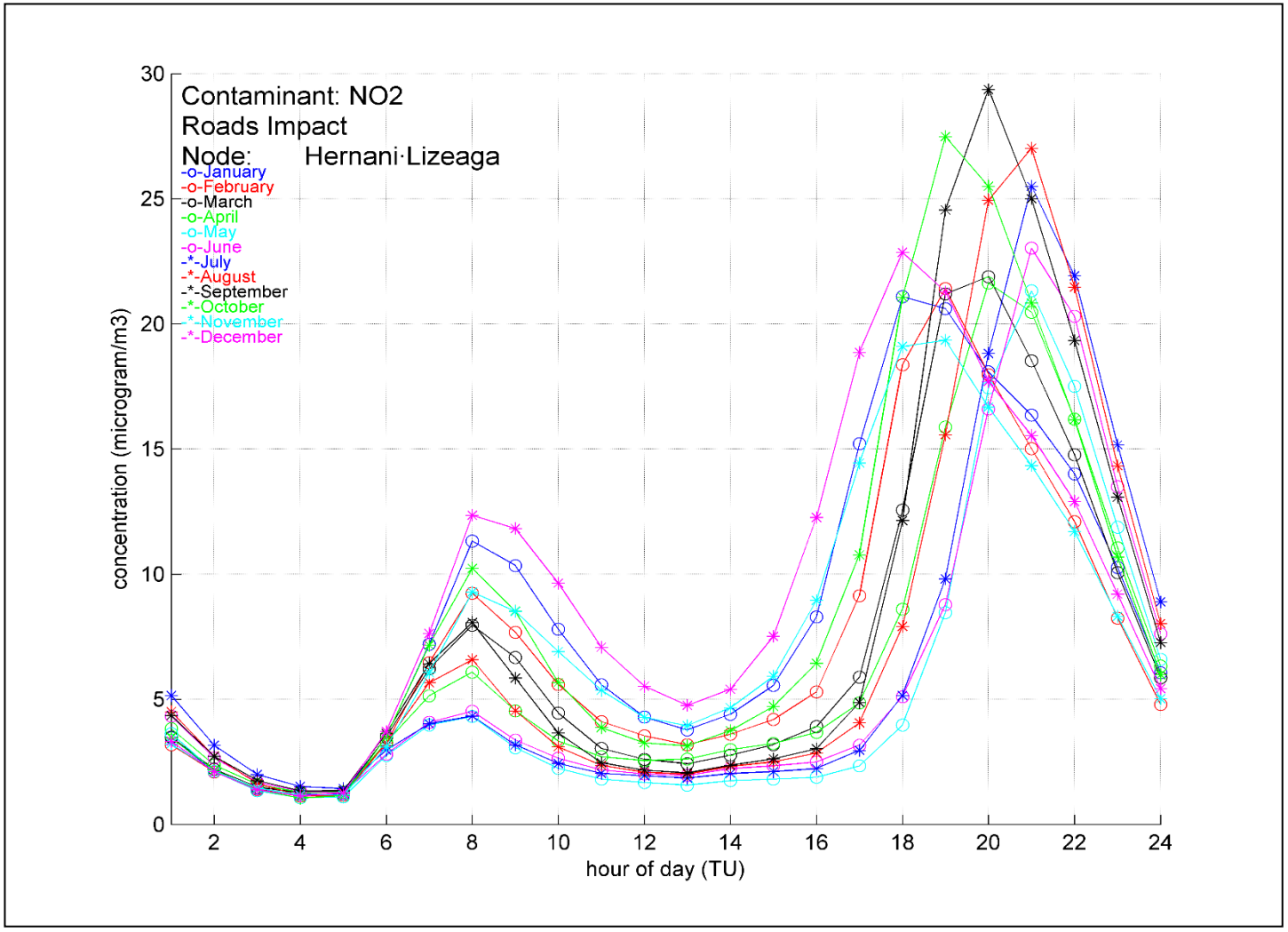



Figura 44. Niveles de inmisión de $NO_2$ generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Lizeaga

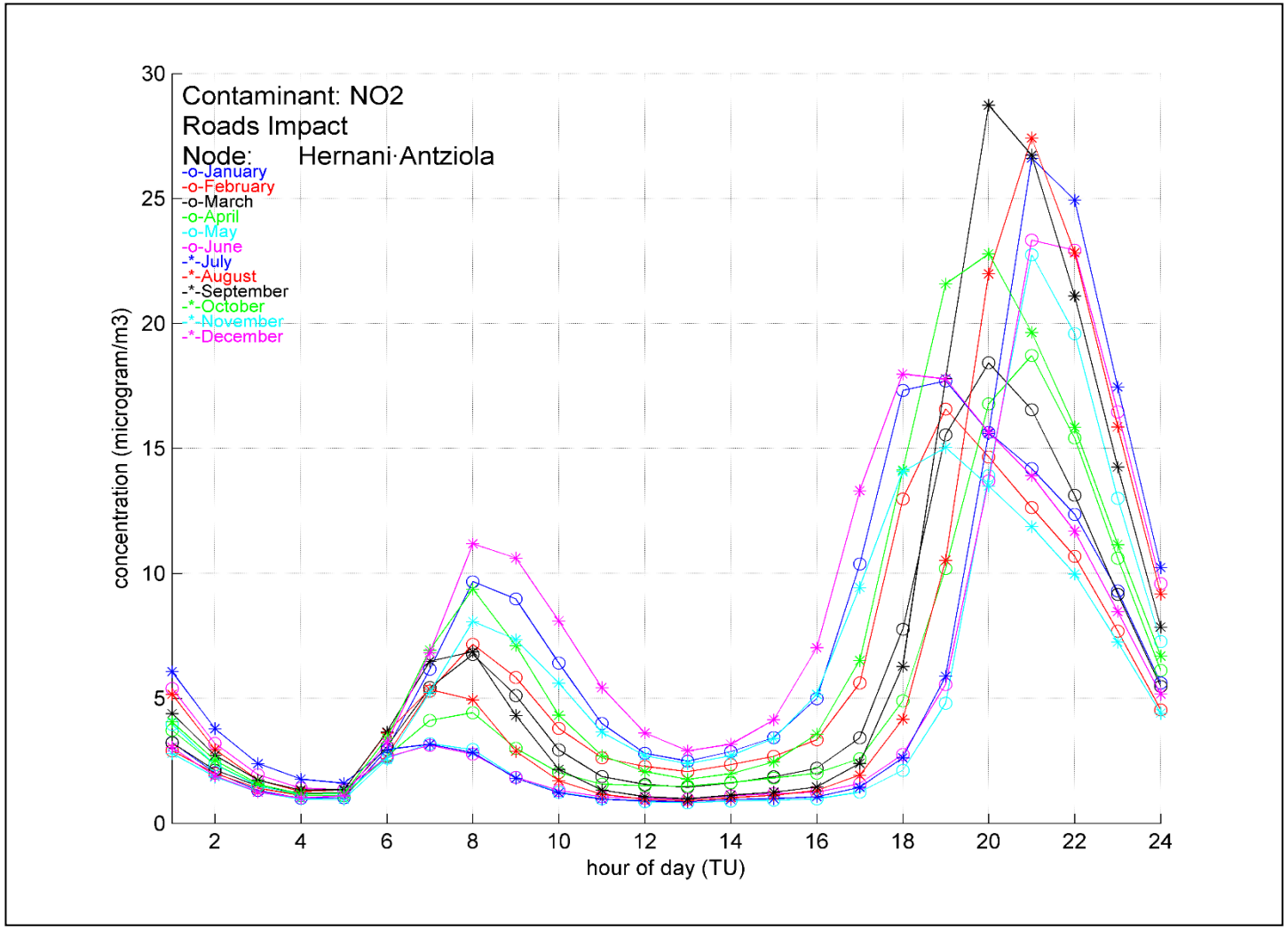



Figura 45. Niveles de inmisión de $NO_2$ generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Antziola

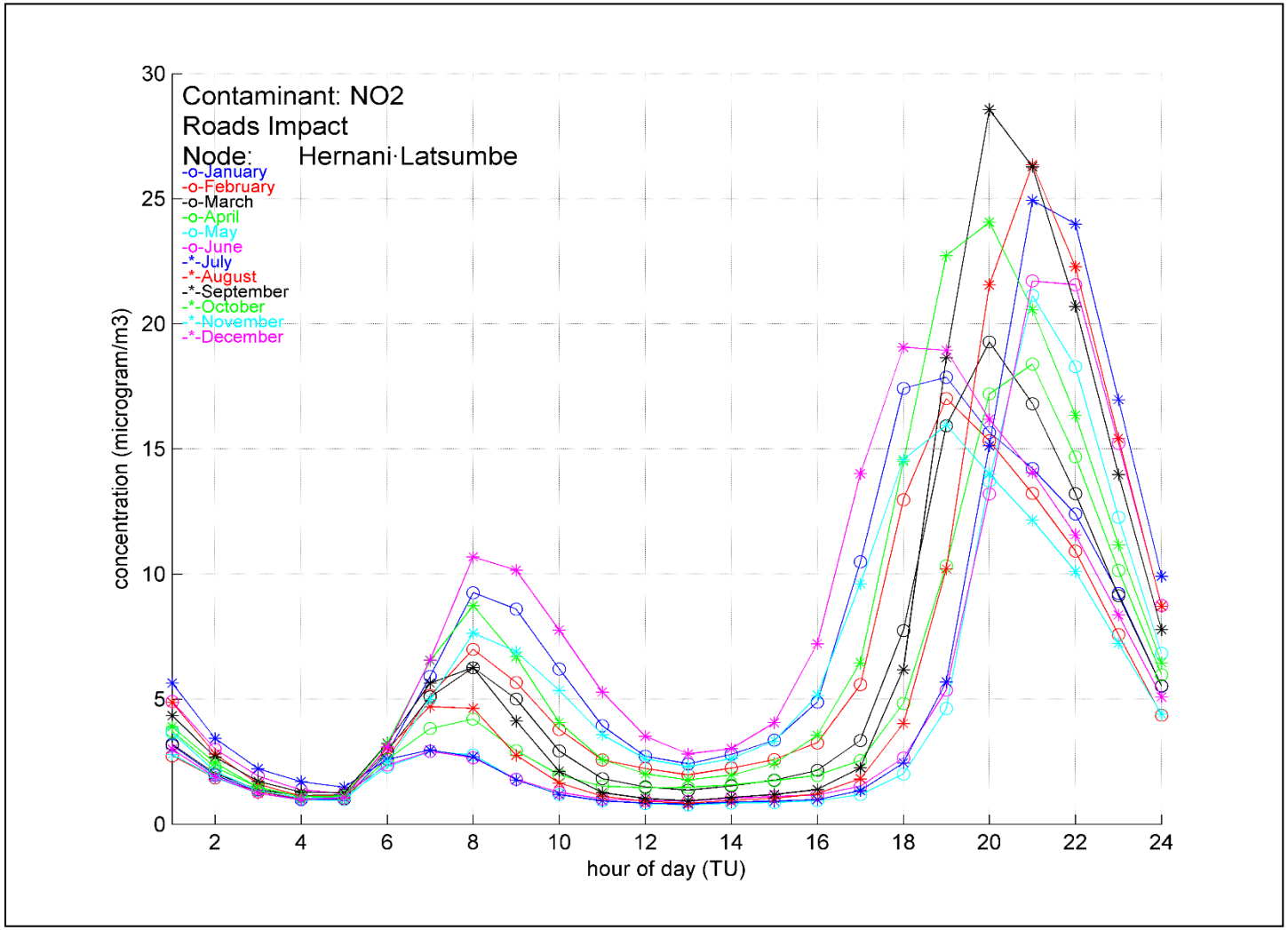



Figura 46. Niveles de inmisión de $NO_2$ generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Latsumbe

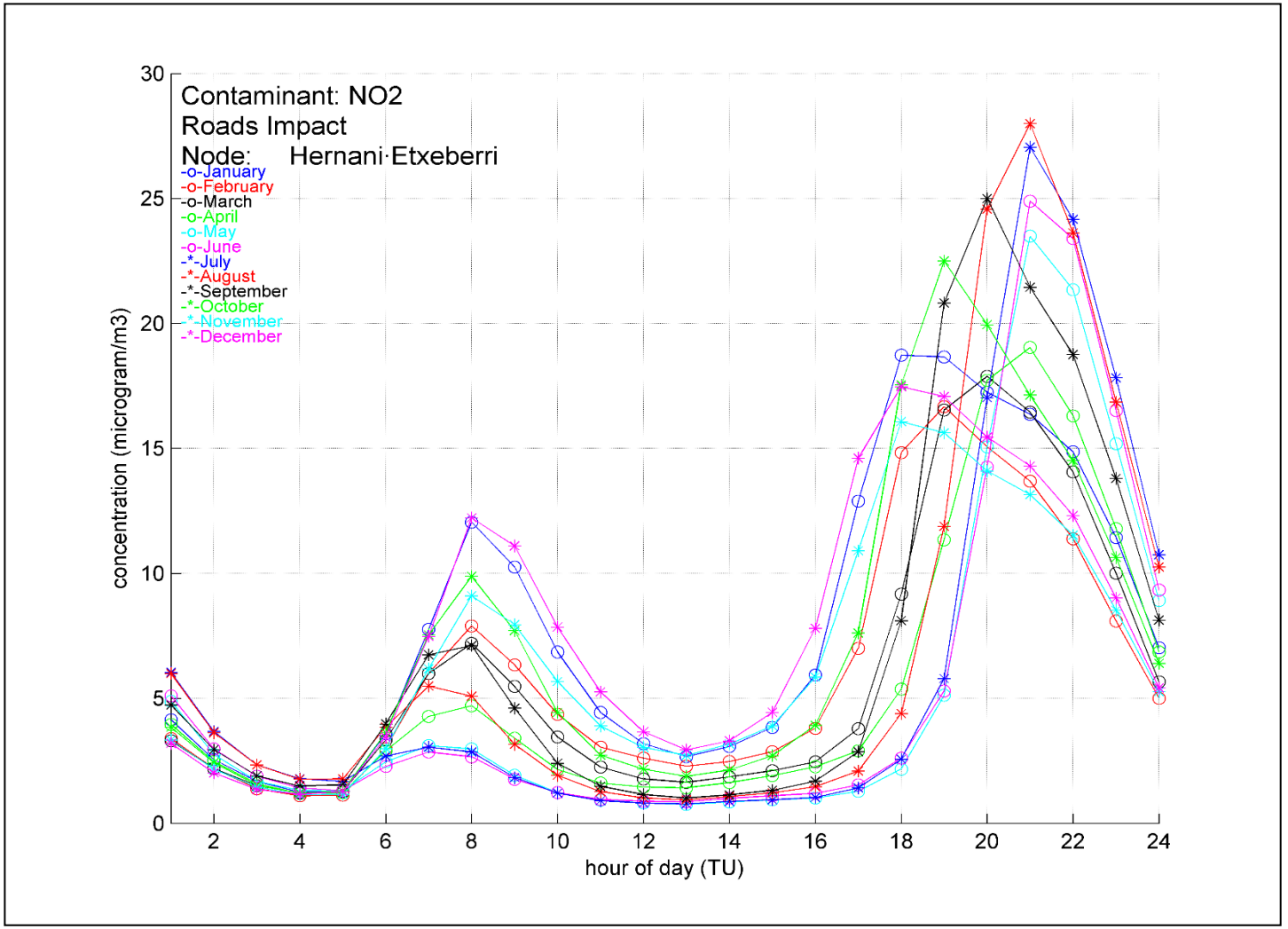



Figura 47. Niveles de inmisión de $NO_2$ generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Etxeberri

