

Evaluación de la infraestructura verde de Madrid: hacia una mejora de las políticas municipales para la resiliencia socio-ecológica

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS





Objetivos



OBJETIVO GENERAL

Identificar las políticas y actuaciones encaminadas a la creación y/o transformación de infraestructura verde en el municipio de Madrid entre el año 2015 y 2019 y evaluar su impacto sobre la resiliencia socio-ecológica de la ciudad.

- Identificar políticas, planes y actuaciones del Ayuntamiento de Madrid que implican la creación y/o transformación de infraestructura verde urbana desde el año 2015 hasta la actualidad;
- Realizar una evaluación cualitativa del impacto de las políticas identificadas sobre la resiliencia socio-ecológica del municipio;
- Realizar una modelización y evaluación cuantitativa del impacto de una actuación destacada sobre la resiliencia socio-ecológica del municipio y de los distritos y barrios afectados.

El diagrama ilustra el proceso de evaluación de impacto y la implementación de políticas para la mejora de la infraestructura verde en Madrid. El proceso comienza con tres círculos amarillos a la izquierda: **INFRAESTRUCTURA VERDE**, **RESILIENCIA SOCIO-ECOLÓGICA** y **SERVICIOS ECOSISTÉMICOS**. Estos se conectan mediante líneas punteadas a tres rectángulos azules en la parte superior: **INFRAESTRUCTURA VERDE MADRID**, **21 POLÍTICAS PARA LA MEJORA I.V.** y **620 ACTUACIONES**. Desde **21 POLÍTICAS PARA LA MEJORA I.V.**, una flecha roja gruesa apunta a **620 ACTUACIONES**. Una flecha roja gruesa también apunta desde **620 ACTUACIONES** hacia un grupo de tres rectángulos rojos a la derecha: **EVALUACIÓN IMPACTO S.E. RECREACIÓN**, **EVALUACIÓN IMPACTO S.E. REGULACIÓN** y **EVALUACIÓN BENEFICIARI* S**. Una flecha roja gruesa también apunta desde **620 ACTUACIONES** hacia un rectángulo rojo: **EVALUACIÓN IMPACTO RESILIENCIA**. Una flecha roja gruesa también apunta desde **620 ACTUACIONES** hacia un rectángulo rojo: **EVALUACIÓN BENEFICIARI* S**. A la izquierda de **620 ACTUACIONES** hay un hexágono azul: **CASO DE ESTUDIO RENATURALIZACIÓN RÍO MANZANARES**. Una flecha roja gruesa apunta desde **CASO DE ESTUDIO RENATURALIZACIÓN RÍO MANZANARES** hacia **EVALUACIÓN IMPACTO S.E. RECREACIÓN**. Una flecha roja gruesa también apunta desde **CASO DE ESTUDIO RENATURALIZACIÓN RÍO MANZANARES** hacia **EVALUACIÓN IMPACTO S.E. REGULACIÓN**. Una flecha roja gruesa también apunta desde **CASO DE ESTUDIO RENATURALIZACIÓN RÍO MANZANARES** hacia **EVALUACIÓN BENEFICIARI* S**. Una flecha roja gruesa también apunta desde **CASO DE ESTUDIO RENATURALIZACIÓN RÍO MANZANARES** hacia **EVALUACIÓN IMPACTO RESILIENCIA**. Una flecha roja gruesa también apunta desde **CASO DE ESTUDIO RENATURALIZACIÓN RÍO MANZANARES** hacia **EVALUACIÓN BENEFICIARI* S**. A la derecha de cada uno de los rectángulos rojos hay una lista de actividades de investigación: **ENCUESTAS 400 PP MADRID RÍO** y **TALLERES MAPEO DISTRITOS** para **EVALUACIÓN IMPACTO S.E. RECREACIÓN**; **RECOGIDA DATOS DASOMÉTRICOS IN SITU** y **MODELO i-TREE-ECO** para **EVALUACIÓN IMPACTO S.E. REGULACIÓN**; **CORRELACIONES VARIABLES SOCIO-ECONÓMICAS** para **EVALUACIÓN BENEFICIARI* S**; **ENTREVISTAS AGENTES CLAVE** y **CONSULTA PERSONAS EXPERTAS** para **EVALUACIÓN IMPACTO RESILIENCIA**; y **ÍNDICE DE RESILIENCIA** y **CORRELACIONES VARIABLES SOCIO-ECONÓMICAS** para **EVALUACIÓN BENEFICIARI* S**.



Impacto de las políticas para la mejora de la mejora de la infraestructura verde urbana sobre la resiliencia socio-ecológica del municipio de Madrid

Resultados Parte 1



Objetivos



- DISEÑAR UN **SISTEMA DE INDICADORES** Y UN **ÍNDICE DE RESILIENCIA** PARA EVALUAR LAS POLÍTICAS DE MEJORA DE LA INFRAESTRUCTURA VERDE.
- **EVALUAR EL IMPACTO SOBRE LA RESILIENCIA DE LAS POLÍTICAS DE MEJORA DE LA INFRAESTRUCTURA VERDE** DEL AYUNTAMIENTO DE MADRID, APROBADAS O EJECUTADAS, TOTAL O PARCIALMENTE, ENTRE LOS AÑOS 2015 Y 2019.
- **CONOCER QUIÉNES SON LOS POTENCIALES BENEFICIARIOS DE LAS ACTUACIONES DE DICHAS POLÍTICAS**, DIFERENCIANDO LAS SIGUIENTES VARIABLES SOCIO-ECONÓMICAS: EDAD, NACIONALIDAD, NIVEL DE INGRESOS Y NIVEL EDUCATIVO.