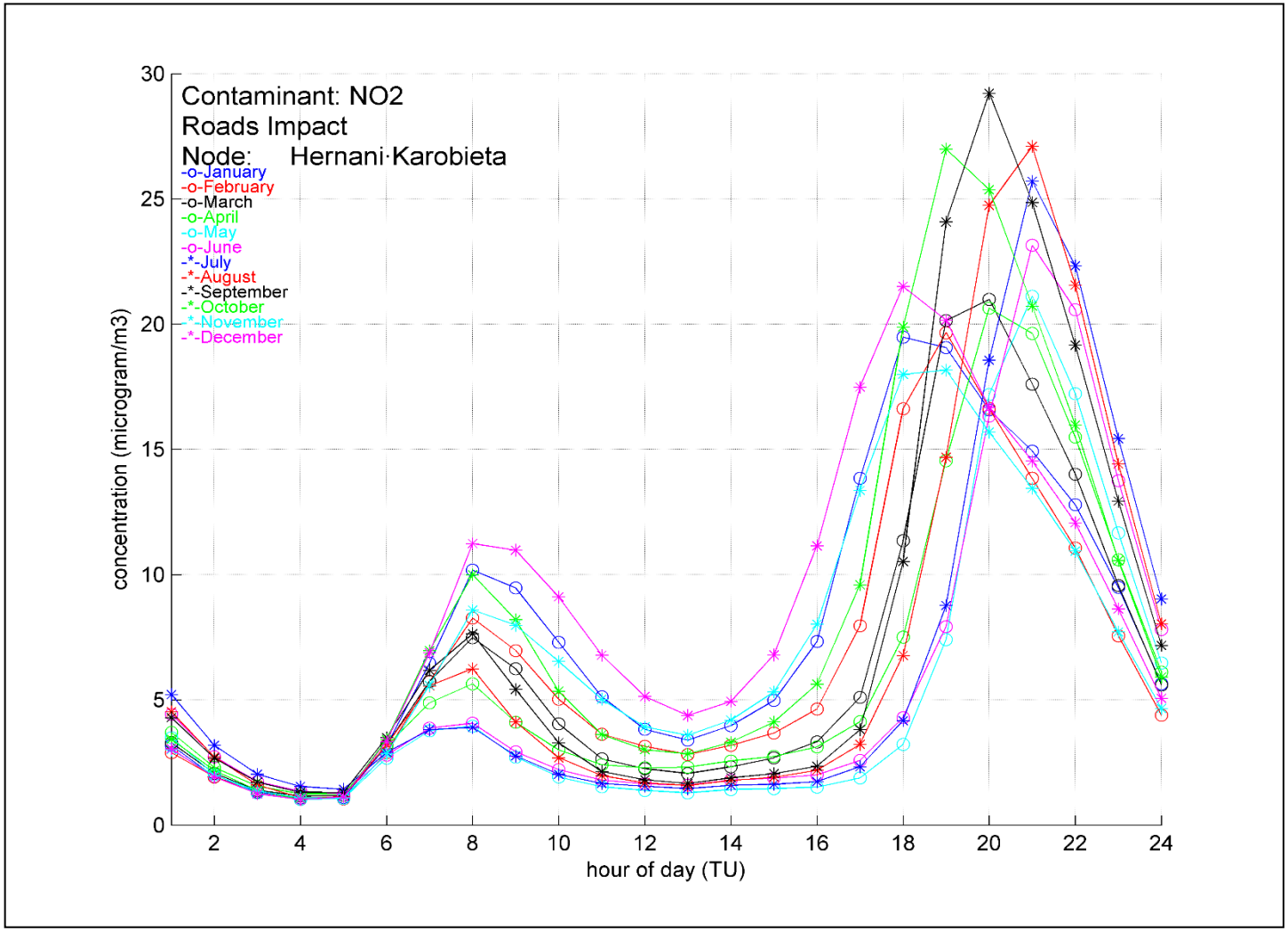



Figura 48. Niveles de inmisión de $NO_2$ generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Karobieta

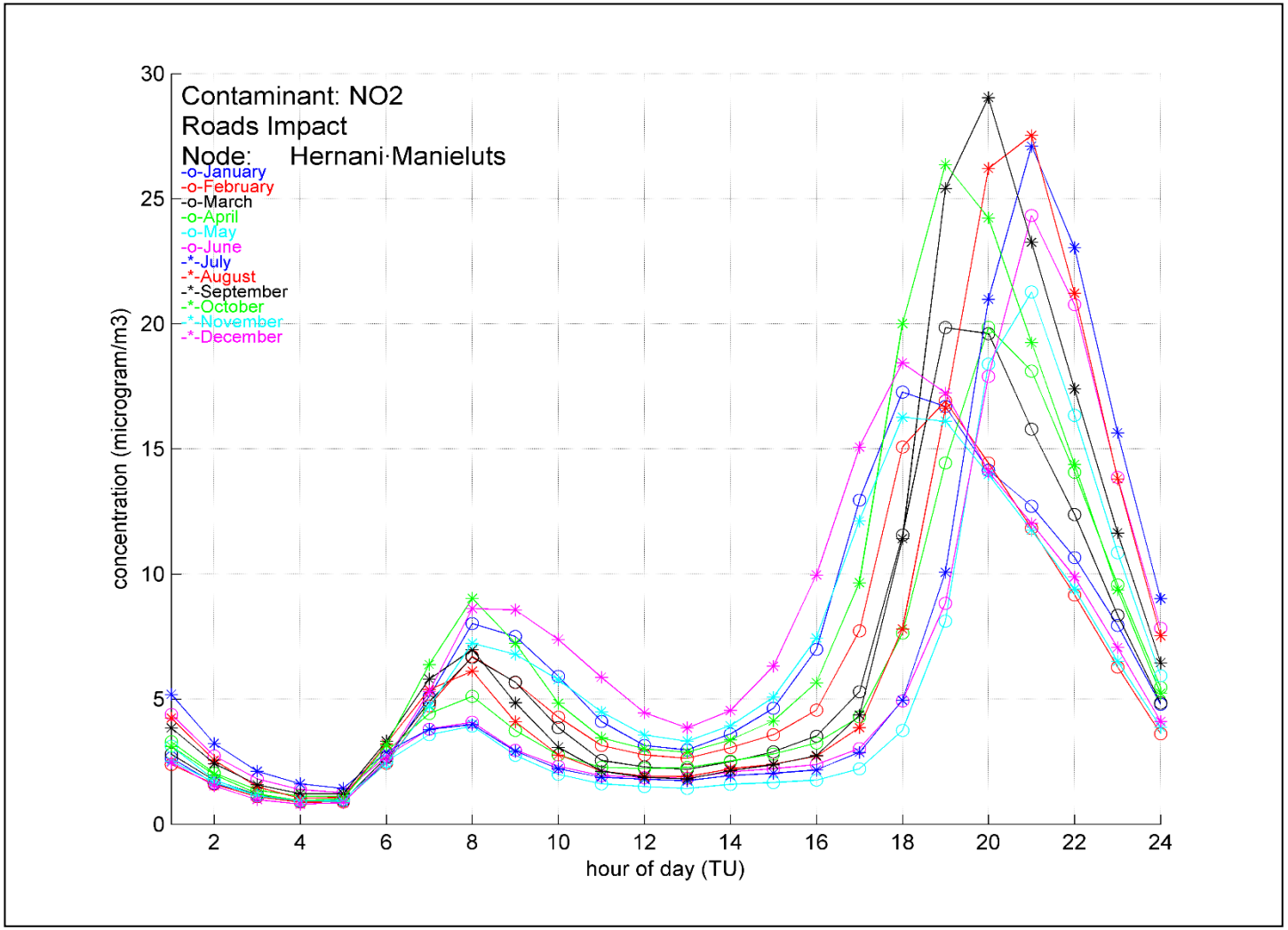



Figura 49. Niveles de inmisión de $NO_2$ generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Manieluts

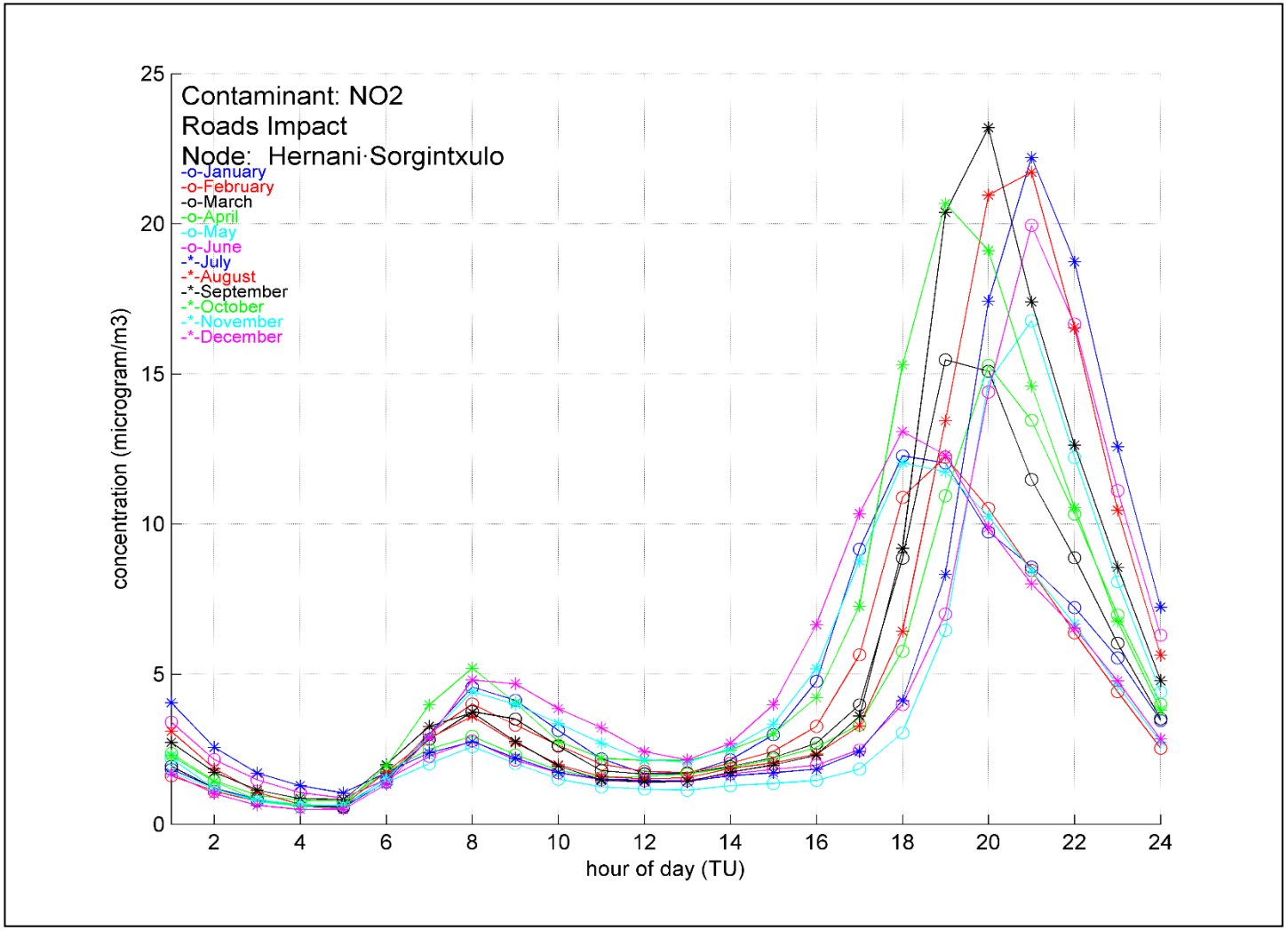



Figura 50. Niveles de inmisión de $NO_2$ generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Sorgintxulo

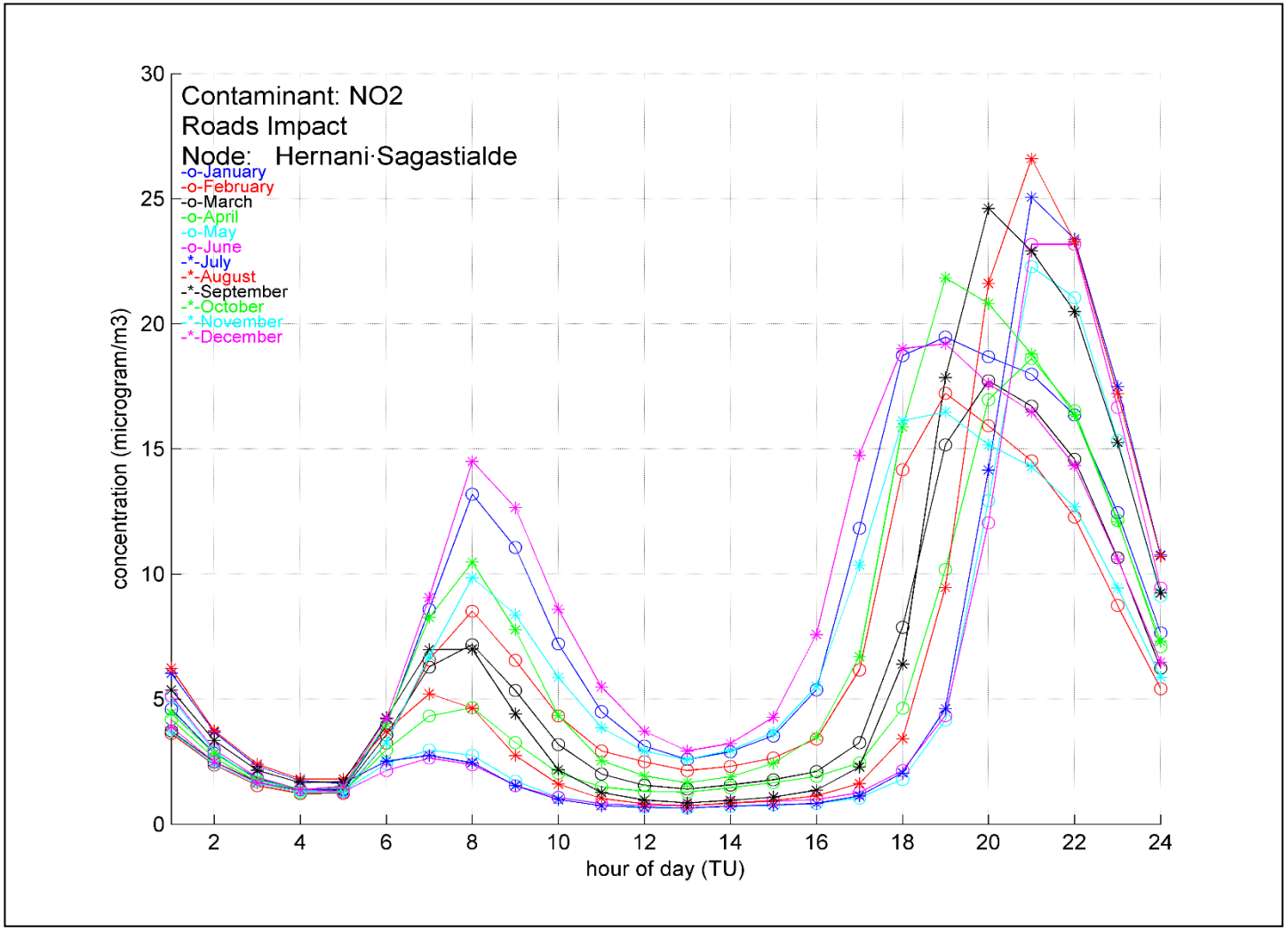



Figura 51. Niveles de inmisión de $NO_2$ generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Sagastialde

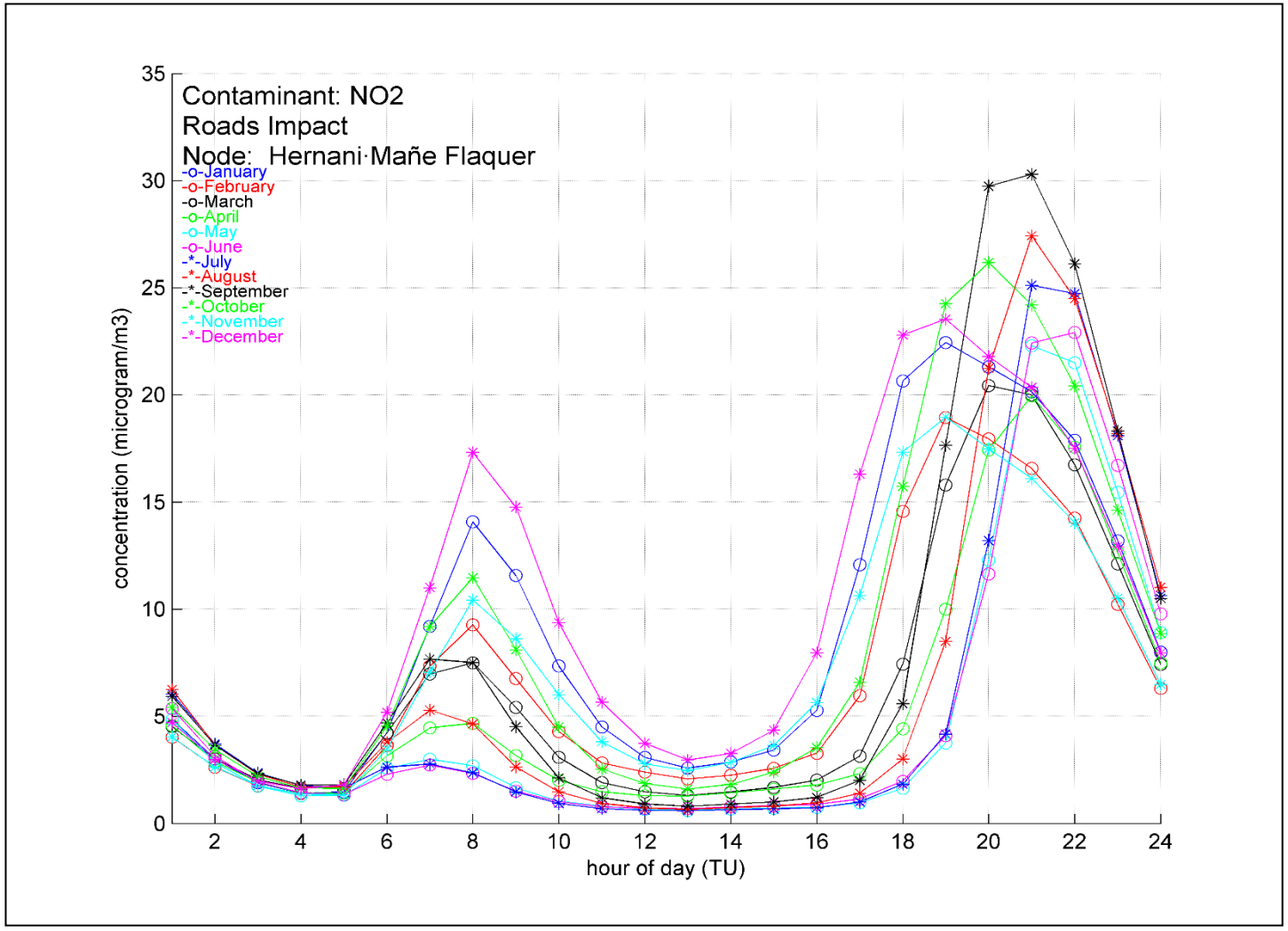



Figura 52. Niveles de inmisión de $NO_2$ generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Mañe Flaquer