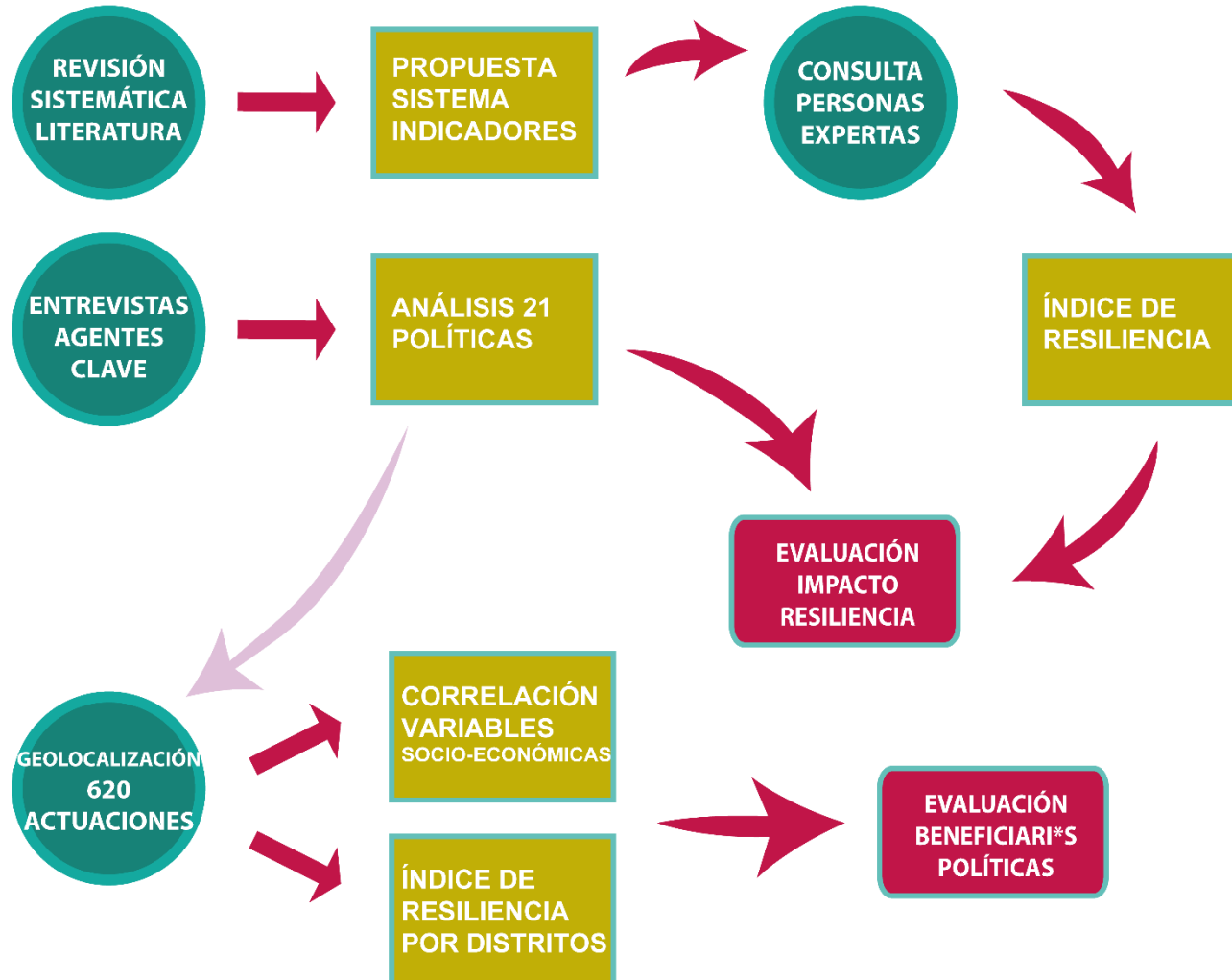
Metodología



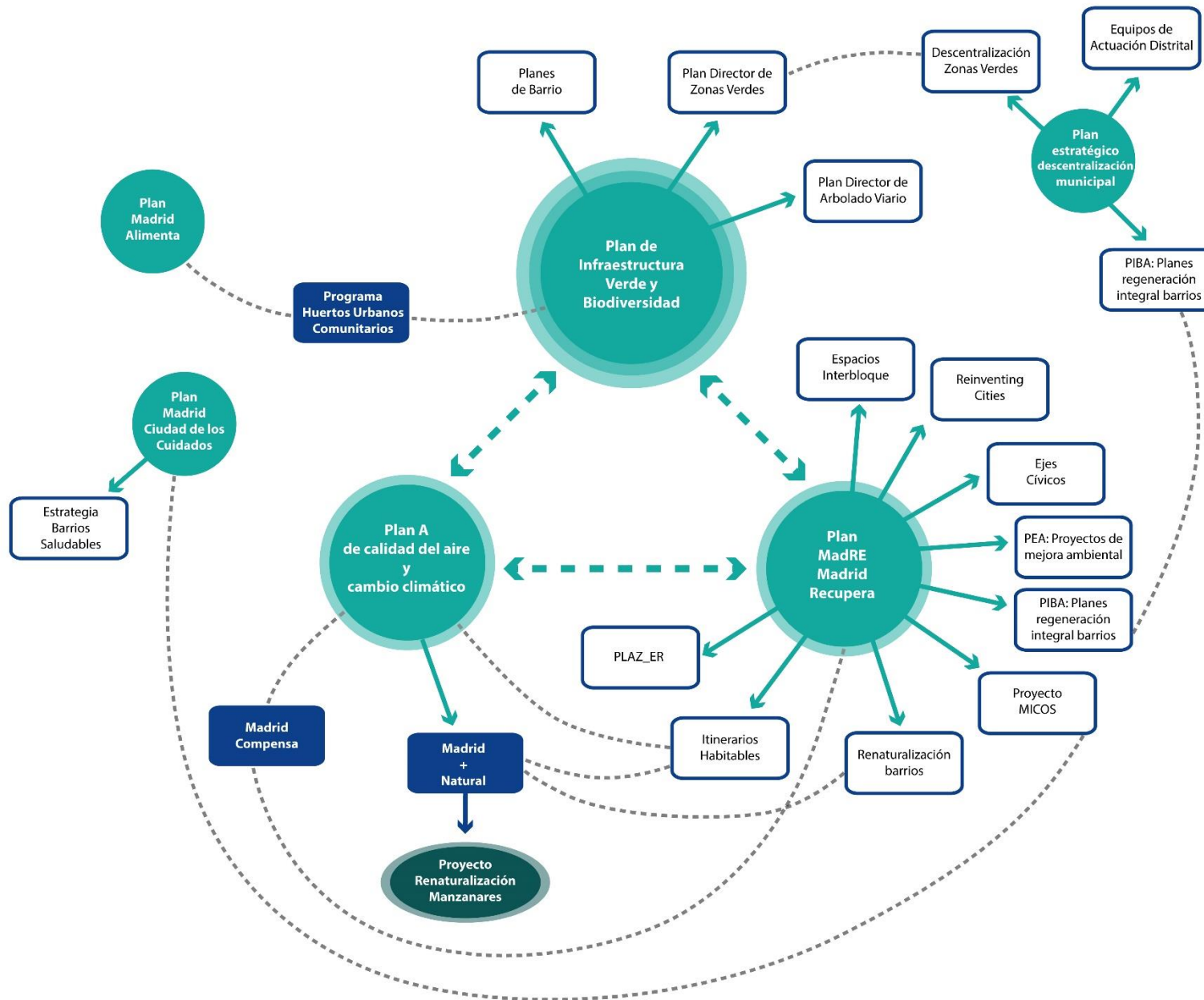
transitando

ecología y educación para una ciudad sostenible

• **PARTE 1:** Evaluación cualitativa del impacto de las políticas identificadas sobre la resiliencia socio-ecológica del municipio.



Marco metodológico



Políticas para la mejora de la infraestructura verde urbana del municipio de Madrid

- Identificación de 21 Políticas
- Entrevistas agentes Clave

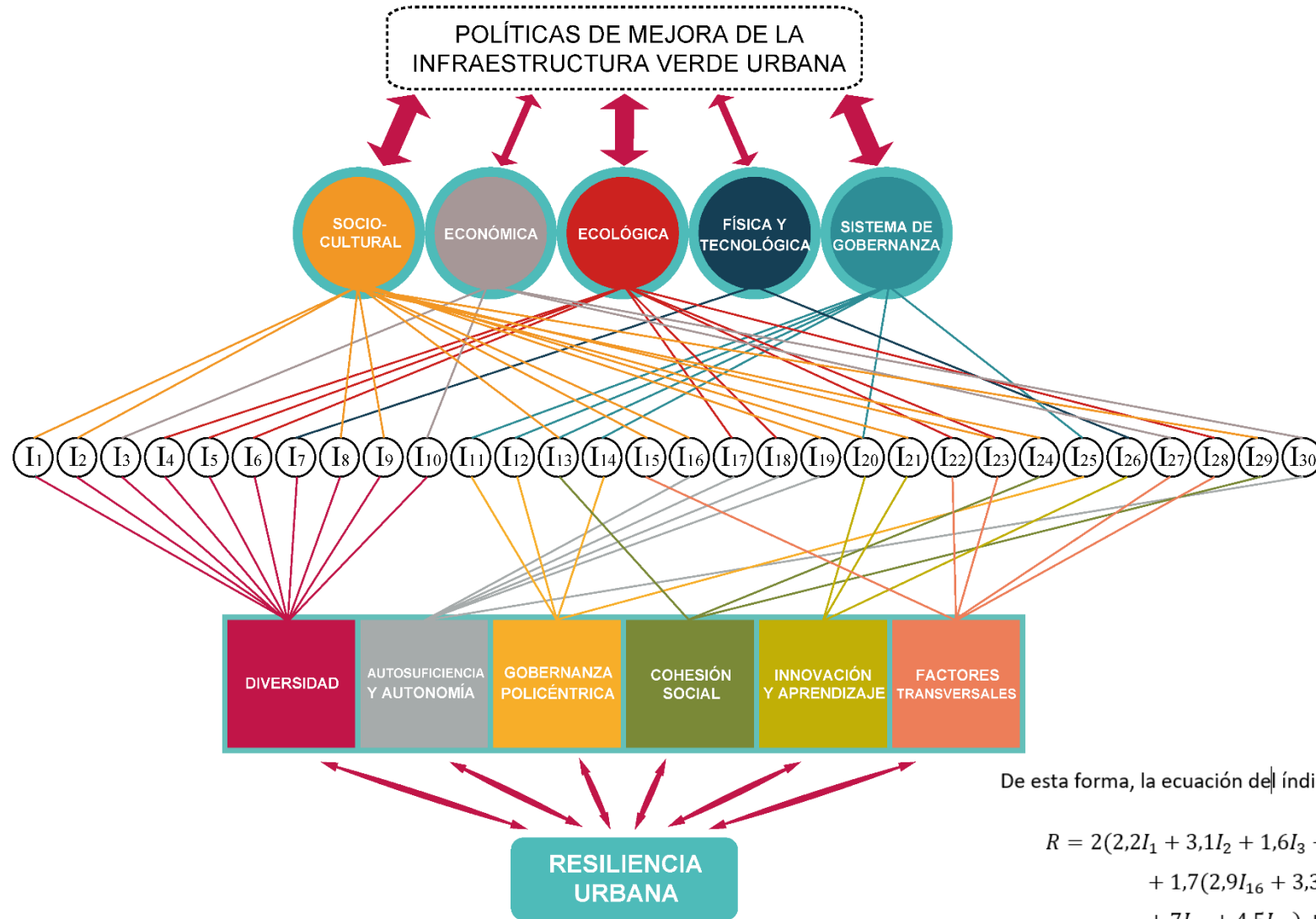


transitando

ecología y educación para una ciudad sostenible

Marco metodológico:

- Índice de resiliencia



De esta forma, la ecuación del índice de resiliencia sería:

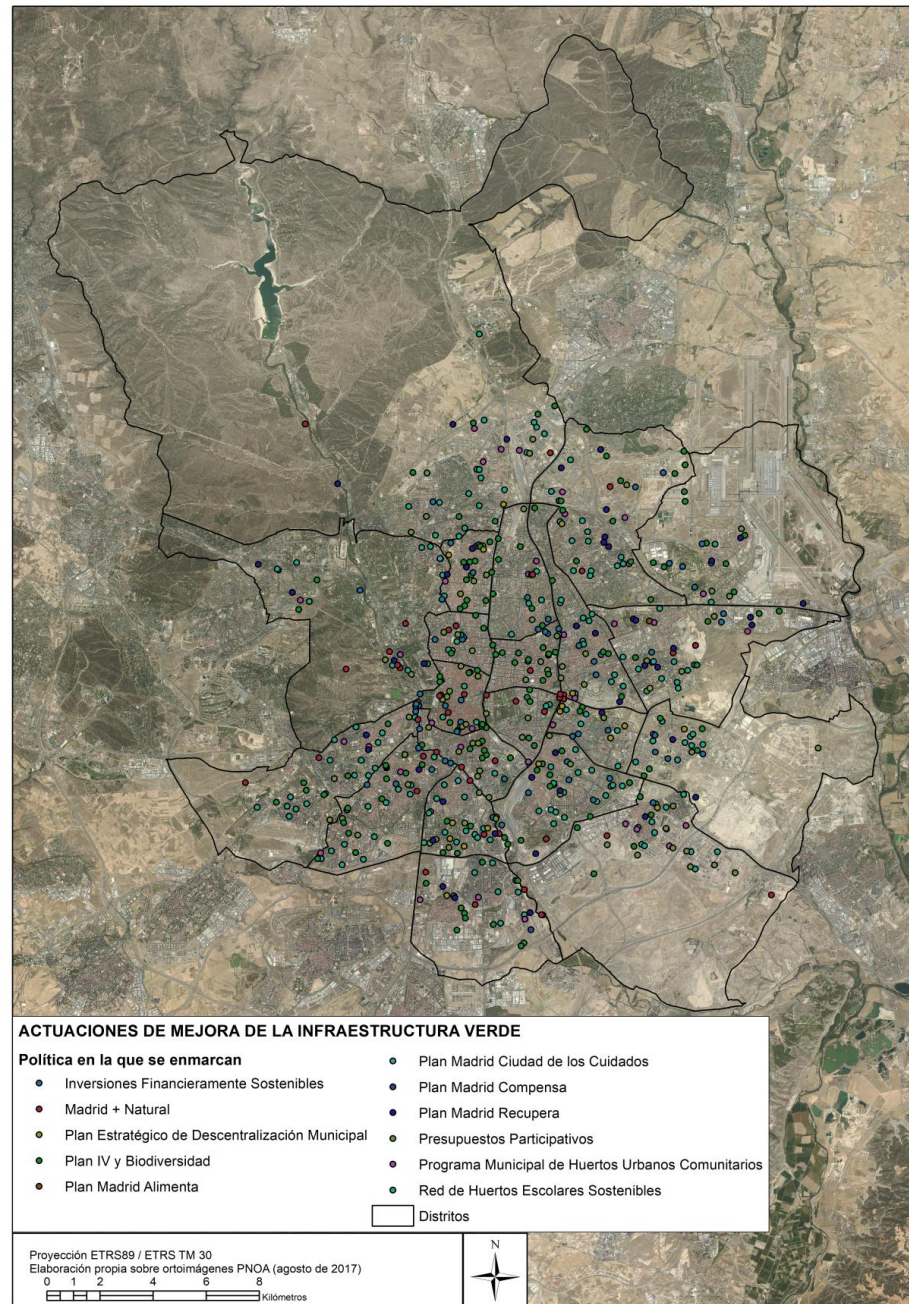
$$R = 2(2,2I_1 + 3,1I_2 + 1,6I_3 + 3,7I_4 + 1,9I_5 + 2I_6 + 1,6I_7 + 1,6I_8 + 1,2I_9 + 1,2I_{10}) \\ + 1,7(2,9I_{16} + 3,3I_{17} + 3,3I_{18} + 2,6I_{19} + 7,9I_{30}) + 1,6(4,3I_{11} + 4,2I_{12} \\ + 7I_{14} + 4,5I_{25}) + 2,1(5,47I_{13} + 10,3I_{24} + 4,3I_{29}) + 1,7(7,6I_{20} + 6,9I_{21} \\ + 5,5I_{26}) + 1,7(2I_{15} + 5,6I_{22} + 4,3I_{23} + 4,7I_{27} + 3,3I_{28})$$

donde R es el índice de resiliencia e I_n es el indicador.



Políticas para la mejora de la infraestructura verde urbana del municipio de Madrid

- Identificación de 620 Actuaciones derivadas
- Geolocalización





Resultados



transitando

ecología y educación para una ciudad sostenible

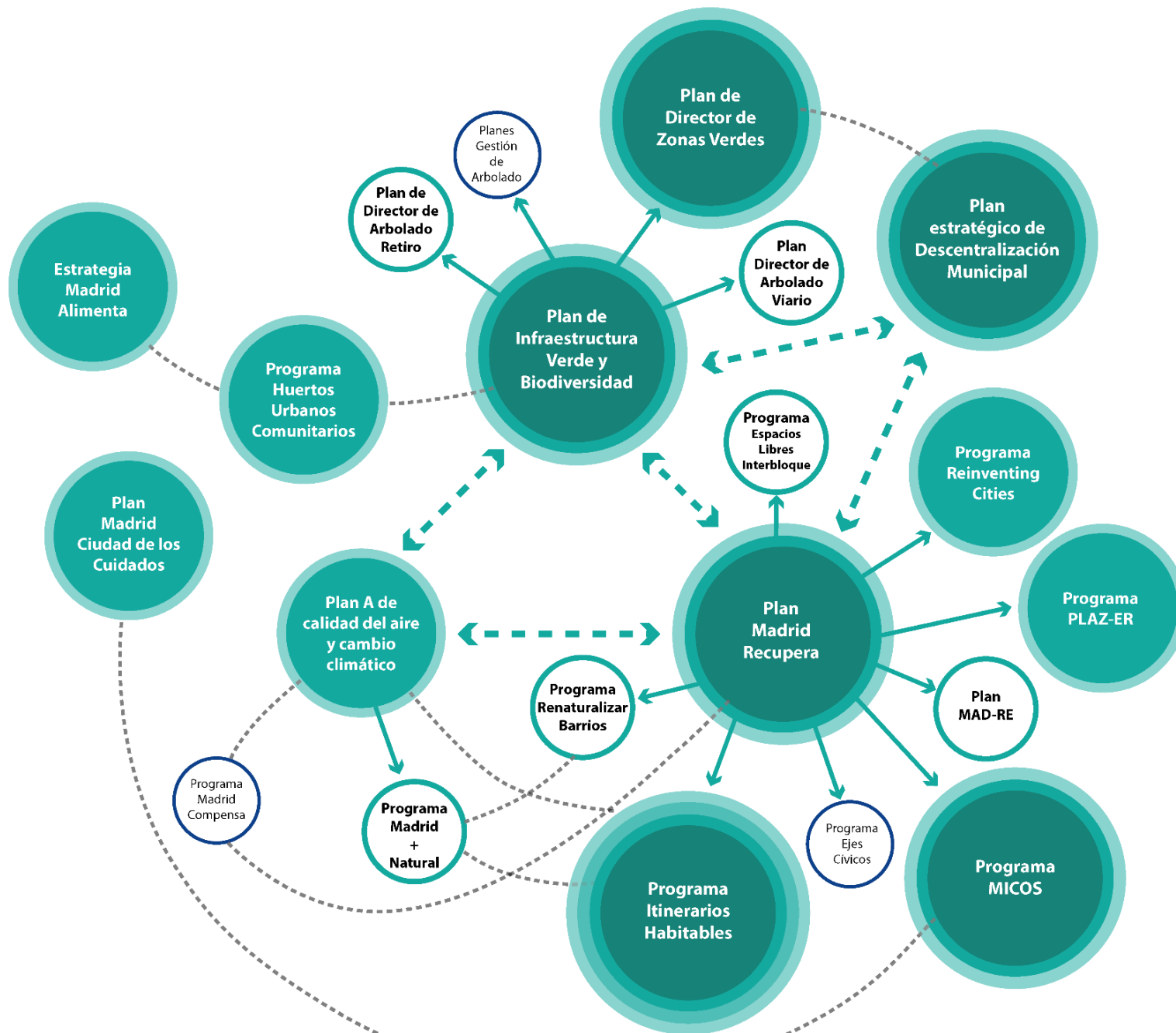
| Políticas | Índice de resiliencia |
|----------------------------------|-----------------------|
| 16 Itinerarios Habitables | 7,5 |
| 11 Descentralización Municipal | 6,8 |
| 13 Programa MICOS | 6,6 |
| 01 Plan IV y Biodiversidad | 6,4 |
| 02 Plan Director ZV | 6,4 |
| 14 Plan Madrid Recupera | 6,1 |
| 09 Madrid Alimenta | 5,6 |
| 20 Reinventing Cities | 5,4 |
| 12 Madrid Ciudad Cuidados | 5,1 |
| 06 Plan A | 5,1 |
| 10 Huertos Urbanos | 4,9 |
| 15 PLAZ-ER | 4,8 |
| 07 Madrid + Natural | 4,4 |
| 19 Espacios Libres Interbloques | 3,4 |
| 03 Plan Director AU | 3,4 |
| 21 Plan MAD-RE | 2,4 |
| 05 Plan Director Arbolado Retiro | 2,2 |
| 18 Renaturalizar Barrios | 2,1 |
| 17 Ejes Cívicos | 1,3 |
| 08 Madrid Compensa | 1,0 |
| 04 Planes gestión arbolado | 0,0 |

• 1. Impacto positivo moderado de las políticas en la resiliencia socio-ecológica.

Resultados evaluación:

- Media Índice de Resiliencia de todas las políticas:
4,32
(escala -10 a 10)

Tabla 5. Índice de resiliencia aplicado a las políticas analizadas. Fuente: Elaboración propia.



Resultados
evaluación:

- Impacto de las políticas

- **1. Impacto positivo moderado de las políticas en la resiliencia socio-ecológica.**

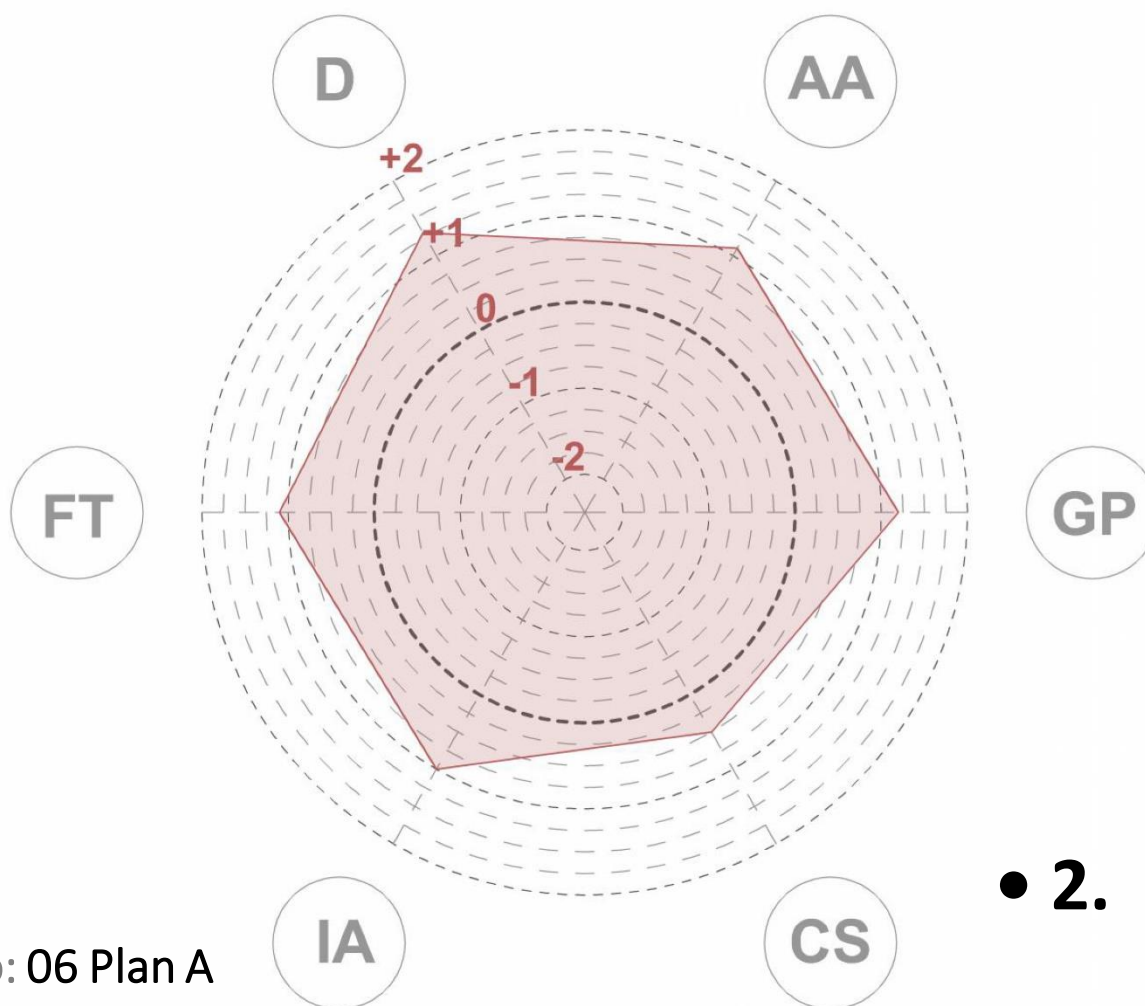


transitando

ecología y educación para una ciudad sostenible

Resultados
evaluación:
• Índice por
factores
(escala -2 a 2)

• 2. Impacto diferente por factores



Ejemplo: 06 Plan A

Resultados
evaluación:
• Índice por
factores
(escala -2 a 2)

• 2. Impacto diferente por factores



• 2. Factores + favorecidos:

- Innovación y Aprendizaje
- Factores transversales

Factores – favorecidos:

- Gobernanza Policéntrica
- Autonomía y Autosuficiencia

Resultados
evaluación:

- Media Índice de Resiliencia por Factores

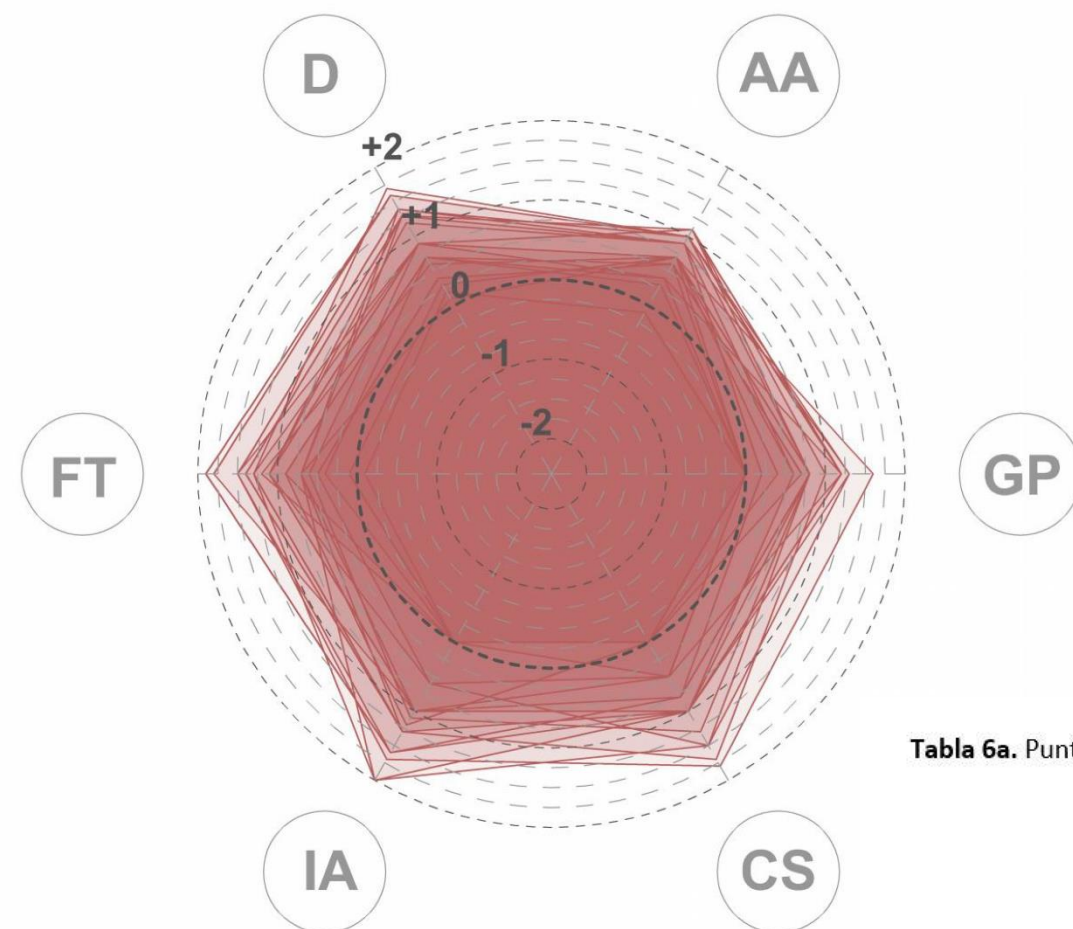


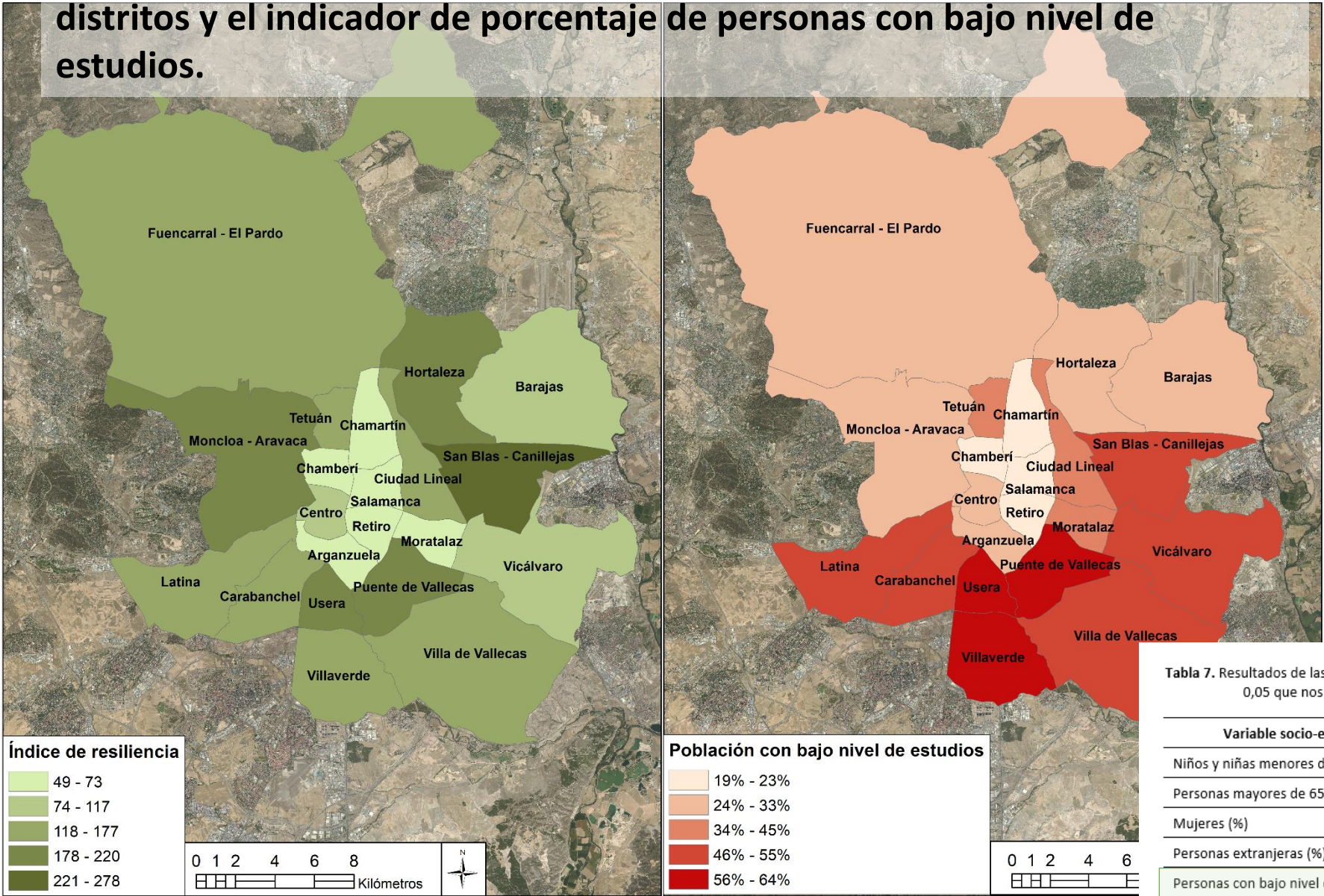
Tabla 6a. Puntuación media de todas las políticas por factores, en escala de -2 a 2. Fuente: Elaboración propia.

| Factores | Índice de resiliencia (media de todas las políticas) |
|--------------------------------|---|
| 01 Diversidad | 0,95 |
| 02 Autonomía y Autosuficiencia | 0,76 |
| 03 Gobernanza Policéntrica | 0,69 |
| 04 Cohesión Social | 0,81 |
| 05 Innovación y Aprendizaje | 0,98 |
| 06 Factores Transversales | 0,98 |

• 3. Correlación positiva y significativa entre el Índice de resiliencia de los distritos y el indicador de porcentaje de personas con bajo nivel de estudios.



transitando
ecología y educación para una ciudad sostenible



Resultados
evaluación:

- Impacto por distritos y características socio-económicas de la población

Tabla 7. Resultados de las correlaciones bivariadas de Pearson. En negrita se han marcado los p-valores menores de 0,05 que nos indican que sí existe una correlación significativa. Fuente: Elaboración propia.

| Variable socio-económica | p-valor ²¹ | Coefficiente de correlación de Pearson ²² |
|---|-----------------------|--|
| Niños y niñas menores de 14 años (%) | 0,060 | 0,418 |
| Personas mayores de 65 años (%) | 0,057 | -0,422 |
| Mujeres (%) | 0,089 | -0,381 |
| Personas extranjeras (%) | 0,217 | 0,281 |
| Personas con bajo nivel de estudios (%) | 0,007 | 0,569 |
| Renta media por hogar (€) | 0,062 | -0,414 |



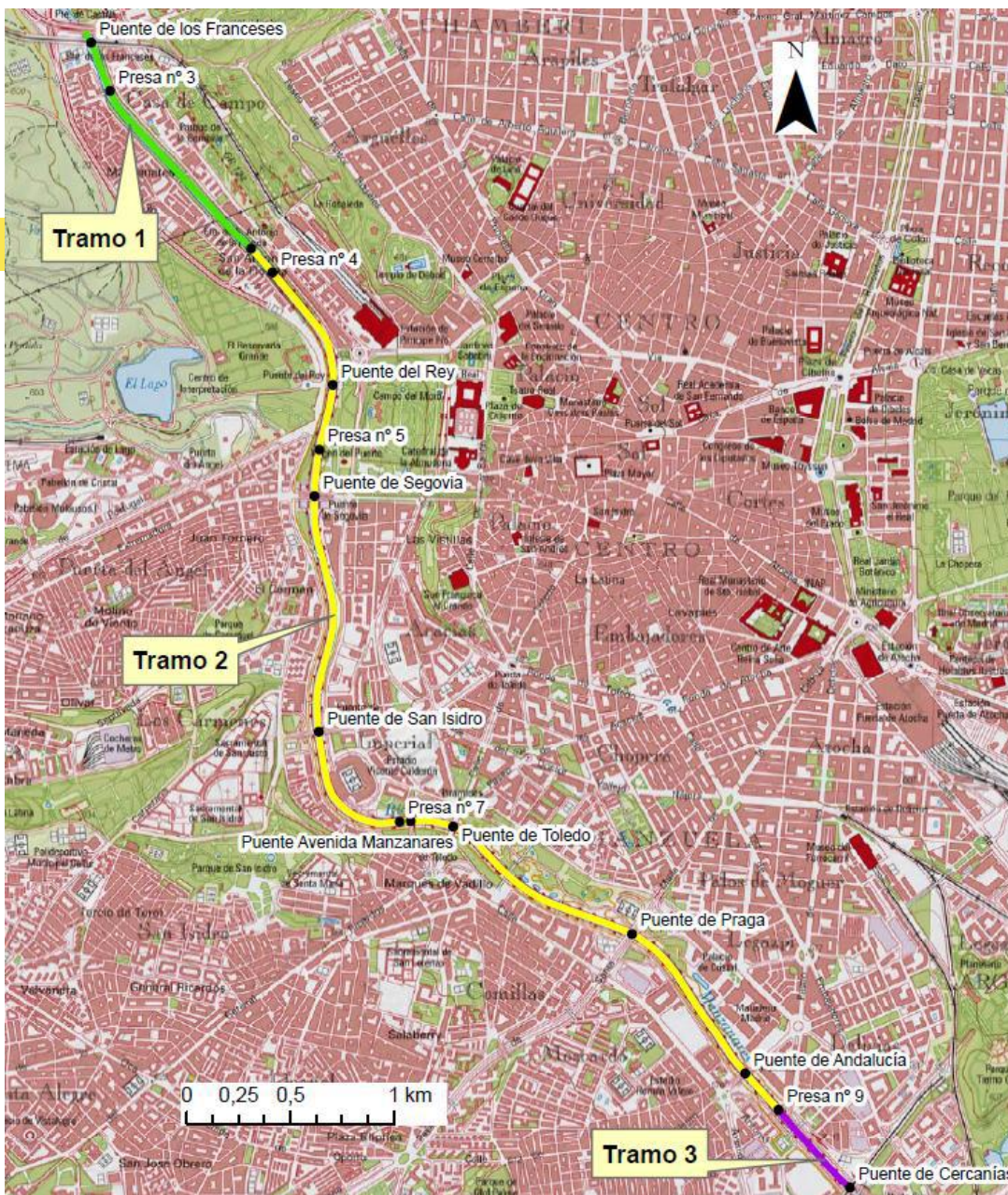
Impacto de la renaturalización del río Manzanares sobre los servicios ecosistémicos de regulación

Resultados Parte 2



transitando

ecología y educación para una ciudad sostenible



Renaturalización del río Manzanares a su paso por la ciudad

Recuperar los valores ecológicos del río.