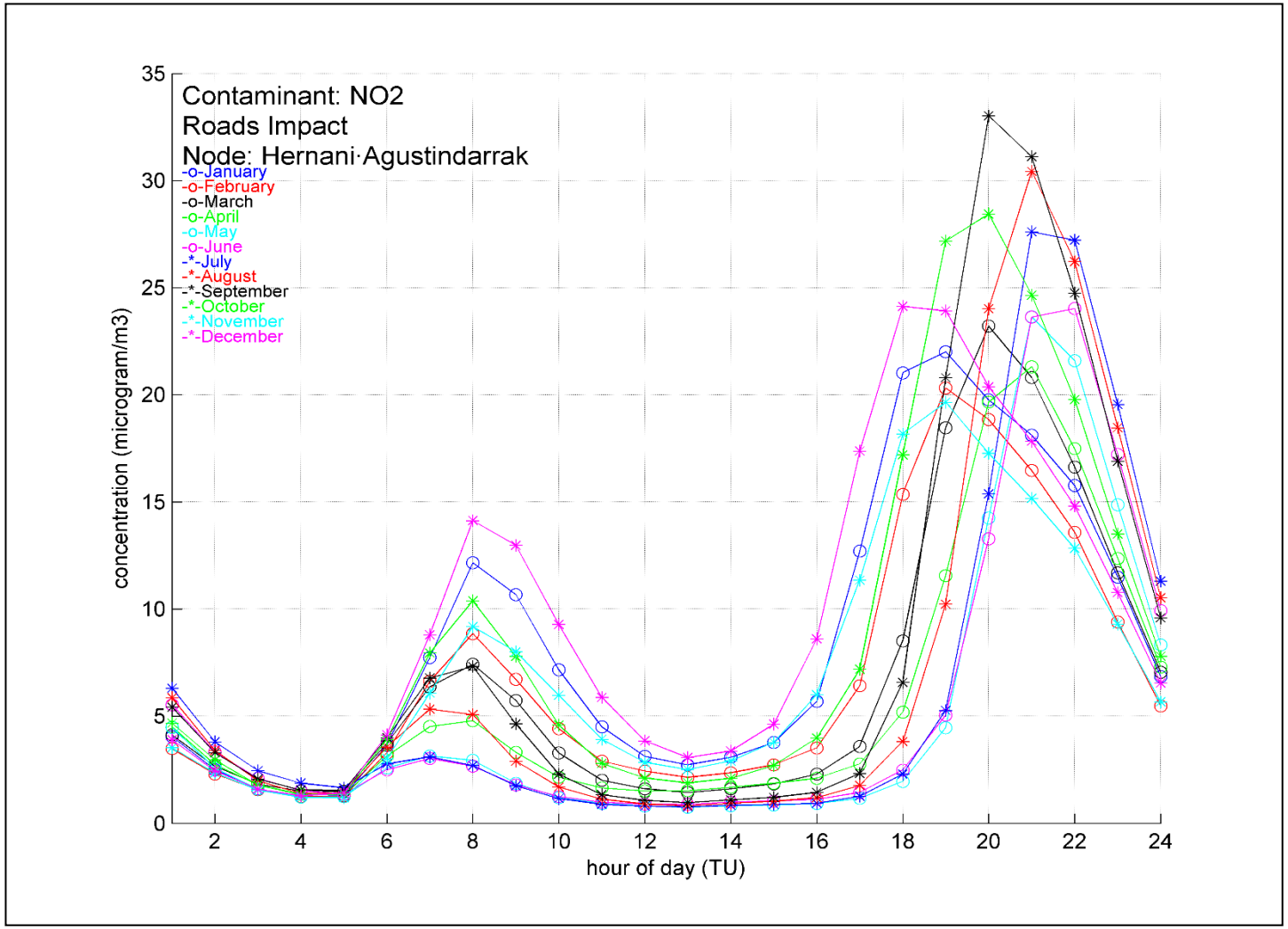



Figura 53. Niveles de inmisión de $NO_2$ generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Agustindarrak

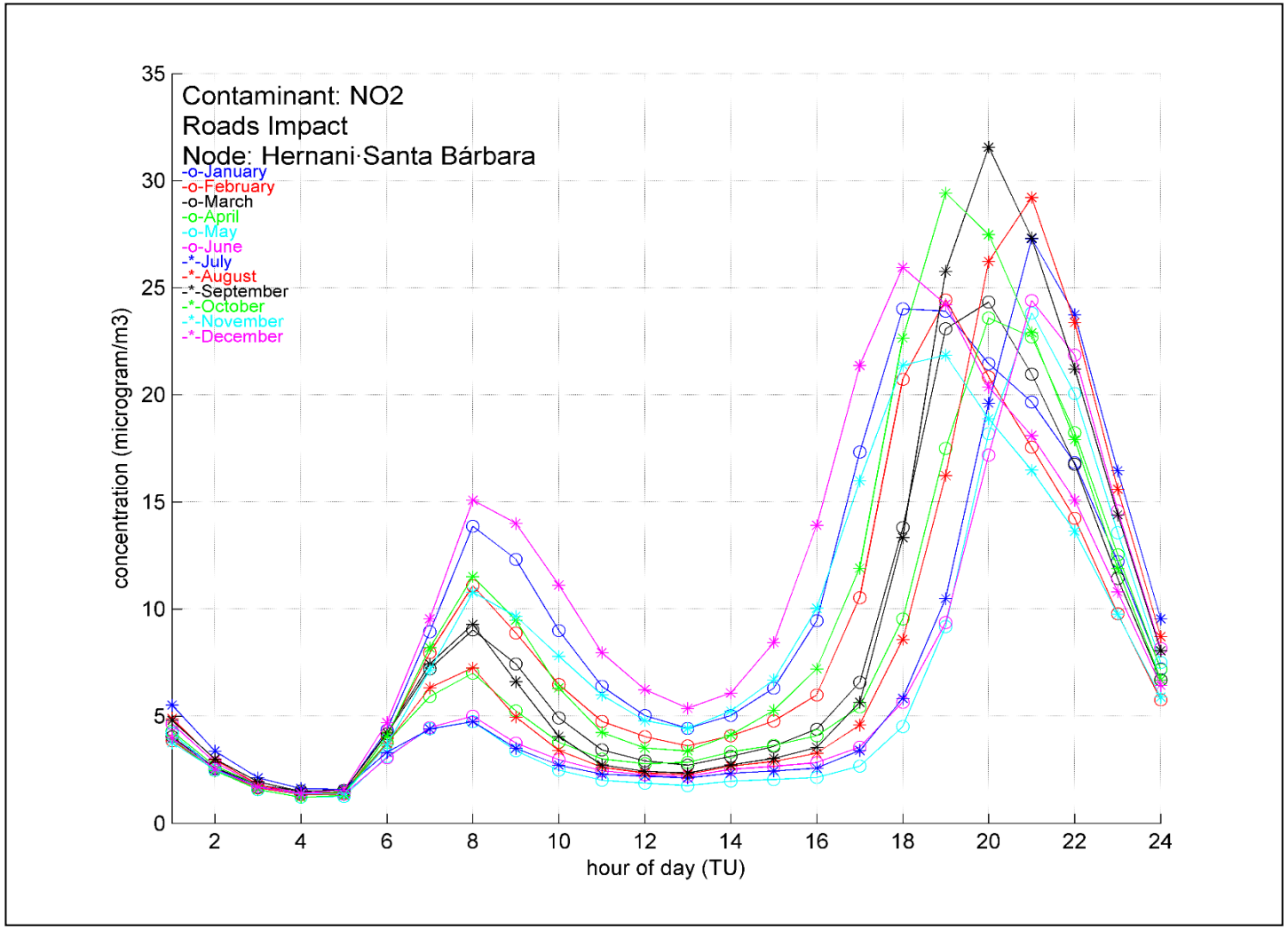



Figura 54. Niveles de inmisión de $NO_2$ generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Santa Bárbara

### 4.2.4. Niveles de inmisión de NOx

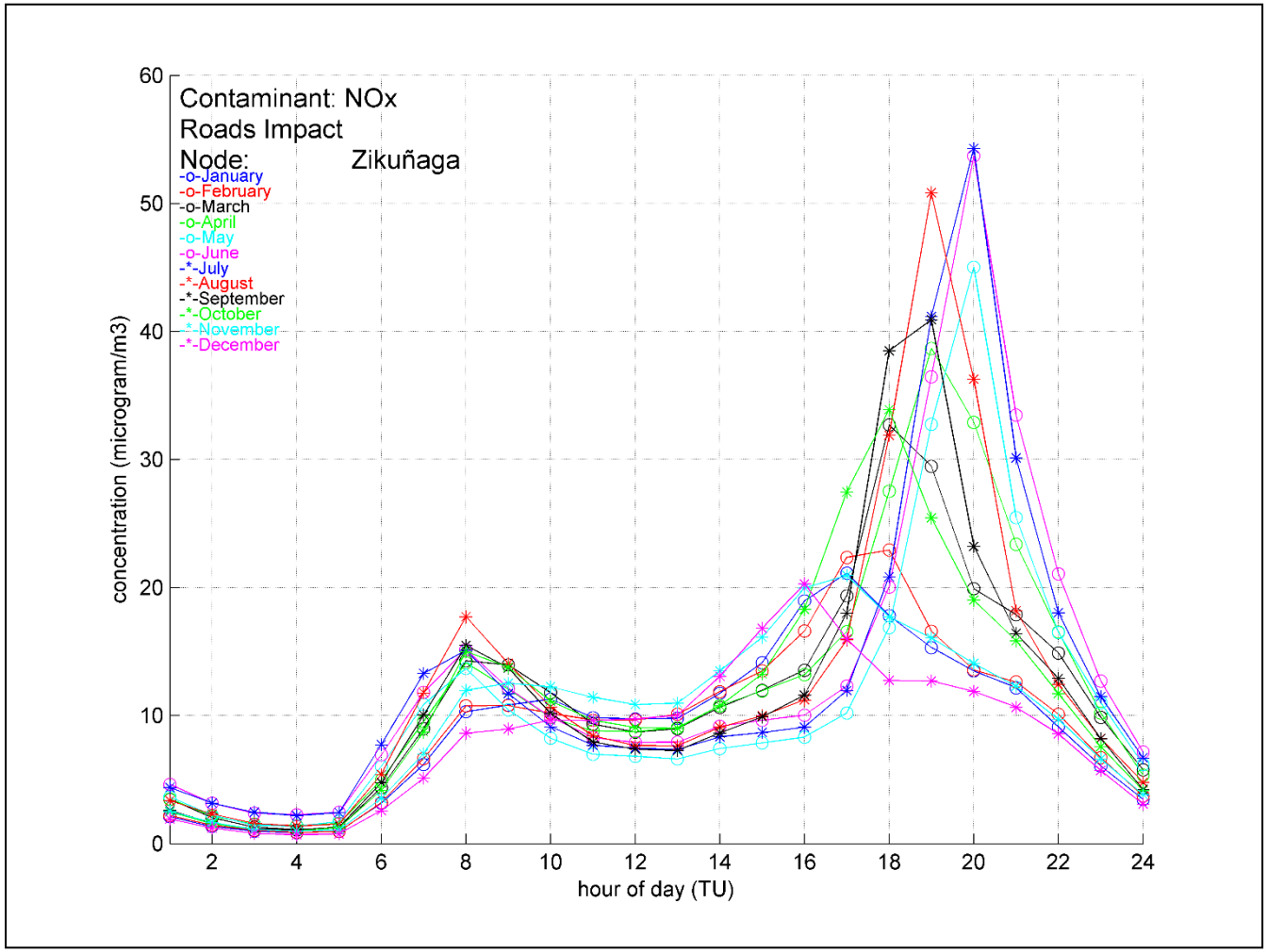



Figura 55. Niveles de inmisión de NOx generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Zikuñaga

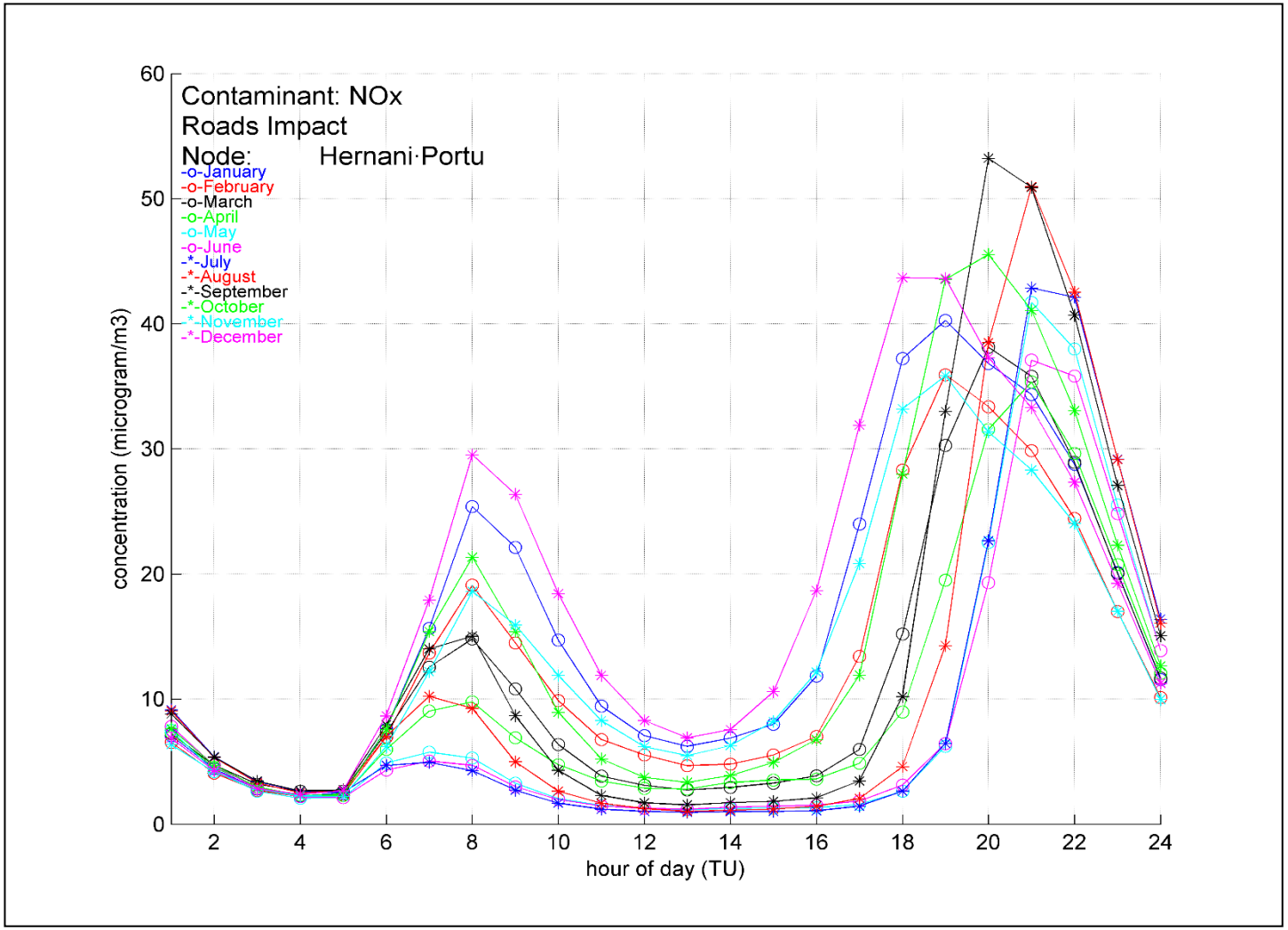



Figura 56. Niveles de inmisión de NOx generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Portu