Fase 0: apertura permanente de las compuertas de las presas 4 a 9 en mayo de 2016. Restablecimiento de la dinámica fluvial natural del río y la deposición de sedimentos en forma de islas. Especies vegetales espontáneas autóctonas, reproduciendo la ribera propia de la cuenca del Manzanares. Especies faunísticas, destacando un gran número de especies de aves.

Fase 1: implementada en el tramo comprendido entre el Puente de los Franceses y el Puente de la Reina Victoria. Eliminación de la escollera, la revegetación del talud fluvial con más de 16.000 árboles y arbustos de especies autóctonas, y la eliminación de especies vegetales exóticas invasoras. En 2017 finalizó la intervención, prolongándose durante dos años después de su implementación, algunas tareas de mantenimiento, incluyendo riego y reposición de marras.

PLAN DE RENATURALIZACIÓN DEL RÍO MANZANARES A SU PASO POR LA CIUDAD DE MADRID. Área de Gobierno de Medio Ambiente y Movilidad. 2016.

Evaluación de la infraestructura verde de Madrid: hacia una mejora de las políticas municipales para la resiliencia socio-ecológica



Beneficios del arbolado urbano y sus potenciales beneficiarios.

| Servicios de los ecosistemas | Descripción | Indicador |
|--|--|--|
| Mejora de la calidad del aire y regulación del clima global. | Retirada de sustancias contaminantes de la atmósfera por deposición sobre su superficie. | Eliminación de O3, CO, NO2, PM2,5 y SO2. |
| Regulación del clima global. | Secuestro y almacenamiento de carbono por incorporación. | Almacenamiento y secuestro de C. |
| Reducción de la escorrentía superficial. | Agua interceptada por la parte aérea y radicular. | Escorrentía evitada. |
| Regulación de la temperatura local. | Reducción de la temperatura por emisión de vapor de agua a la atmósfera. | Transpiración. |

Tabla 1. Servicios de los ecosistemas evaluados e indicadores asociados. Fuente. Elaboración propia.



Figura 1: Urban Trees Benefits. Urbana, Legacy Tree Program. Fuente: itservicesrewotara.blogspot.com



Objetivos



1. Evaluación cuantitativa cuatro servicios de regulación generados por el arbolado replantado en el proyecto de renaturalización del río Manzanares.
 - Mejora de la calidad del aire
 - Regulación del clima global
 - Reducción de la escorrentía superficial
 - Regulación de la temperatura local
2. Analizar cuál es la población potencialmente beneficiaria de los servicios de regulación que provee tanto el arbolado replantado como el que ha crecido espontáneamente tras la renaturalización, según diversas variables socio-económicas.

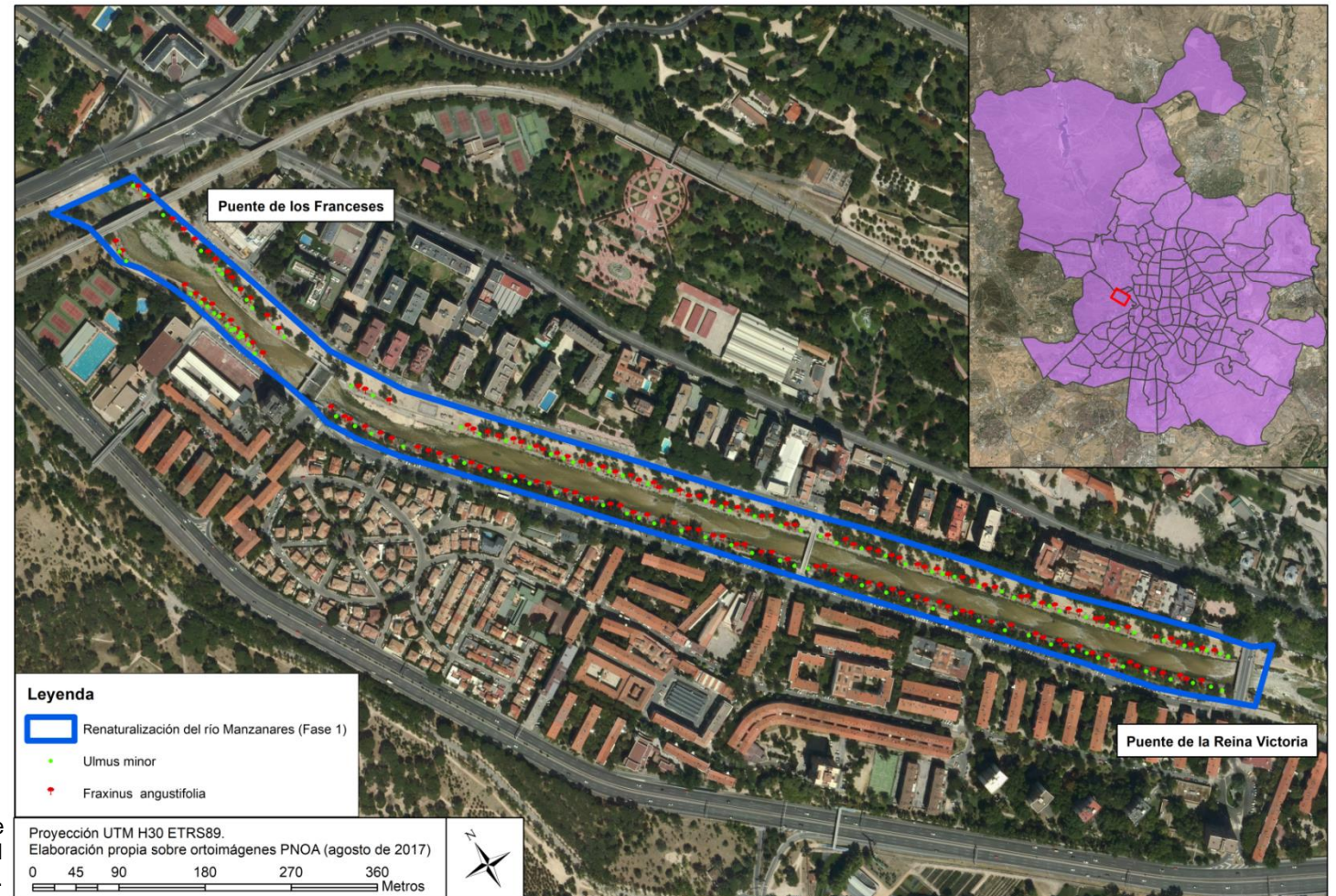


Metodología

Caso de estudio y materiales

OBJETIVO 1: Servicios de regulación

Tramo del río Manzanares entre el Puente de los Franceses y el Puente de la Reina Victoria.





transitando

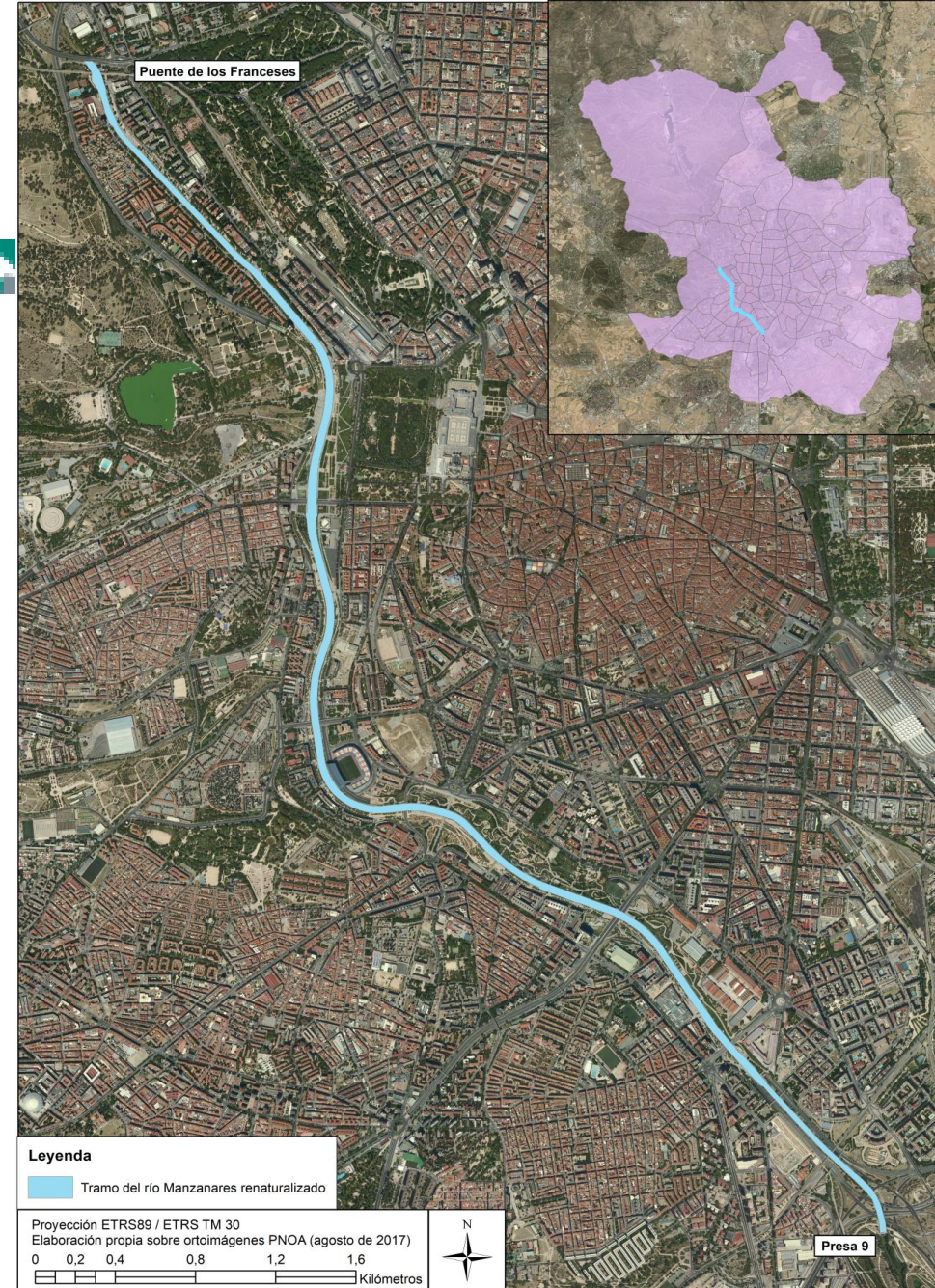
ecología y educación para una ciudad sostenible

OBJETIVO 2: Beneficiarios potenciales

Tramo del río Manzanares entre el Puente de los Franceses y la Presa 9.



Figura 3. Área de estudio para análisis de la población potencialmente beneficiaria de los servicios ecosistémicos de regulación. Tramo del río Manzanares entre el Puente de los Franceses y la presa 9. Fuente: Elaboración propia.





METODOLOGÍA 1: Servicios de regulación

i-Tree Eco Model: Software de modelado de servicios de regulación asociados al arbolado.

- Cinta métrica
- Clinómetro
- Planilla de recogida de datos dasométricos





METODOLOGÍA 2: Beneficiarios potenciales

Análisis comparativo entre la población que vive en barrios colindantes o cercanos al río y el resto de la población del municipio de Madrid.