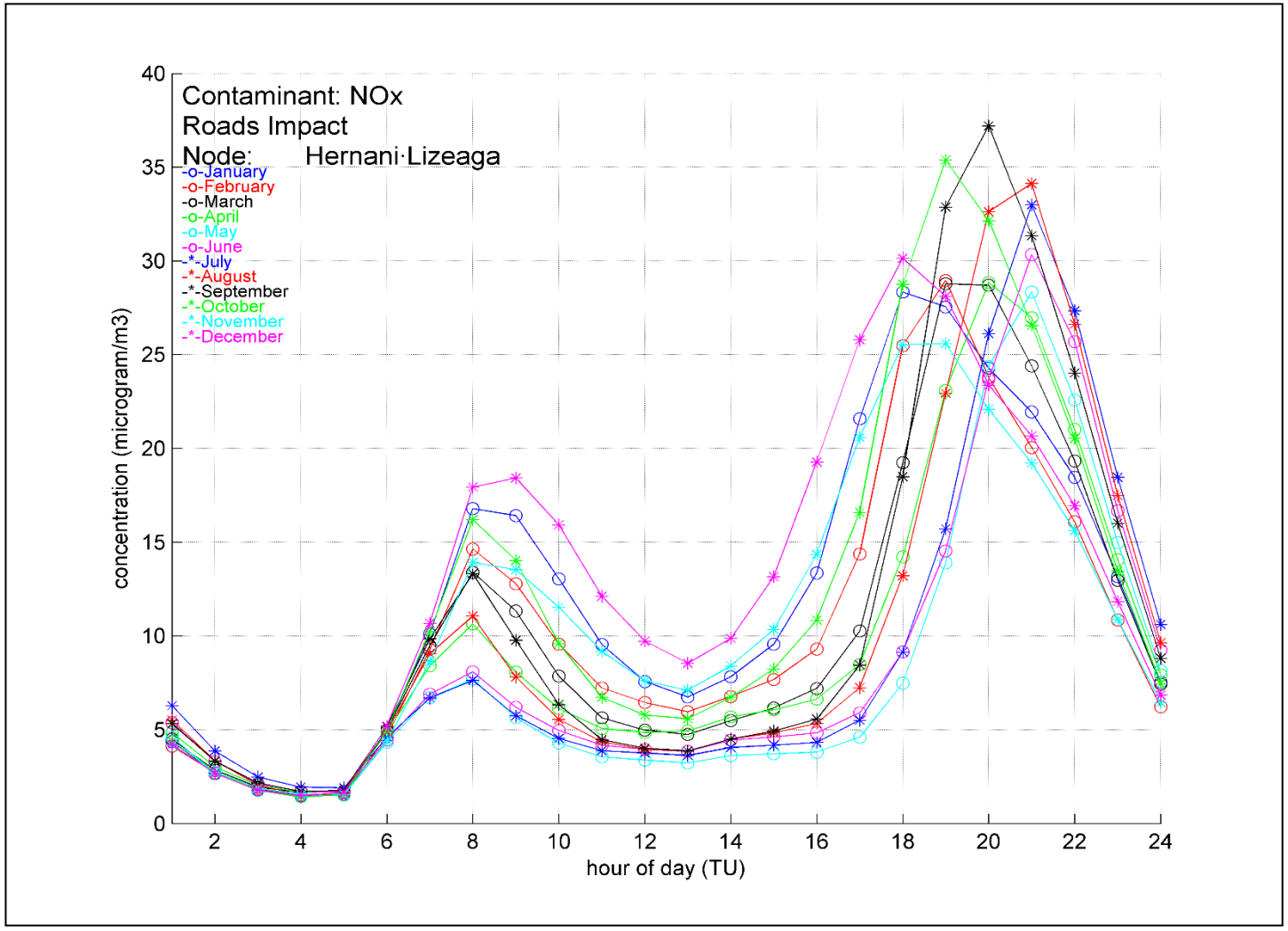



Figura 57. Niveles de inmisión de NOx generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Lizeaga

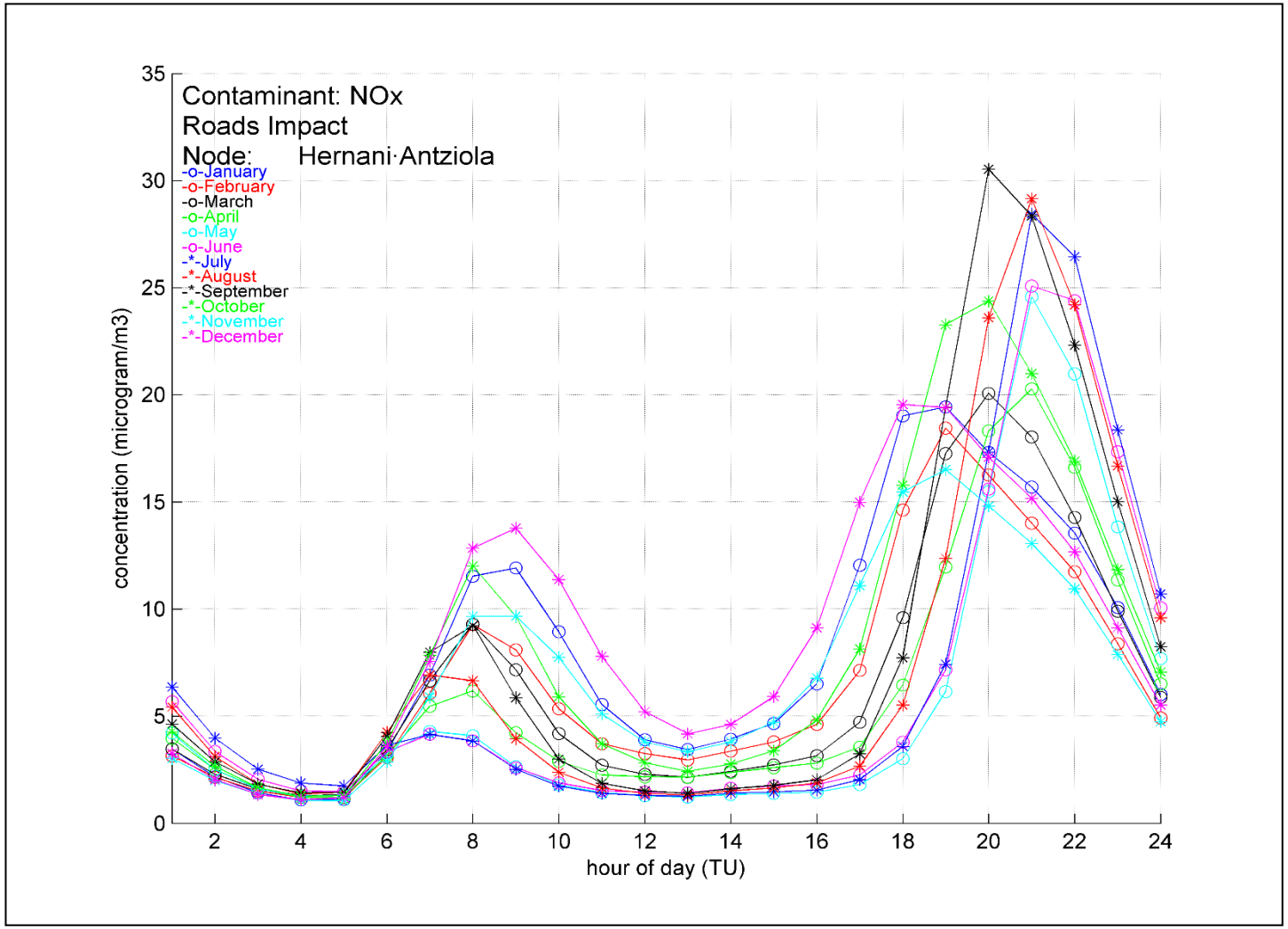



Figura 58. Niveles de inmisión de NOx generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Antziola

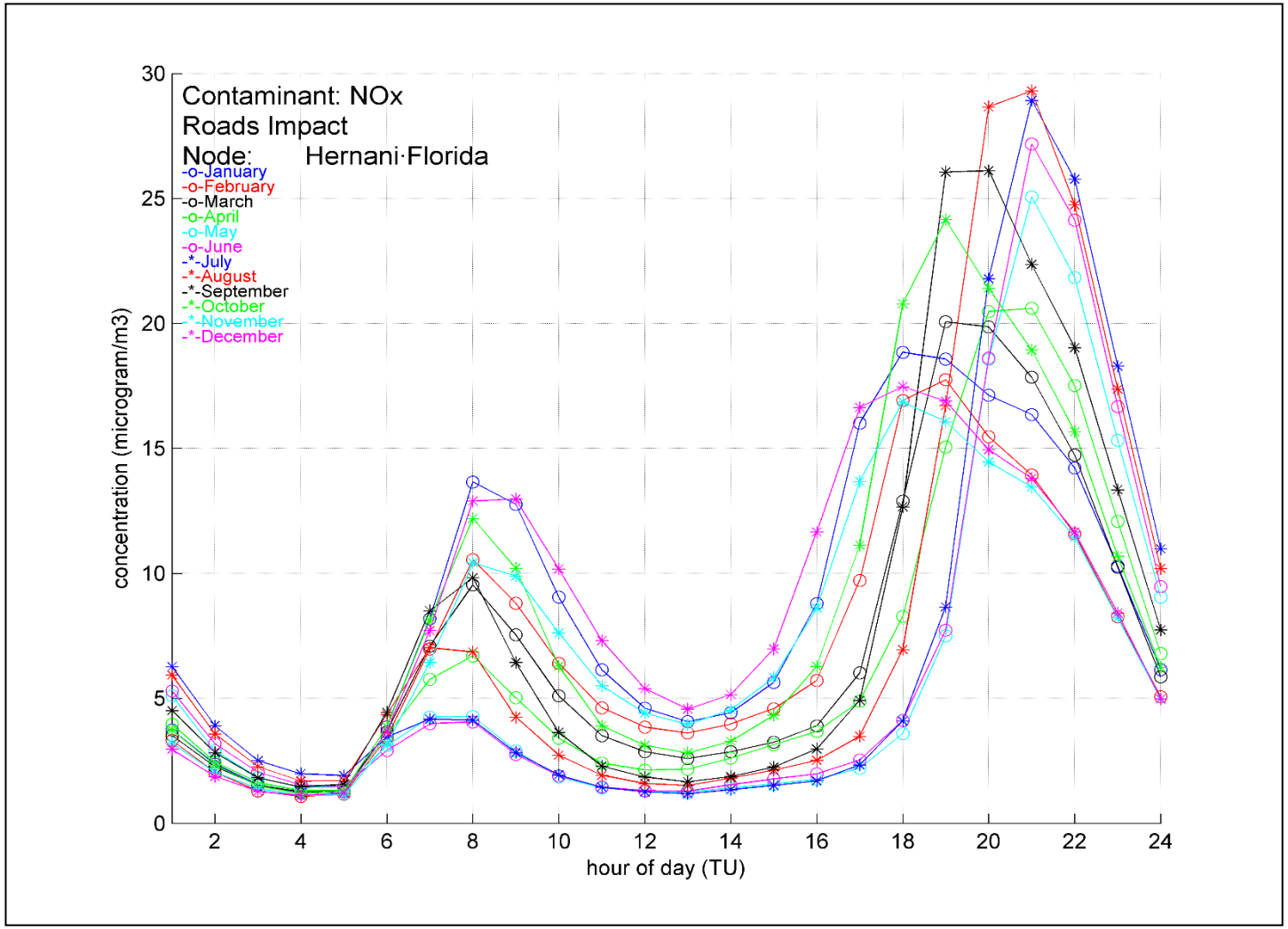



Figura 59. Niveles de inmisión de NOx generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Florida

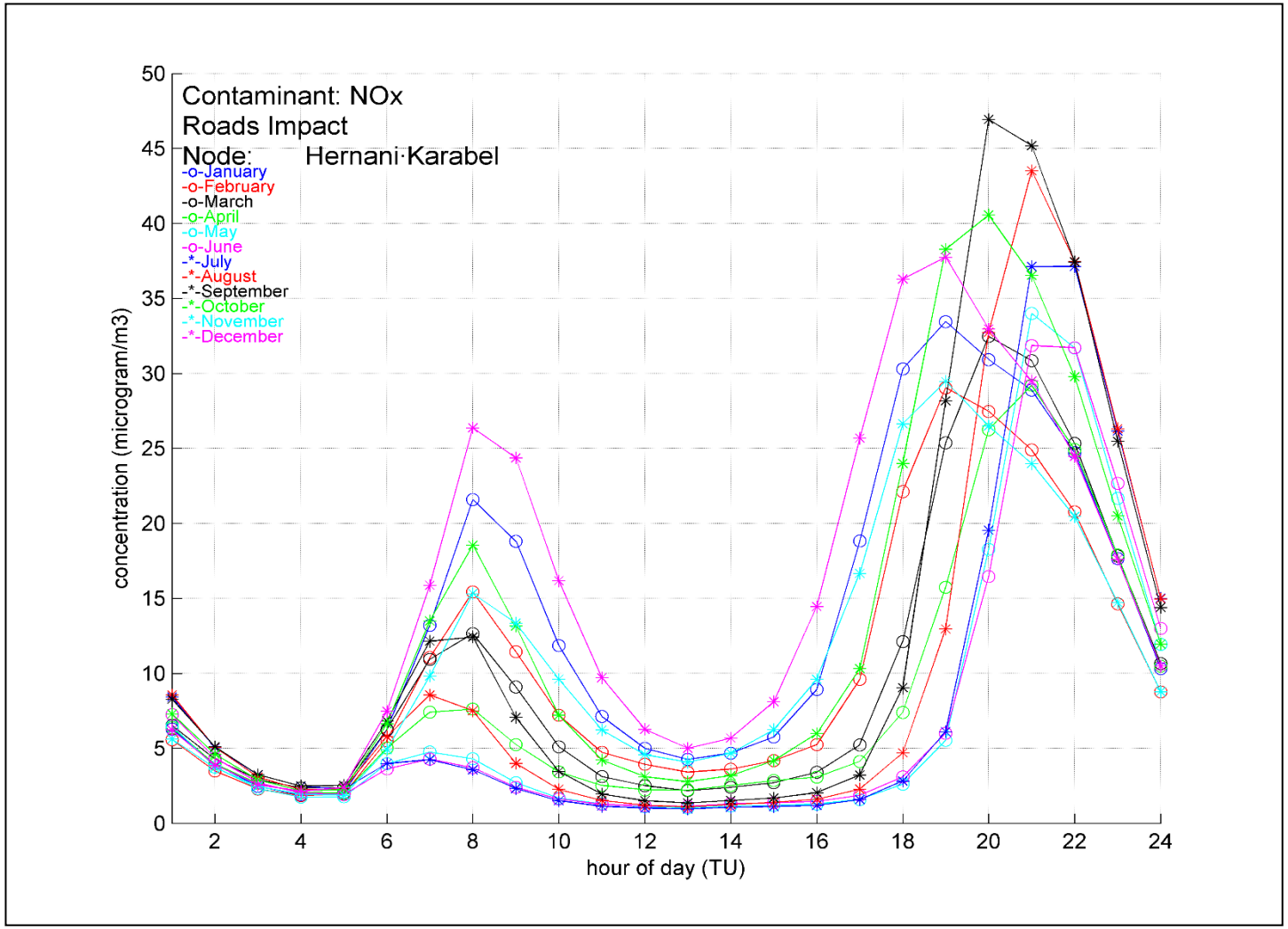



Figura 60. Niveles de inmisión de NOx generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Karabel

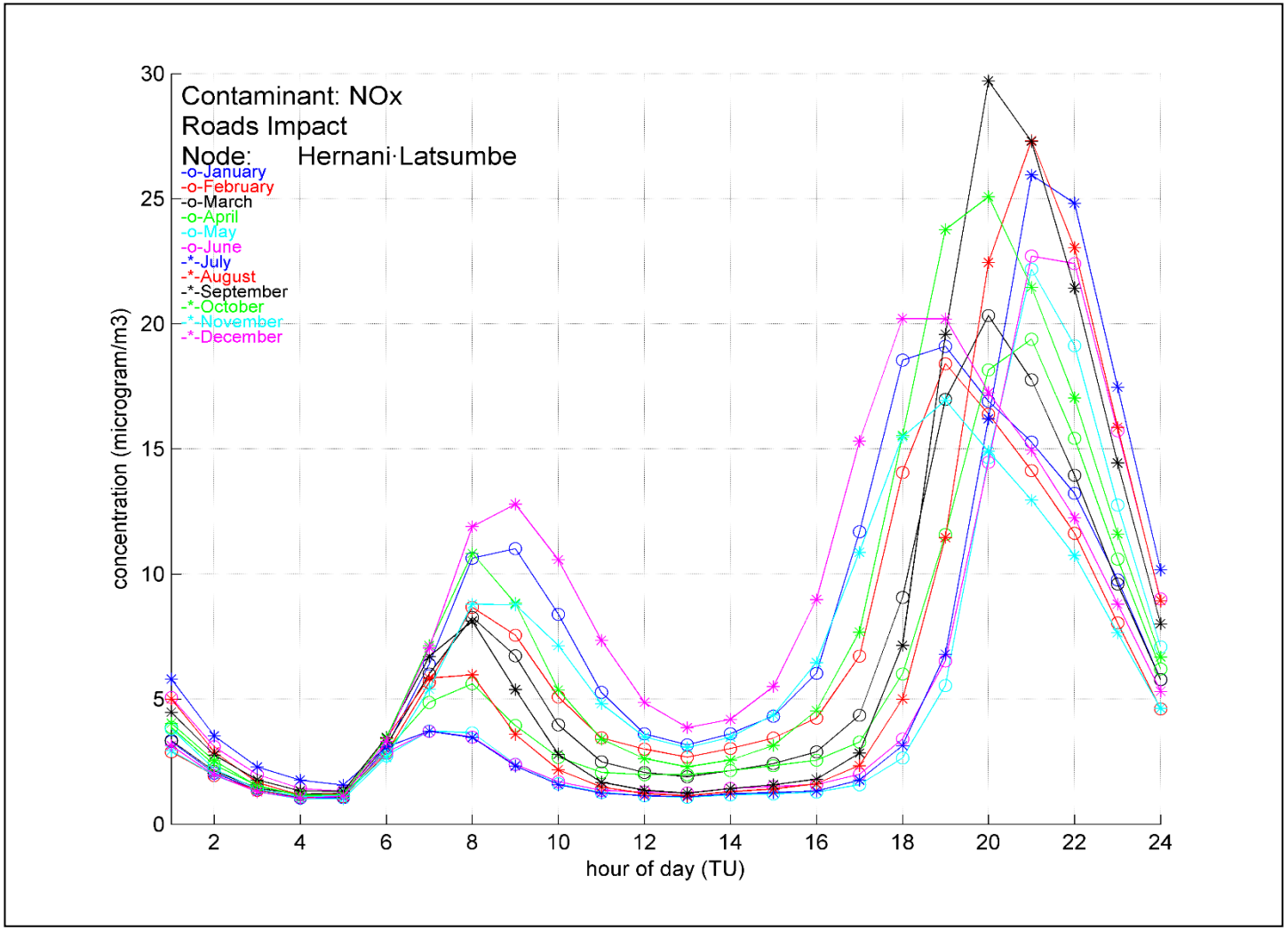



Figura 61. Niveles de inmisión de NOx generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Latsumbe

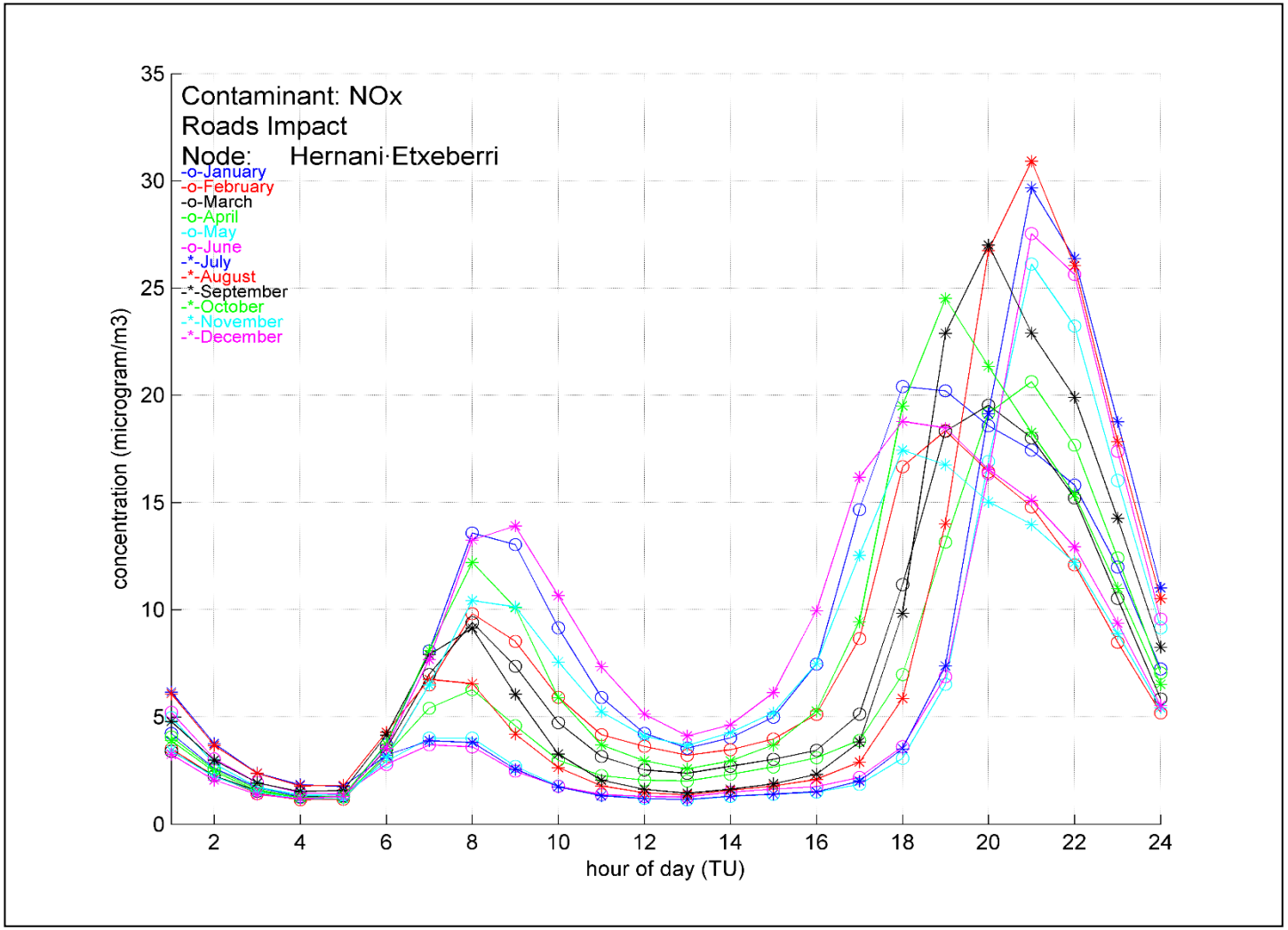



Figura 62. Niveles de inmisión de NOx generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Etxeberri

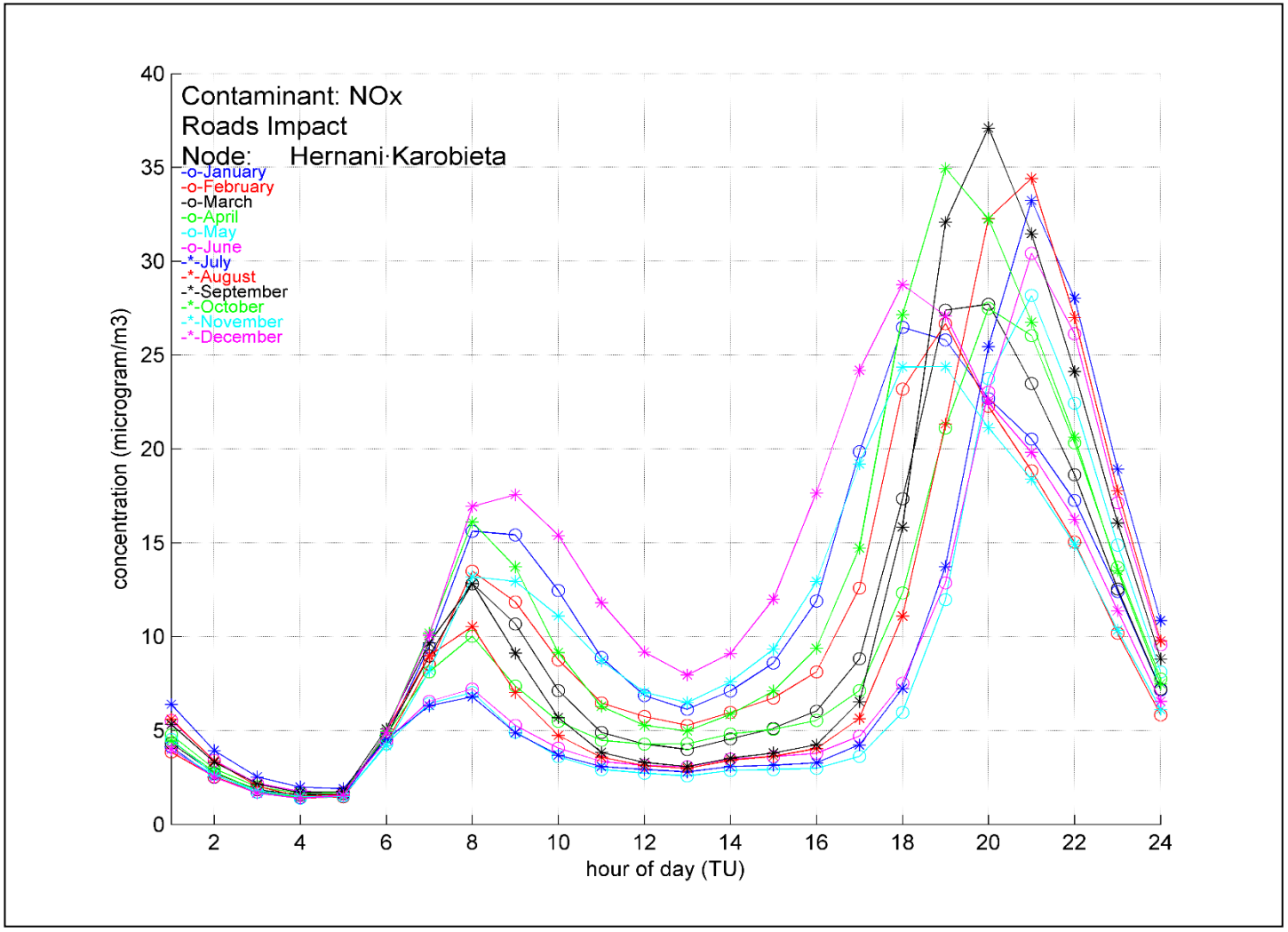



Figura 63. Niveles de inmisión de NOx generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Karobieta

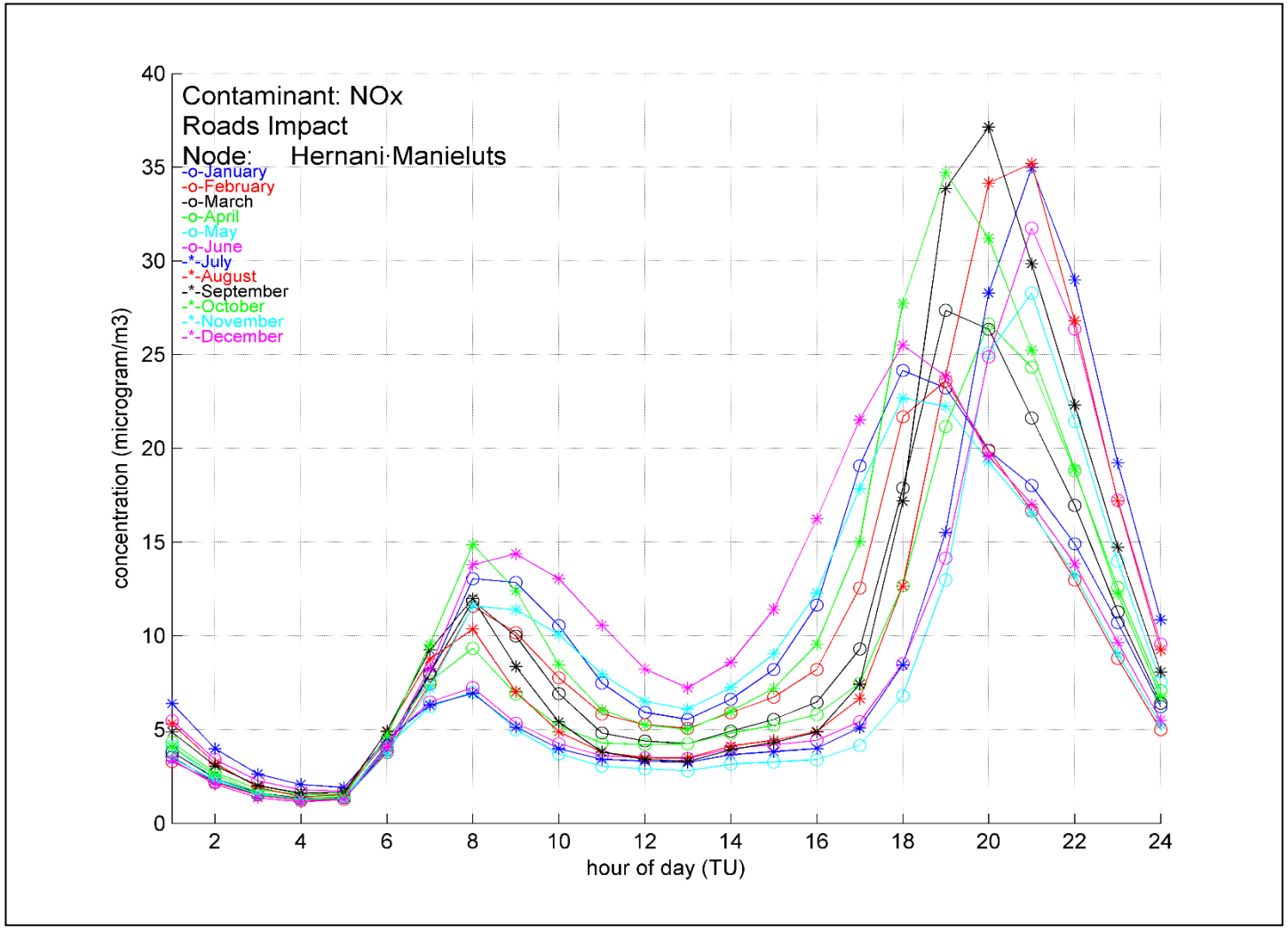



Figura 64. Niveles de inmisión de NOx generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Manieluts

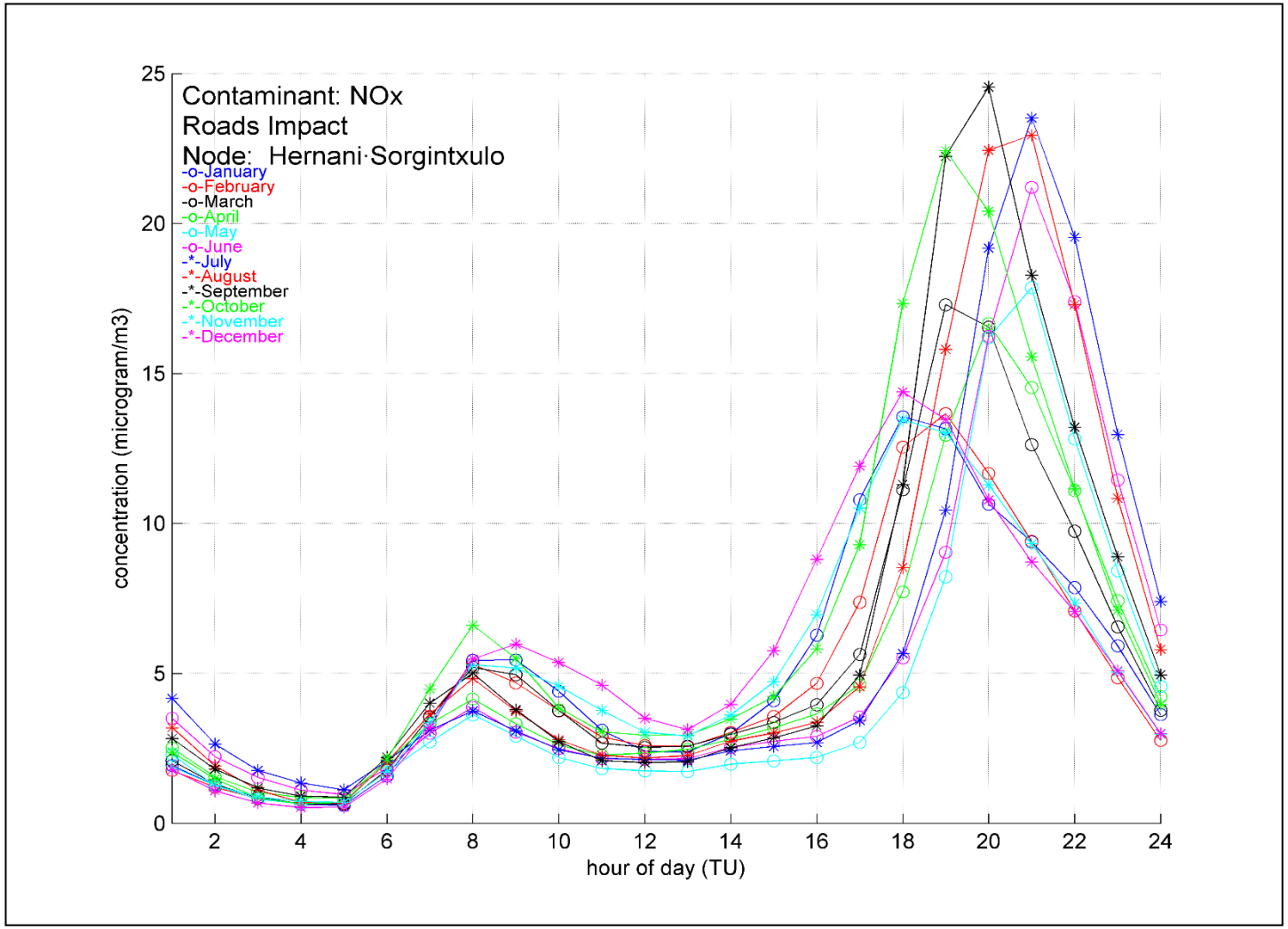



Figura 65. Niveles de inmisión de NOx generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Sorgintxulo