Dos buffers o zonas de influencia de 833 m (5 min) y 2,5 km (30 min) alrededor del cauce del río.

- Sistemas de Información Geográfica Arc GIS
- Datos socio-demográficos nacionalidad, sexo, edad, nivel educativo y renta media (Ayuntamiento de Madrid, 2015 y 2018).
- Software análisis estadístico SPSS

131 barrios en el área de influencia del río.

11 en 833 m
37 en 2,5 km

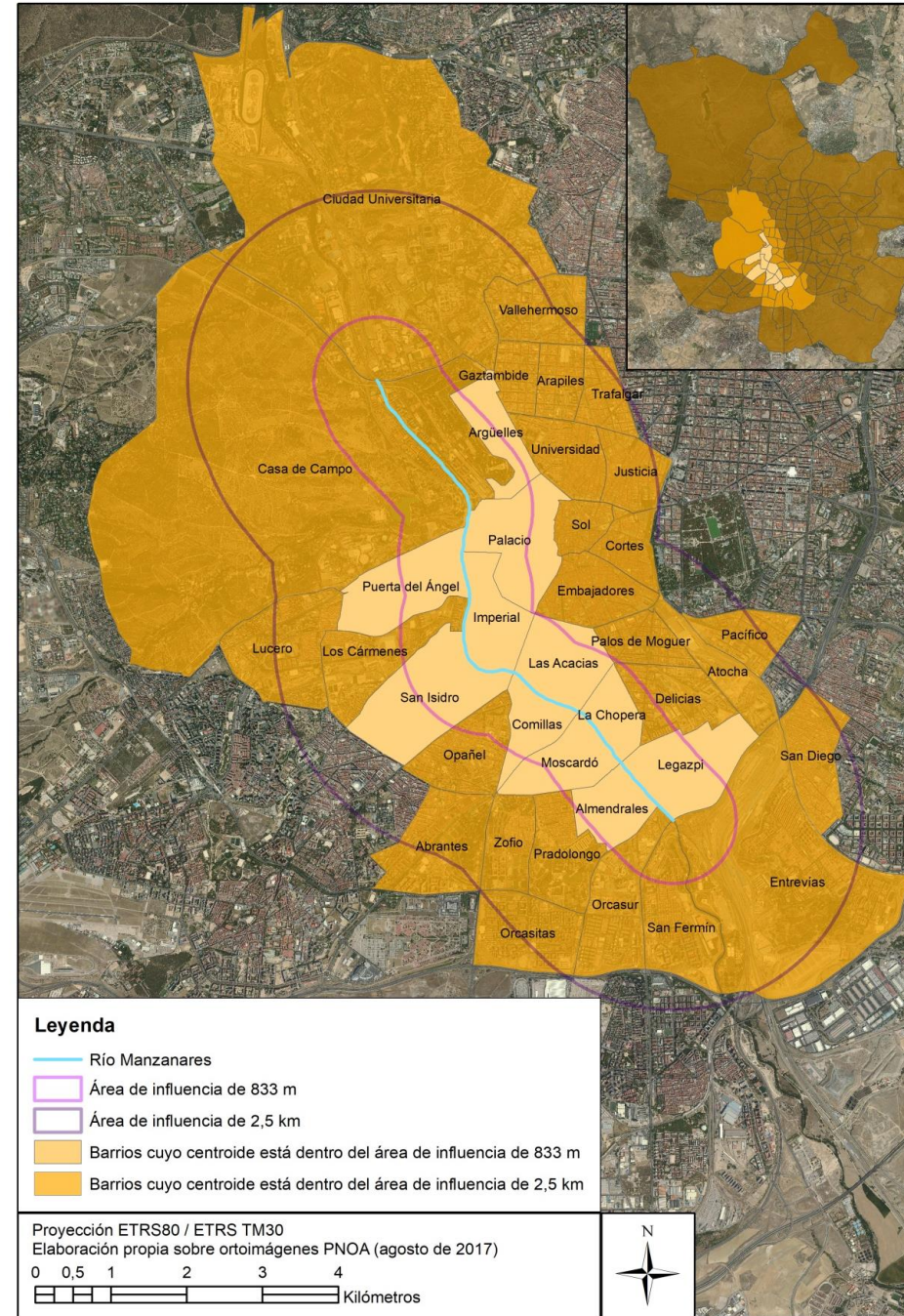


Figura 4. Barrios cuyos centroides están dentro de las áreas de influencia de 833 m y 2,5 km del río Manzanares. Fuente: Elaboración propia.



Resultados



OBJETIVO 1: Evaluación de los servicios de regulación.

160 individuos

- *Fraxinus angustifolia* (99,4%)
- *Ulmus minor* (0,6%) ($\varnothing < 2,54$ cm)

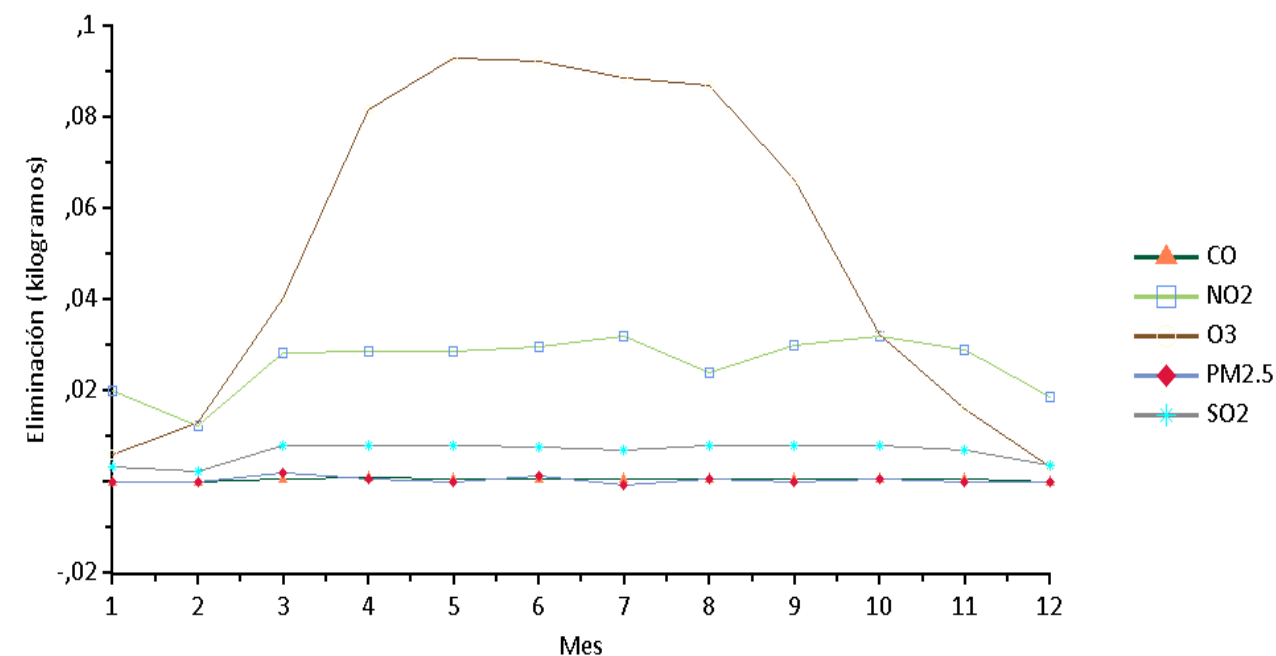
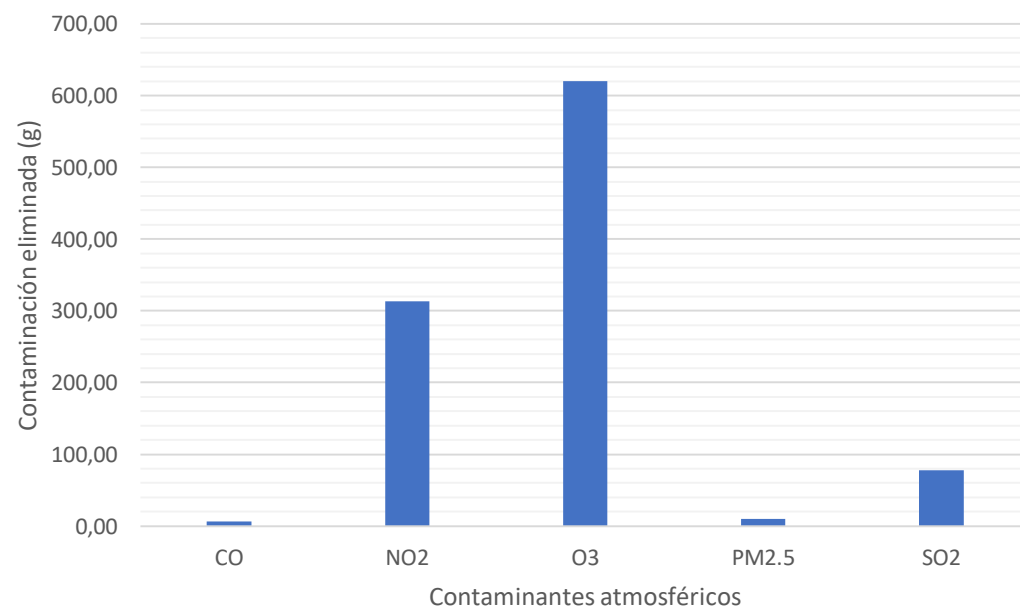
| Servicios de los ecosistemas | Descripción | Valor biofísico |
|--|--|---------------------------|
| Eliminación de contaminantes atmosféricos (O ₃ , CO, NO ₂ , PM _{2.5} , SO ₂) | El arbolado retira sustancias contaminantes de la atmósfera por deposición sobre su superficie. | 1,022 kg/año |
| Secuestro de carbono | Los árboles secuestran y almacenan carbono en sus tejidos a medida que van creciendo y desarrollándose. | 153,2 kg/año |
| Almacenamiento de carbono | | 431,5 kg/año |
| Escorrentía evitada | Tanto la parte aérea de los árboles como la radicular interceptan agua de precipitación. | 0,424 m ³ /año |
| Transpiración | Los árboles emiten agua en forma de vapor a la atmósfera. Para ello consumen energía solar, lo que disminuye la temperatura del entorno. | 408,4 kg/año |

Tabla 2. Servicios de los ecosistemas evaluados e indicadores asociados. Fuente. Elaboración propia.