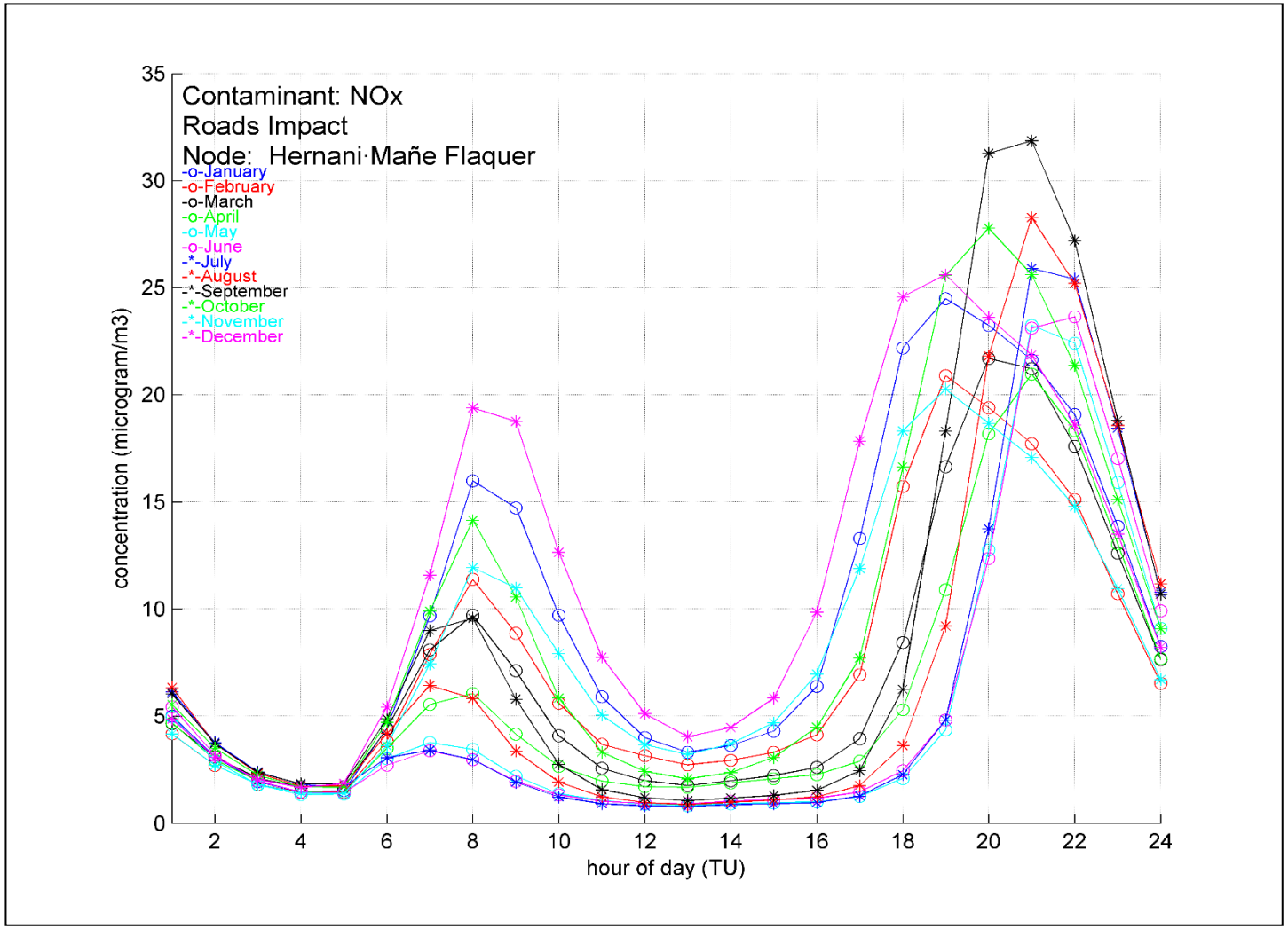



Figura 66. Niveles de inmisión de NOx generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Mañe Flaquer

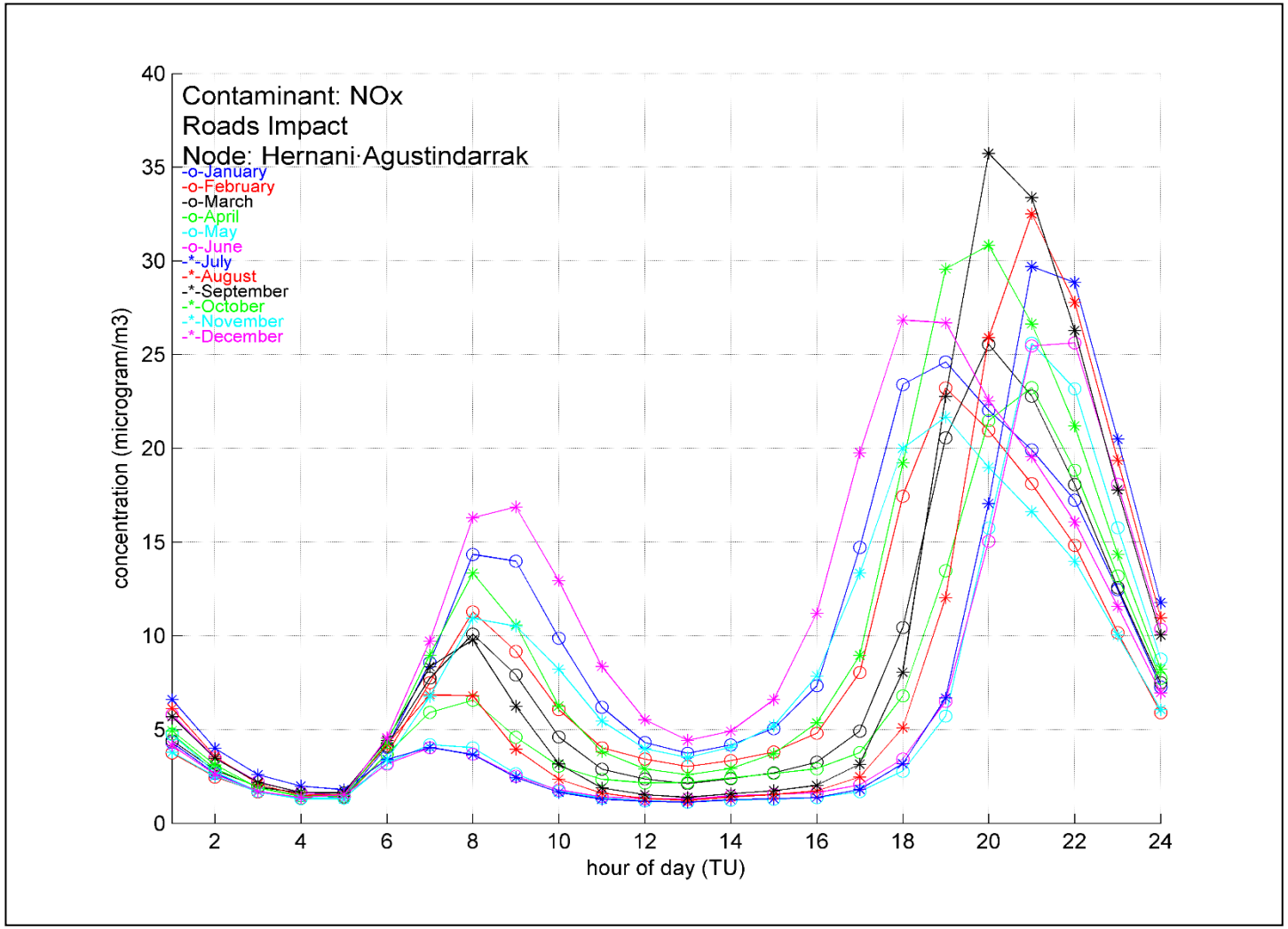



Figura 67. Niveles de inmisión de NOx generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Agustindarrak

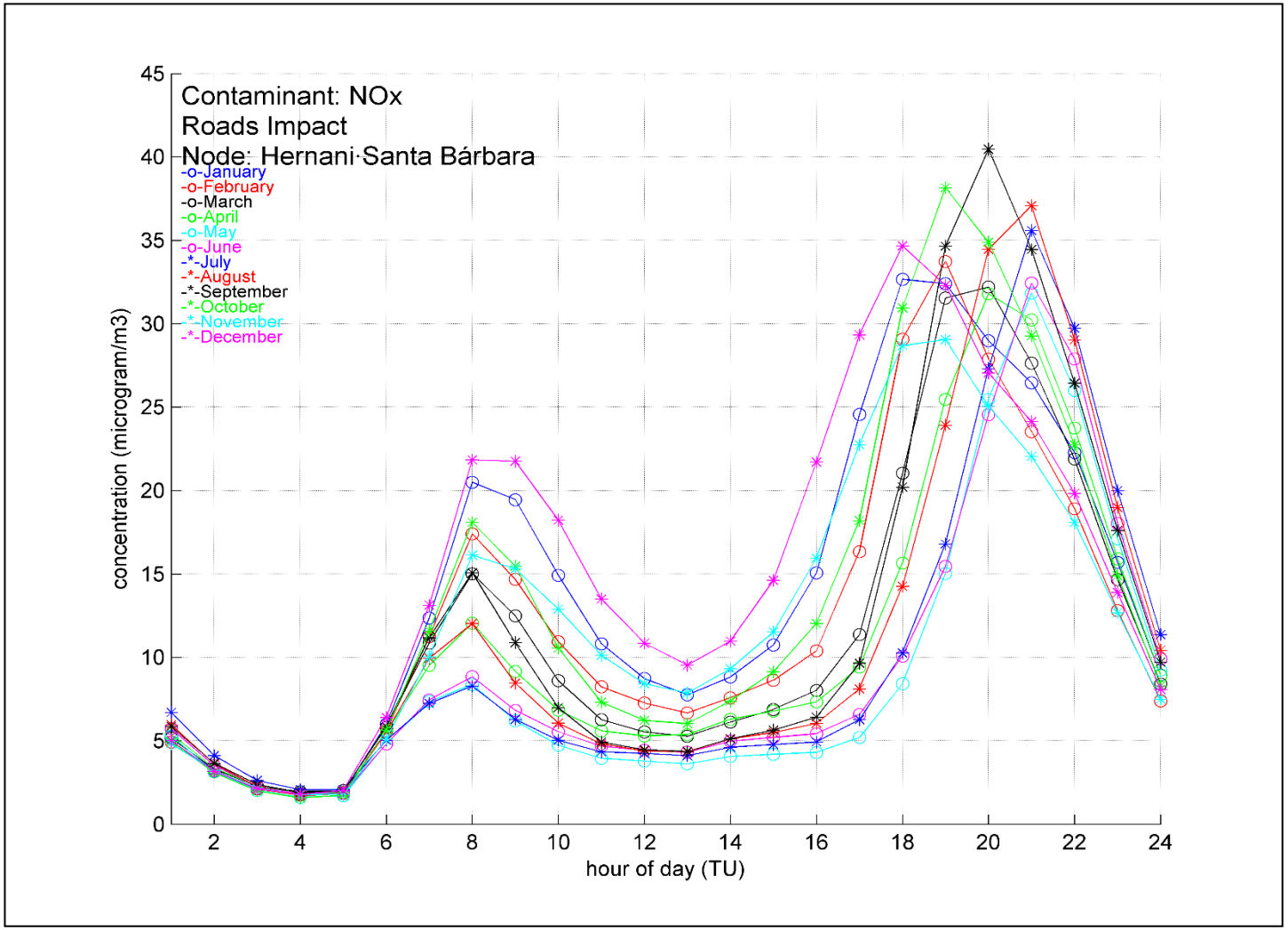



Figura 68. Niveles de inmisión de NOx generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Santa Bárbara

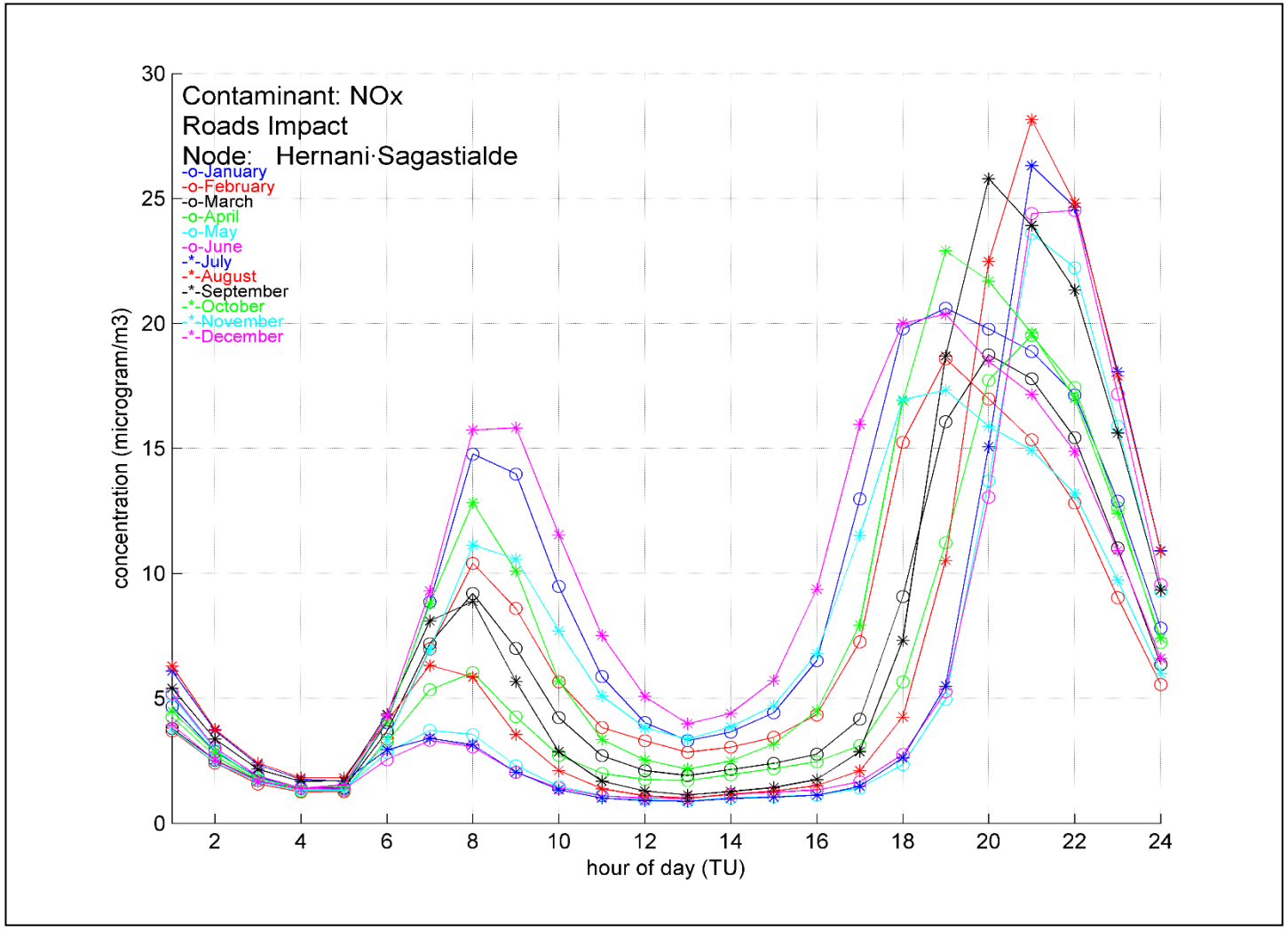



Figura 69. Niveles de inmisión de NOx generados por los ejes viarios considerados en un receptor situado en Sagastialde