OBJETIVO 1: Evaluación de los servicios de regulación

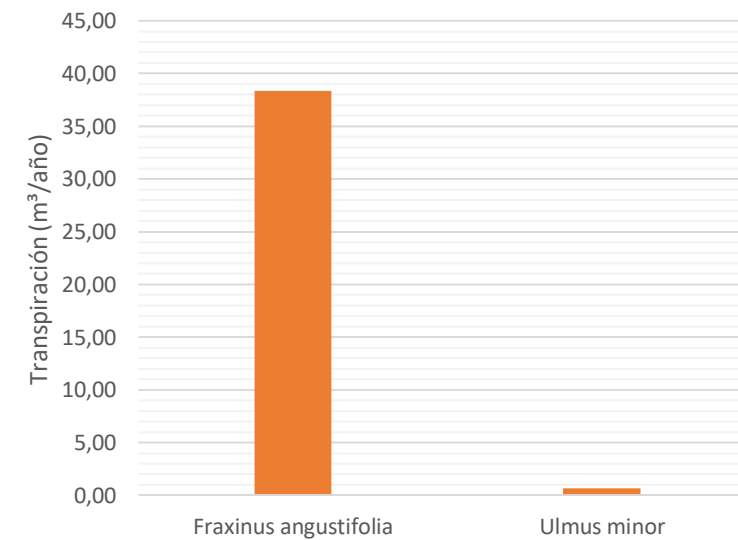
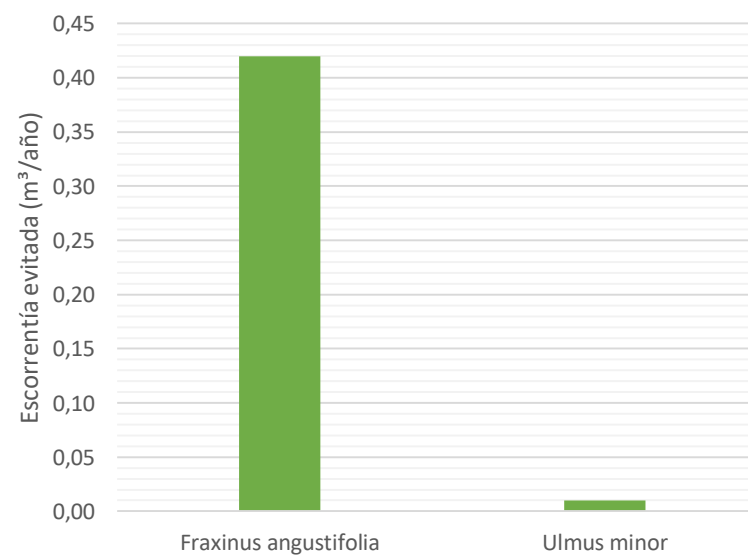
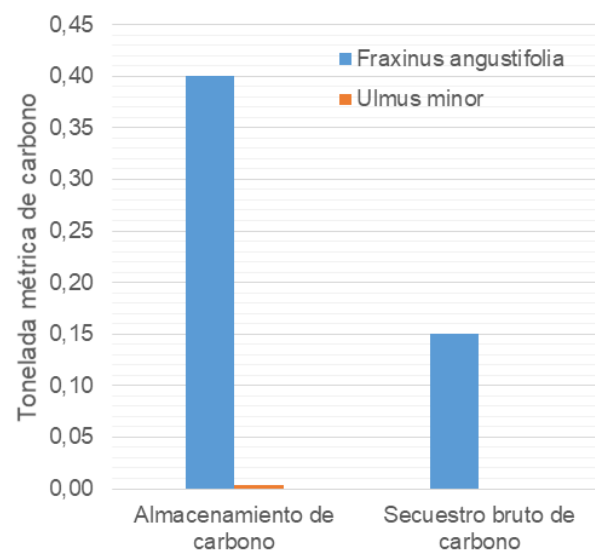
1. Retirada de contaminantes atmosféricos.





OBJETIVO 1: Evaluación de los servicios de regulación

2. Almacenamiento y secuestro de carbono.
3. Escorrentía superficial evitada.
4. Transpiración.





transitando

ecología y educación para una ciudad sostenible

Los servicios de regulación que provee el arbolado replantado en el marco del proyecto de renaturalización del río Manzanares a su paso por la ciudad de Madrid son **diversos** aunque limitados cuantitativamente.

- **Dimensiones** arbolado joven
- **Estado fitosanitario** de las copas: 25% en estado malo, crítico o muriendo y hasta el 9% de los ejemplares había muerto.

Tanto las **dimensiones** como las características de la **copa** son **determinantes** en la provisión de los servicios de regulación.





El arbolado espontáneo sobre las islas de sedimentos genera beneficios de gran relevancia: conjunto numeroso, estado fitosanitario aparentemente muy bueno, gran porte.

- No ha requerido apenas intervención, dejar actuar a las dinámicas bio-ecológicas (coste-beneficio mucho mayor).
- Las especies evaluadas tienen un gran potencial para la generación de servicios de los ecosistemas en su estado adulto. En la ciudad de Madrid ***Fraxinus angustifolia*** es la especie que más cantidad de carbono almacena en términos medios por árbol (290,09 kg/árbol).
- Unos beneficios óptimos se debe garantizar un desarrollo adecuado del arbolado urbano.





transitando

ecología y educación para una ciudad sostenible

OBJETIVO 2: Evaluación de los beneficiarios potenciales de los servicios de regulación.

Se han identificado diferencias poblacionales con respecto a la media municipal para el área de influencia de 2,5 km donde sí hay diferencias:

- Menos niñas y niños
- Más personas migrantes
- Menor renta media

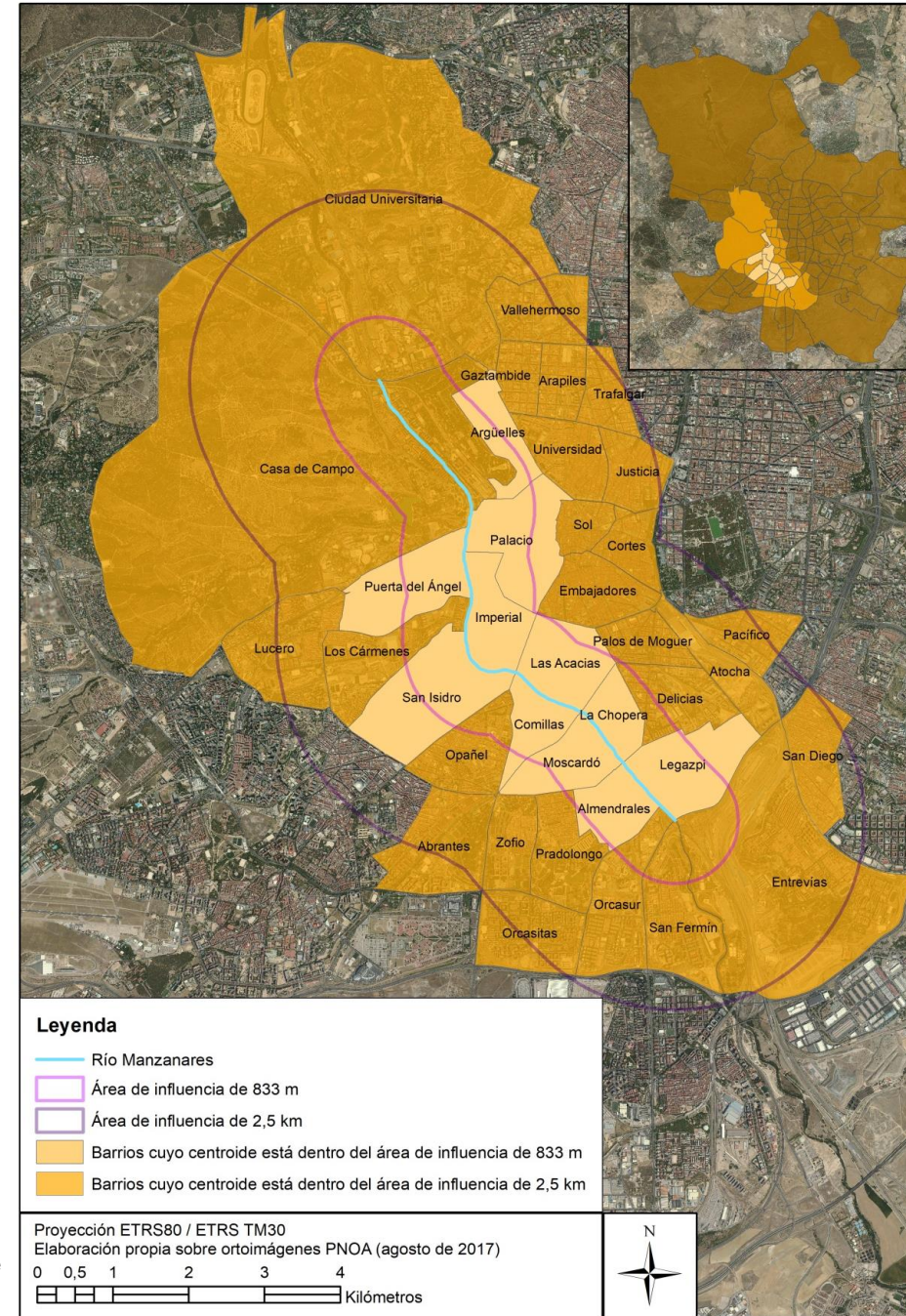


Figura 5. Barrios cuyos centroides están dentro de las áreas de influencia de 833 m y 2,5 km del río Manzanares. Fuente: Elaboración propia.



- **Diseño y ubicación** pueden favorecer o ir en detrimento de unos u otros tipos de grupos poblacionales. Distribución heterogénea de zonas verdes y arbolado en Madrid: reequilibrar la dotación entre barrios y distritos (*Plan de Infraestructura Verde y Biodiversidad de Madrid*).
- Personas **migrantes, minorías raciales y religiosas**, o población con **menor renta** tienen en general **menos acceso a zonas verdes** que el resto de la población: Berlín, Ciudad del Cabo, Chicago, Leicester, Brooklyn o Leipzig.






Impacto de la renaturalización del río Manzanares sobre el uso recreativo de Madrid Río

Resultados Parte 3



Objetivos

- 
- Evaluar el **impacto de la renaturalización** del río Manzanares en el **potencial recreativo** de Madrid Río.
 - Analizar la **influencia** de las **características bióticas y abióticas** en el uso recreativo que hace la población de este espacio.
 - Realizar una **aproximación evaluativa de la accesibilidad** de los espacios con mayor potencial recreativo según **características socioeconómicas**.