### 4.2.5. Evolución horaria de los niveles de inmisión promedio anual de $PM_{10}$, $PM_{2,5}$, $NO_2$ y NOx: Comparativa entre receptores

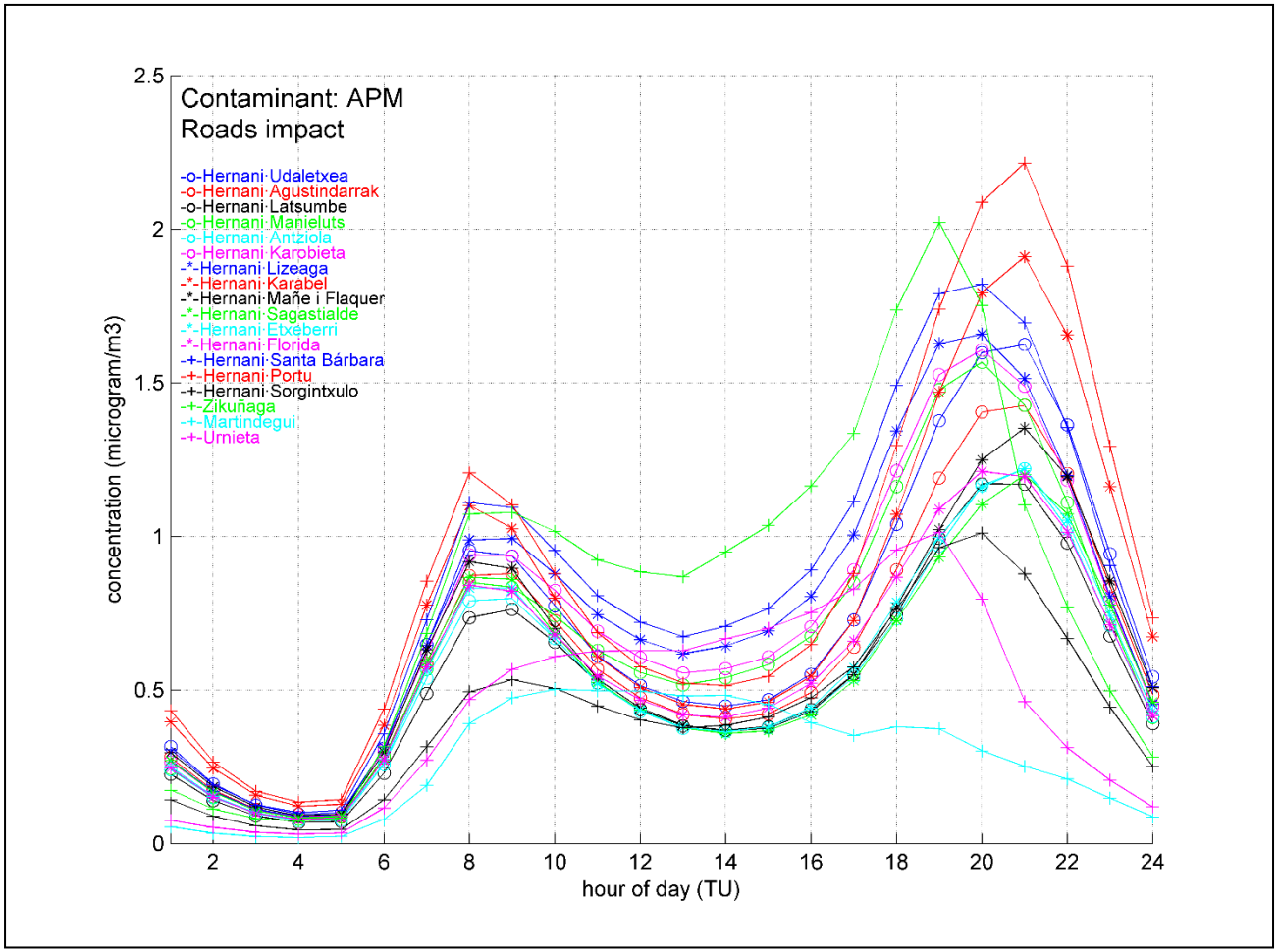



Figura 70. Niveles de inmisión promedio anual de $PM_{10}$ generados por los ejes viarios considerados en los diferentes receptores

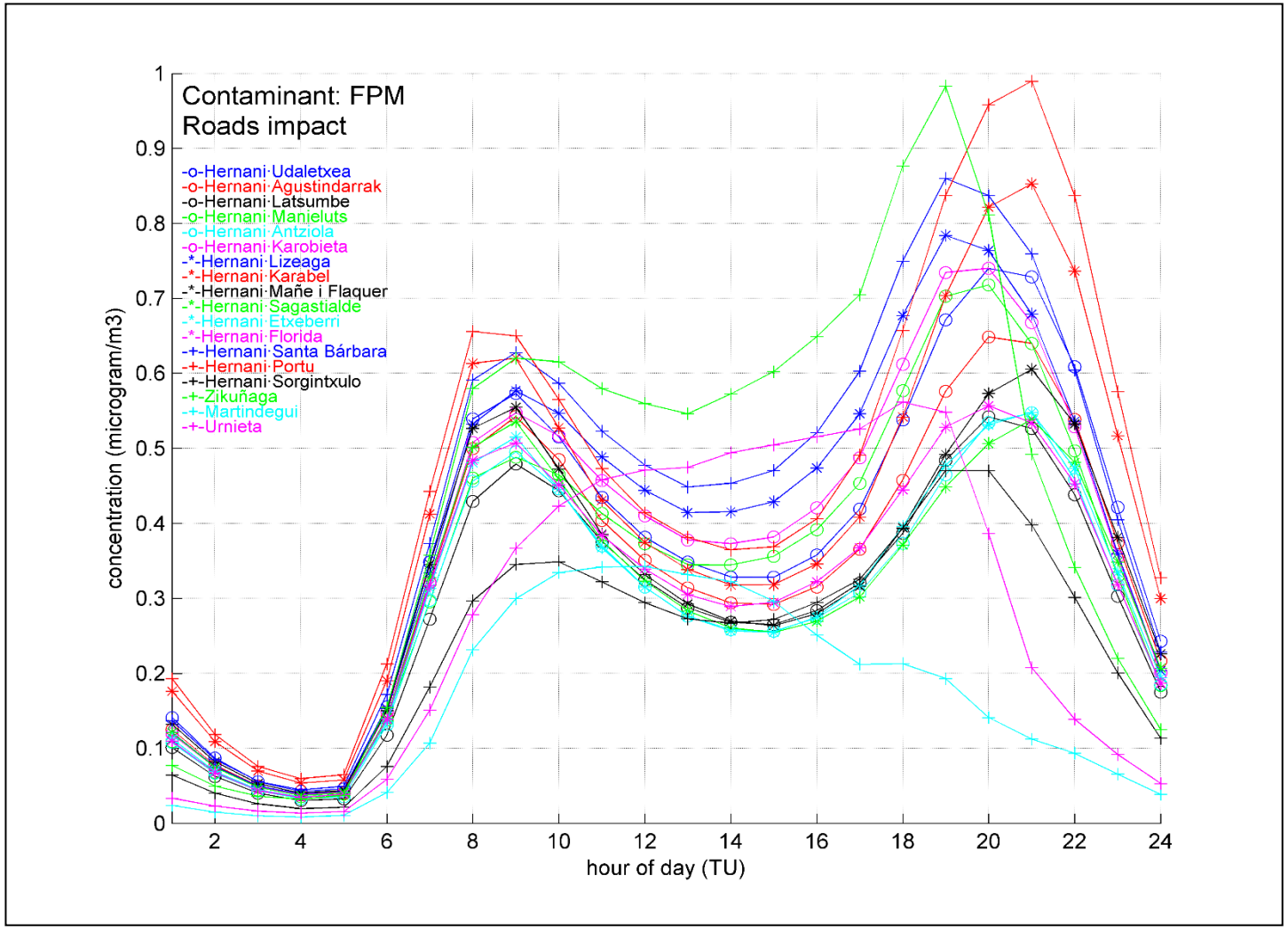



Figura 71. Niveles de inmisión promedio anual de $PM_{2,5}$ generados por los ejes viarios considerados en los diferentes receptores

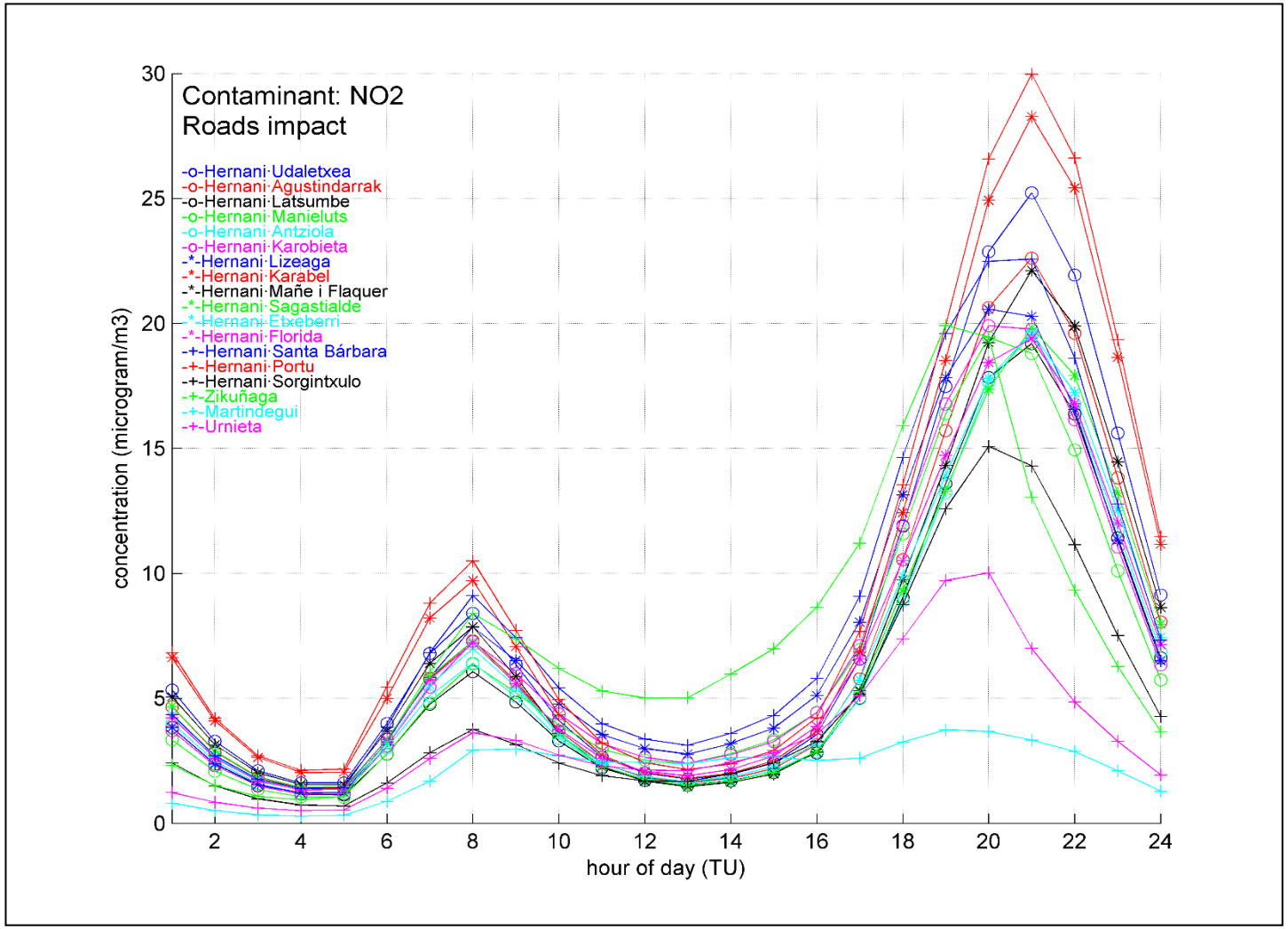



Figura 72. Niveles de inmisión promedio anual de $NO_2$ generados por los ejes viarios considerados en los diferentes receptores

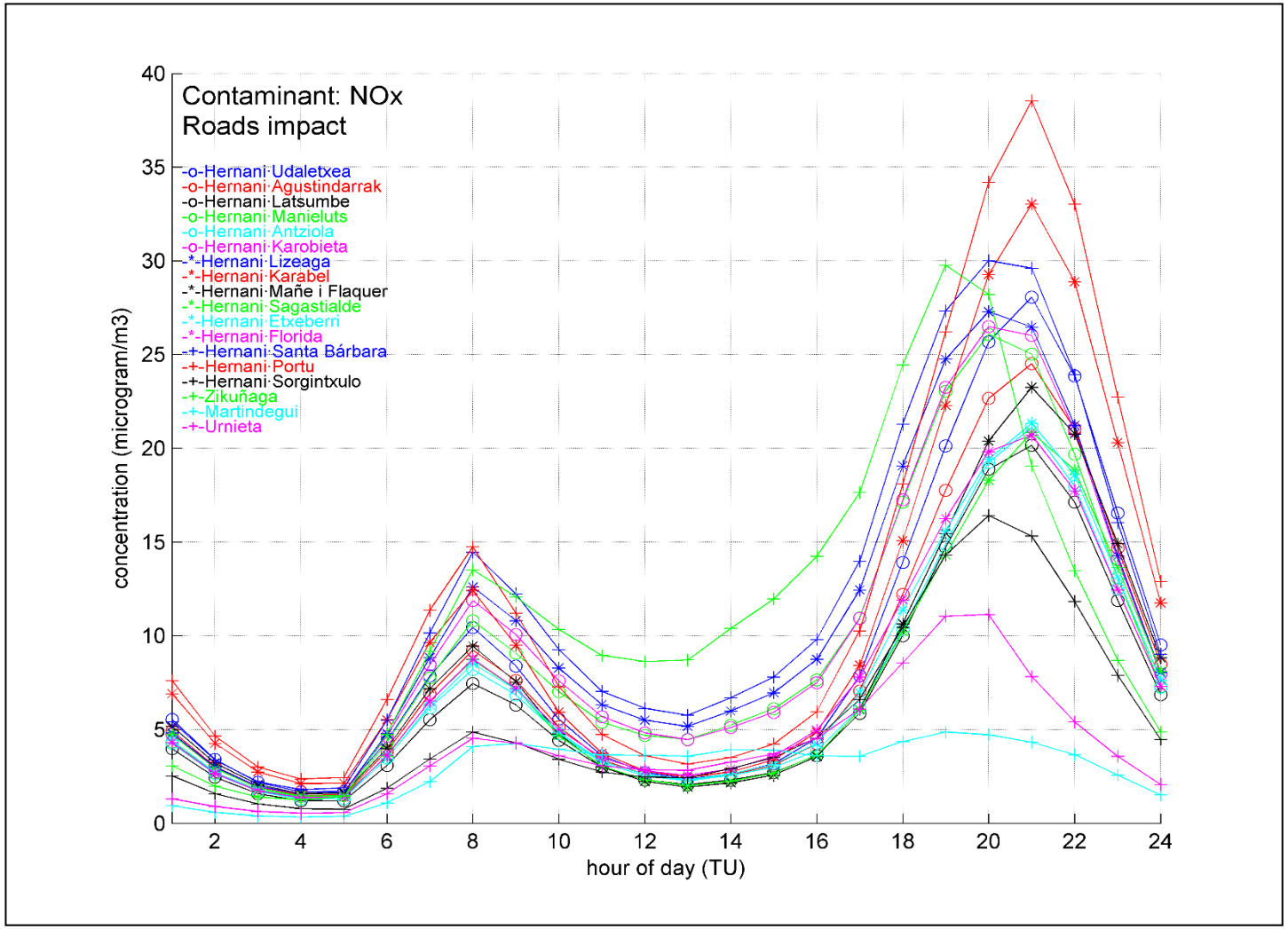



Figura 73. Niveles de inmisión promedio anual de NOx generados por los ejes viarios considerados en los diferentes receptores

En las tablas 2 y 3 se especifican los valores máximos horarios de los niveles de inmisión de $PM_{10}$, $PM_{2,5}$, $NO_2$ y NOx junto con los períodos mensuales donde se registran estos valores para los distintos receptores considerados.

Tabla 2. Niveles de inmisión máximos horarios de $PM_{10}$ y $PM_{2,5}$

| RECEPTOR | MES | $PM_{10}$ ($\mu g/m^3$) | MES | $PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$) |
|---|---|---|---|---|
| ZIKUÑAGA | AGOSTO | 4,0 | AGOSTO | 2,1 |
| | JUNIO | 3,7 | JUNIO | 1,9 |
| | JULIO | 3,7 | JULIO | 1,8 |
| PORTU | SEPTIEMBRE | 3,1 | SEPTIEMBRE | 1,4 |
| | AGOSTO | 3,0 | AGOSTO | 1,3 |
| | OCTUBRE | 2,6 | OCTUBRE | 1,2 |
| FLORIDA | AGOSTO | 1,8 | AGOSTO | 1,0 |
| | JULIO | 1,7 | JULIO | 0,8 |
| | SEPTIEMBRE | 1,6 | SEPTIEMBRE | 0,7 |
| KARABEL | SEPTIEMBRE | 2,7 | SEPTIEMBRE | 1,2 |
| | AGOSTO | 2,5 | AGOSTO | 1,1 |
| | OCTUBRE | 2,3 | OCTUBRE | 1,0 |
| LIZEAGA | SEPTIEMBRE | 2,3 | AGOSTO | 1,1 |
| | AGOSTO | 2,2 | SEPTIEMBRE | 1,0 |
| | OCTUBRE | 2,1 | JULIOL | 0,9 |
| ANTZIOLA | SEPTIEMBRE | 1,8 | SEPTIEMBRE | 0,8 |
| | JULIO | 1,7 | JULIO | 0,8 |
| | AGOSTO | 1,7 | AGOSTO | 0,8 |
| LATSUMBE | SEPTIEMBRE | 1,7 | SEPTIEMBRE | 0,8 |
| | AGOSTO | 1,6 | AGOSTO | 0,8 |
| | JULIO | 1,6 | JULIO | 0,7 |
| ETXEBERRI | AGOSTO | 1,8 | AGOSTO | 0,9 |
| | JULIO | 1,7 | OCTUBRE | 0,8 |
| | JUNIO | 1,6 | JULIO | 0,8 |
| KAROBIETA | SEPTIEMBRE | 2,2 | AGOSTO | 1,0 |
| | AGOSTO | 2,1 | SEPTIEMBRE | 1,0 |
| | OCTUBRE | 2,0 | OCTUBRE | 0,9 |
| MANIELUTS | AGOSTO | 2,2 | AGOSTO | 1,0 |
| | SEPTIEMBRE | 2,2 | SEPTIEMBRE | 1,0 |
| | JULIO | 2,1 | JULIO | 0,9 |
| SORGINTXULO | AGOSTO | 1,4 | AGOSTO | 0,8 |
| | SEPTIEMBRE | 1,4 | JULIO | 0,7 |
| | JULIO | 1,3 | SEPTIEMBRE | 0,6 |
| MAÑE FLAQUER | SEPTIEMBRE | 1,9 | AGOSTO | 0,9 |
| | AGOSTO | 1,7 | SEPTIEMBRE | 0,9 |
| | OCTUBRE | 1,6 | OCTUBRE | 0,8 |
| AGUSTINDARRAK | SEPTIEMBRE | 2,2 | SEPTIEMBRE | 0,9 |
| | AGOSTO | 2,0 | AGOSTO | 0,9 |
| | OCTUBRE | 1,8 | JULIO | 0,8 |
| SANTA BÁRBARA | SEPTIEMBRE | 2,3 | AGOSTO | 1,2 |

Tabla 2 (Cont.) Niveles de inmisión máximos horarios de $PM_{10}$ y $PM_{2,5}$

| RECEPTOR | MES | $PM_{10}$ ($\mu g/m^3$) | MES | $PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$) |
|---|---|---|---|---|
| SANTA BÁRBARA | AGOSTO | 2,3 | SEPTIEMBRE | 1,1 |
| | OCTUBRE | 2,3 | OCTUBRE | 1,0 |
| SAGASTIALDE | AGOSTO | 1,6 | AGOSTO | 0,9 |
| | OCTUBRE | 1,6 | OCTUBRE | 0,8 |
| | SEPTIEMBRE | 1,5 | SEPTIEMBRE | 0,8 |

Tabla 3. Niveles de inmisión máximos horarios de $NO_2$ y NOx

| RECEPTOR | MES | $NO_2$ ($\mu g/m^3$) | MES | NOx ($\mu g/m^3$) |
|---|---|---|---|---|
| ZIKUÑAGA | JULIO | 38 | JULIO | 55 |
| | JUNIO | 38 | JUNIO | 54 |
| | AGOSTO | 36 | AGOSTO | 51 |
| PORTU | SEPTIEMBRE | 42 | SEPTIEMBRE | 53 |
| | AGOSTO | 40 | AGOSTO | 51 |
| | OCTUBRE | 35 | OCTUBRE | 45 |
| FLORIDA | AGOSTO | 27 | AGOSTO | 29 |
| | JULIO | 27 | JULIO | 29 |
| | JUNIO | 26 | JUNIO | 27 |
| KARABEL | SEPTIEMBRE | 40 | SEPTIEMBRE | 47 |
| | AGOSTO | 38 | AGOSTO | 44 |
| | OCTUBRE | 34 | OCTUBRE | 40 |
| LIZEAGA | SEPTIEMBRE | 29 | SEPTIEMBRE | 37 |
| | OCTUBRE | 28 | OCTUBRE | 35 |
| | AGOSTO | 27 | AGOSTO | 34 |
| ANTZIOLA | SEPTIEMBRE | 27 | SEPTIEMBRE | 31 |
| | AGOSTO | 27 | AGOSTO | 29 |
| | JULIO | 27 | JULIO | 29 |
| LATSUMBE | SEPTIEMBRE | 28 | SEPTIEMBRE | 30 |
| | AGOSTO | 27 | AGOSTO | 28 |
| | JULIO | 25 | JULIO | 26 |
| ETXEBERRI | AGOSTO | 28 | AGOSTO | 31 |
| | JULIO | 27 | JULIO | 30 |
| | SEPTIEMBRE | 25 | JUNIO | 28 |
| KAROBIETA | SEPTIEMBRE | 29 | SEPTIEMBRE | 37 |
| | AGOSTO | 27 | OCTUBRE | 35 |
| | OCTUBRE | 27 | AGOSTO | 34 |
| MANIELUTS | SEPTIEMBRE | 29 | SEPTIEMBRE | 37 |
| | AGOSTO | 27 | AGOSTO | 35 |
| | JULIO | 27 | JULIO | 35 |
| SORGINTXULO | SEPTIEMBRE | 24 | SEPTIEMBRE | 25 |
| | JULIO | 23 | JULIO | 24 |
| | AGOSTO | 22 | AGOSTO | 24 |
| MAÑE FLAQUER | SEPTIEMBRE | 30 | SEPTIEMBRE | 32 |
| | AGOSTO | 27 | AGOSTO | 28 |
| | OCTUBRE | 26 | OCTUBRE | 27 |

Tabla 3 (Cont.) Niveles de inmisión máximos horarios de $NO_2$ y NOx

| RECEPTOR | MES | $NO_2$ ($\mu g/m^3$) | MES | NOx ($\mu g/m^3$) |
|---|---|---|---|---|
| MAÑE FLAQUER | SEPTIEMBRE | 30 | SEPTIEMBRE | 32 |
| | AGOSTO | 27 | SEPTIEMBRE | 28 |
| | OCTUBRE | 26 | OCTUBRE | 27 |
| AGUSTINDARRAK | SEPTIEMBRE | 33 | SEPTIEMBRE | 36 |
| | AGOSTO | 30 | AGOSTO | 33 |
| | OCTUBRE | 28 | OCTUBRE | 31 |
| SANTA BÁRBARA | SEPTIEMBRE | 32 | SEPTIEMBRE | 40 |
| | OCTUBRE | 30 | OCTUBRE | 38 |
| | AGOSTO | 30 | AGOSTO | 36 |
| SAGASTIALDE | AGOSTO | 27 | AGOSTO | 28 |
| | JULIO | 25 | JULIO | 26 |
| | SEPTIEMBRE | 25 | SEPTIEMBRE | 26 |

En la tabla 4 se relacionan los valores mínimos y máximos (promedio anual) de concentraciones de los niveles de inmisión de $PM_{10}$, $PM_{2,5}$, $NO_2$ y NOx generados por el tráfico viario correspondiente a las vías de comunicación consideradas sobre el total de los receptores.

Tabla 4. Valores de niveles de inmisión mínimos y máximos promedio anual generados por el tráfico rodado (vías de comunicación consideradas) sobre el total de los receptores situados en Hernani

| CONTAMINANTE | INTERVALO VALORES MÍNIMOS | FRANJA HORARIA | INTERVALO VALORES MÀXIMOS | FRANJA HORARIA |
|---|---|---|---|---|
| | ($\mu g/m^3$) | (h) | ($\mu g/m^3$) | (h) |
| $PM_{10}$ | 0,1 a 0,2 | 4:00 a 5:00 | 1,0 a 2,3 | 19:00 a 22:00 |
| $PM_{2,5}$ | 0,02 a 0,05 | 4:00 a 5:00 | 0,5 a 1,0 | 19:00 a 22:00 |
| $NO_2$ | 0,5 a 2,5 | 4:00 a 5:00 | 15 a 30 | 20:00 a 21:00 |
| NOx | 0,5 a 2,5 | 4:00 a 5:00 | 17 a 38 | 20:00 a 21:00 |

## 5. CRITERIOS DE CALIDAD DEL AIRE. NIVELES DE INMISIÓN

Los criterios de calidad del aire actuales son los especificados en el RD 102/2011 modificado por el RD 39/2017.

| Contaminante | Concentración media en treinta minutos, que no debe superarse | Concentración media en veinticuatro horas, que no debe superarse |
|---|---|---|
| Cloro molecular | 300 $\mu g/m^3$ | 50 $\mu g/m^3$ |
| Cloruro de hidrógeno | 300 $\mu g/m^3$ | 50 $\mu g/m^3$ |
| Compuestos de flúor | 60 $\mu g/m^3$ | 20 $\mu g/m^3$ |
| Fluoruro de hidrógeno | 30 $\mu g/m^3$ | 10 $\mu g/m^3$ |
| Sulfuro de hidrógeno | 100 $\mu g/m^3$ | 40 $\mu g/m^3$ |
| Sulfuro de carbono | 30 $\mu g/m^3$ | 10 $\mu g/m^3$ |

| | Período de promedio | Valor límite | Margen de tolerancia | Fecha de cumplimiento del valor límite |
|---|---|---|---|---|
| 1. Valor límite horario. | 1 hora. | 200 µg/m³ de $NO_2$ que no podrán superarse en más de 18 ocasiones por año civil. | 50 % a 19 de julio de 1999, valor que se reducirá el 1 de enero de 2001 y, en lo sucesivo, cada 12 meses, en porcentajes anuales idénticos, hasta alcanzar un 0 % el 1 de enero de 2010.<br>50 % en las zonas y aglomeraciones en las que se haya concedido una prórroga de acuerdo con el artículo 23. | Debe alcanzarse el 1 de enero de 2010. |

| | Período de promedio | Valor límite | Margen de tolerancia | Fecha de cumplimiento del valor límite |
|---|---|---|---|---|
| 2. Valor límite anual. | 1 año civil. | 40 µg/m³ de $NO_2$ | 50 % a 19 de julio de 1999, valor que se reducirá el 1 de enero de 2001 y, en lo sucesivo, cada 12 meses, en porcentajes anuales idénticos, hasta alcanzar un 0 % el 1 de enero de 2010.<br>50 % en las zonas y aglomeraciones en las que se haya concedido una prórroga de acuerdo con el artículo 23. | Debe alcanzarse el 1 de enero de 2010. |
| 3. Nivel crítico (1). | 1 año civil. | 30 µg/m³ de NOx (expresado como $NO_2$). | Ninguno. | En vigor desde el 11 de junio de 2008. |

(1) Para la aplicación de este nivel crítico solo se tomarán en consideración los datos obtenidos en las estaciones de medición definidas en el apartado II.b del anexo III.

II. Umbral de alerta del dióxido de nitrógeno

El valor correspondiente al umbral de alerta del dióxido de nitrógeno se sitúa en 400 µg/m³. Se considerará superado cuando durante tres horas consecutivas se exceda dicho valor cada hora en lugares representativos de la calidad del aire en un área de, como mínimo, 100 km² o en una zona o aglomeración entera, tomando la superficie que sea menor.

C. *Valores límite de las partículas PM10 en condiciones ambientales para la protección de la salud*

| | Período de promedio | Valor límite | Margen de tolerancia | Fecha de cumplimiento del valor límite |
|---|---|---|---|---|
| 1. Valor límite diario. | 24 horas. | 50 µg/m³, que no podrán superarse en más de 35 ocasiones por año. | 50% (1). | En vigor desde el 1 de enero de 2005 (2). |
| 2. Valor límite anual. | 1 año civil. | 40 µg/m³ | 20% (1). | En vigor desde el 1 de enero de 2005 (2). |

D. *Valores objetivo y límite de las partículas PM2,5 en condiciones ambientales para la protección de la salud*

| | Período de promedio | Valor | Margen de tolerancia | Fecha de cumplimiento del valor límite |
|---|---|---|---|---|
| Valor objetivo anual. | 1 año civil. | 25 µg/m³ | – | En vigor desde el 1 de enero de 2010. |
| Valor límite anual (fase I). | 1 año civil. | 25 µg/m³ | 20% el 11 de junio de 2008, que se reducirá el 1 de enero siguiente y, en lo sucesivo, cada 12 meses, en porcentajes idénticos anuales hasta alcanzar un 0% el 1 de enero de 2015, estableciéndose los siguientes valores: 5 µg/m³ en 2008; 4 µg/m³ en 2009 y 2010; 3 µg/m³ en 2011; 2 µg/m³ en 2012; 1 µg/m³ en 2013 y 2014 | 1 de enero de 2015. |

| | Período de promedio | Valor | Margen de tolerancia | Fecha de cumplimiento del valor límite |
|---|---|---|---|---|
| Valor límite anual (fase II) (1). | 1 año civil. | 20 µg/m³ | – | 1 de enero de 2020. |

(1) Valor límite indicativo que deberá ratificarse como valor límite en 2013 a la luz de una mayor información acerca de los efectos sobre la salud y el medio ambiente, la viabilidad técnica y la experiencia obtenida con el valor objetivo en los Estados Miembros de la Unión Europea.

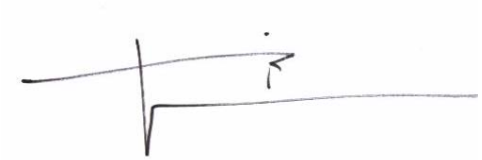
## 6. CONCLUSIONES

Las conclusiones que se derivan de los resultados obtenidos en la modelización del impacto de las emisiones de $PM_{10}$, $PM_{2,5}$, $NO_2$ y NOx, generadas en las vías principales de comunicación más próximas a el área urbana de Hernani, son las siguientes:

a) Los receptores que presentan un impacto máximo horario de $PM_{10}$, $PM_{2,5}$, $NO_2$ y NOx son los situados en Zicuñaga, Portu y Karabel con valores de inmisión de 4,0, 3,5 y 2,7 µg/m³; 2,1, 1,35 y 1,2 µg/m³; 38,0, 41,5 y 39,7 µg/m³, 54,5, 52,5 y 47 µg/m³ respectivamente.
b) El período horario con mayor impacto de las vías de comunicación consideradas sobre los receptores situados en el área urbana de Hernani se sitúa entre las 19:00 y 21:00 horas.
c) Los valores promedio anuales de niveles de inmisión anuales de $NO_2$ generados por las vías de comunicación consideradas se sitúan entre los 6 a 7 µg/m³ en la mayoría de los receptores situados en el área urbana de Hernani. En receptores más cercanos a la A-15 (Portu) los valores se sitúan entre los 8-11 µg/m³.
d) Los valores promedio anuales de niveles de inmisión anuales de NOx generados por las vías de comunicación consideradas se sitúan entre los 8 a 9 µg/m³ en la mayoría de los receptores situados en el área urbana de Hernani. En receptores más cercanos a la A-15 (Portu y Zikuñaga) los valores se sitúan entre los 15-17 µg/m³.

e) En períodos episódicos (nivel máximo horario) las vías de comunicación consideradas generan niveles de inmisión de $NO_2$ en la mayoría de receptores situados en el área urbana de Hernani que pueden alcanzar valores de 100 a 115 μg/m$^3$. En receptores situados en Portu y Zikuñaga los niveles de inmisión de $NO_2$ se sitúan en 120 a 125 μg/m$^3$.

f) En períodos episódicos (nivel máximo horario) las vías de comunicación consideradas generan niveles de inmisión de NOx en la mayoría de receptores situados en el área urbana de Hernani que pueden alcanzar valores de 130 a 170 μg/m$^3$.En receptores situados en Portu y Zikuñaga de 212 a 230 μg/m$^3$.



José Francisco Perales
Dr. Ingeniería Industrial UPC



Eva Gallego
Dra. Ciencias Ambientales UAB



F. Javier Roca
Dr. Ingeniería Industrial UPC