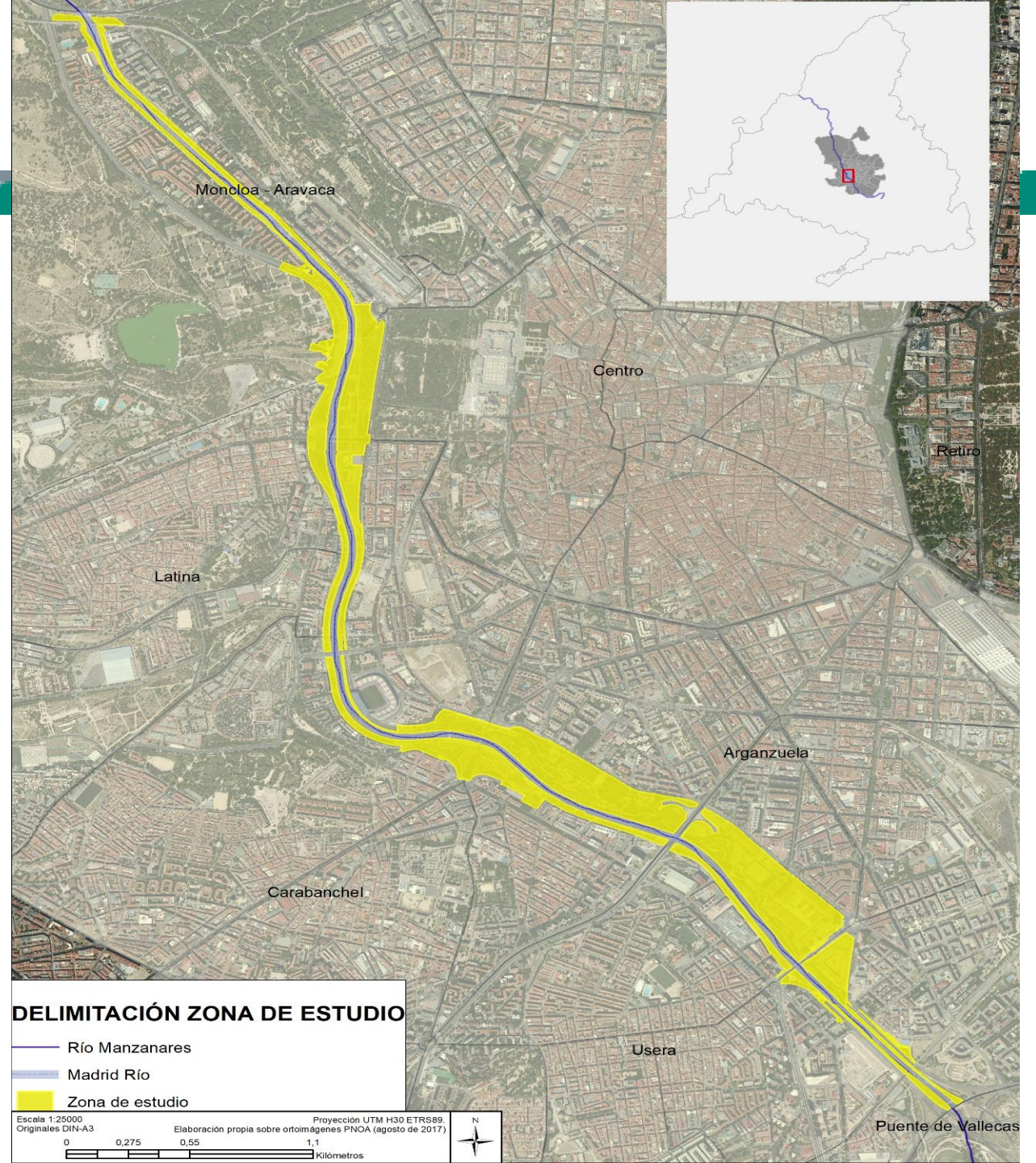


Metodología

Caso de estudio y materiales

CASO DE ESTUDIO

TRAMO URBANO RENATURALIZADO DEL RÍO MANZANARES



CARTOGRAFÍA PARTICIPATIVA

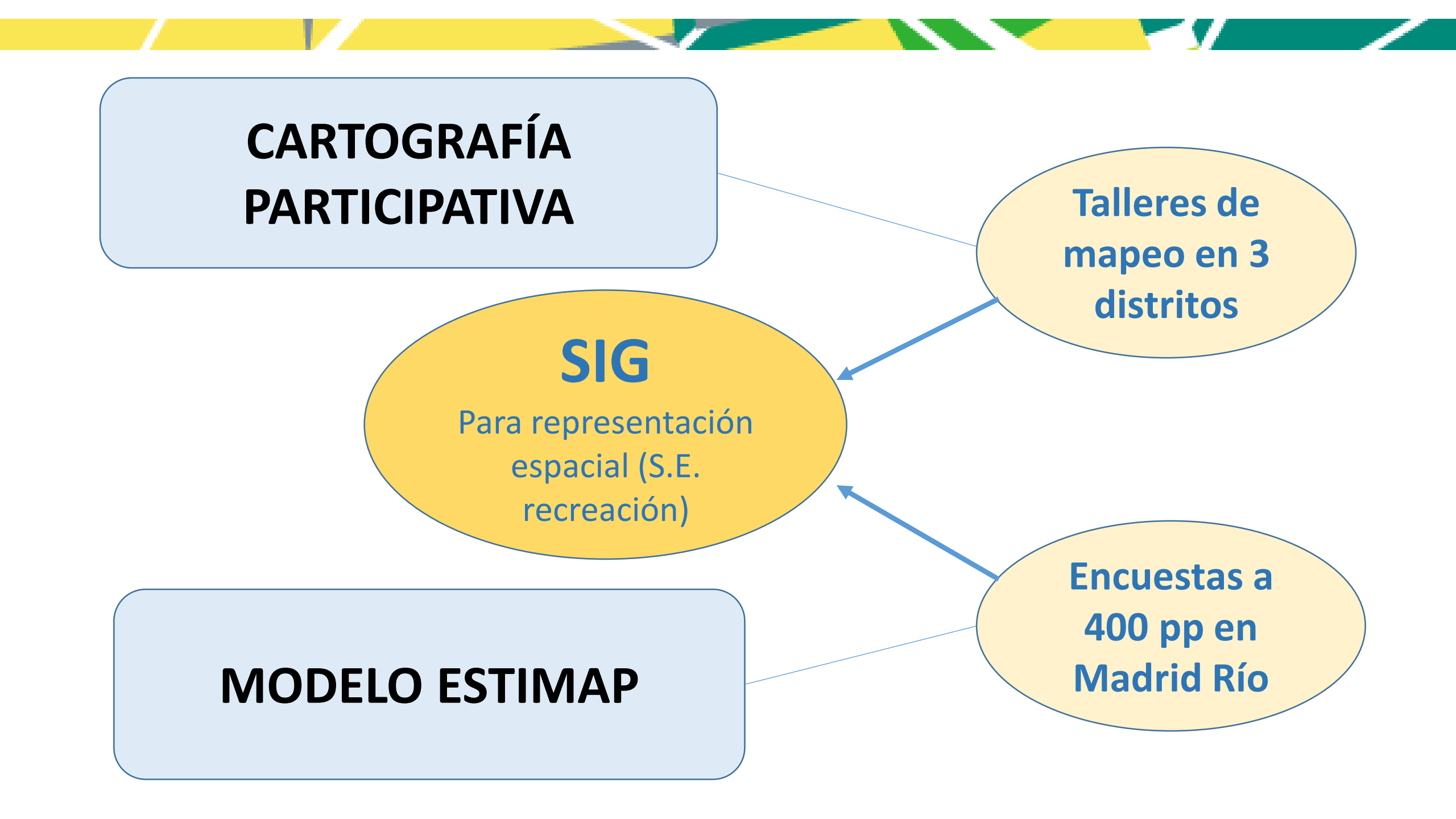
Talleres de
mapeo en 3
distritos

SIG

Para representación
espacial (S.E.
recreación)

MODELO ESTIMAP

Encuestas a
400 pp en
Madrid Río



- ☒ Digitalización
 - ☒ Arganzuela_C_1
 - TIPO
 - 1
 - 2
 - 3
 - ☐ Eventos Hoja1\$
- ☒ C_1.JPG
- ☐ A_1.JPG
- ☒ PNOA_MA_OF_ETRS
- ☒ Capas_Taller Arganzuela
 - ☐ Arganzuela_B_1
 - ☐ A_1
 - ☐ B_1
 - ☐ C_1

CARTOGRAFÍA PARTICIPATIVA



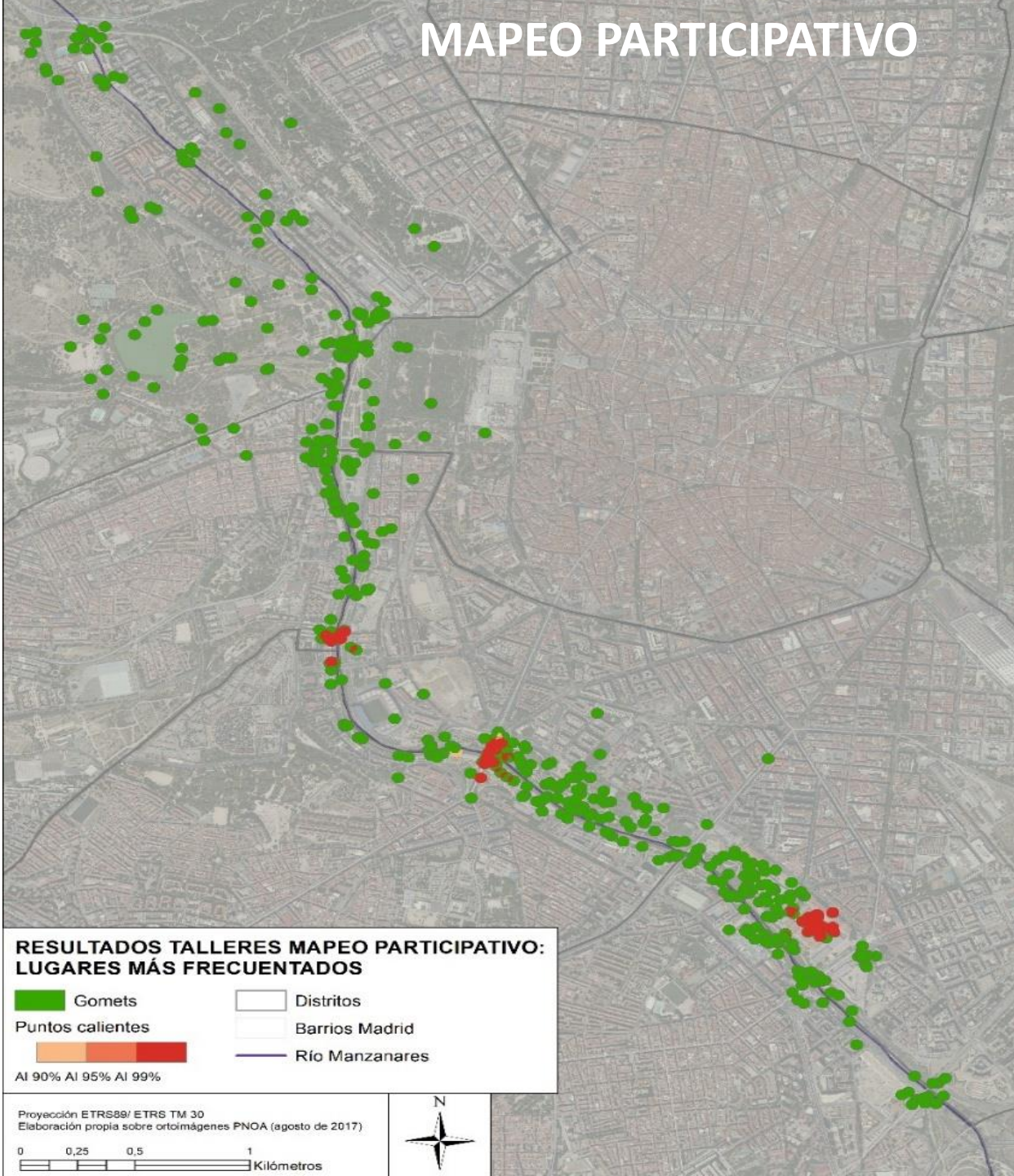
Modelización del potencial recreativo y la accesibilidad de Madrid Río (Modelo ESTIMAP)



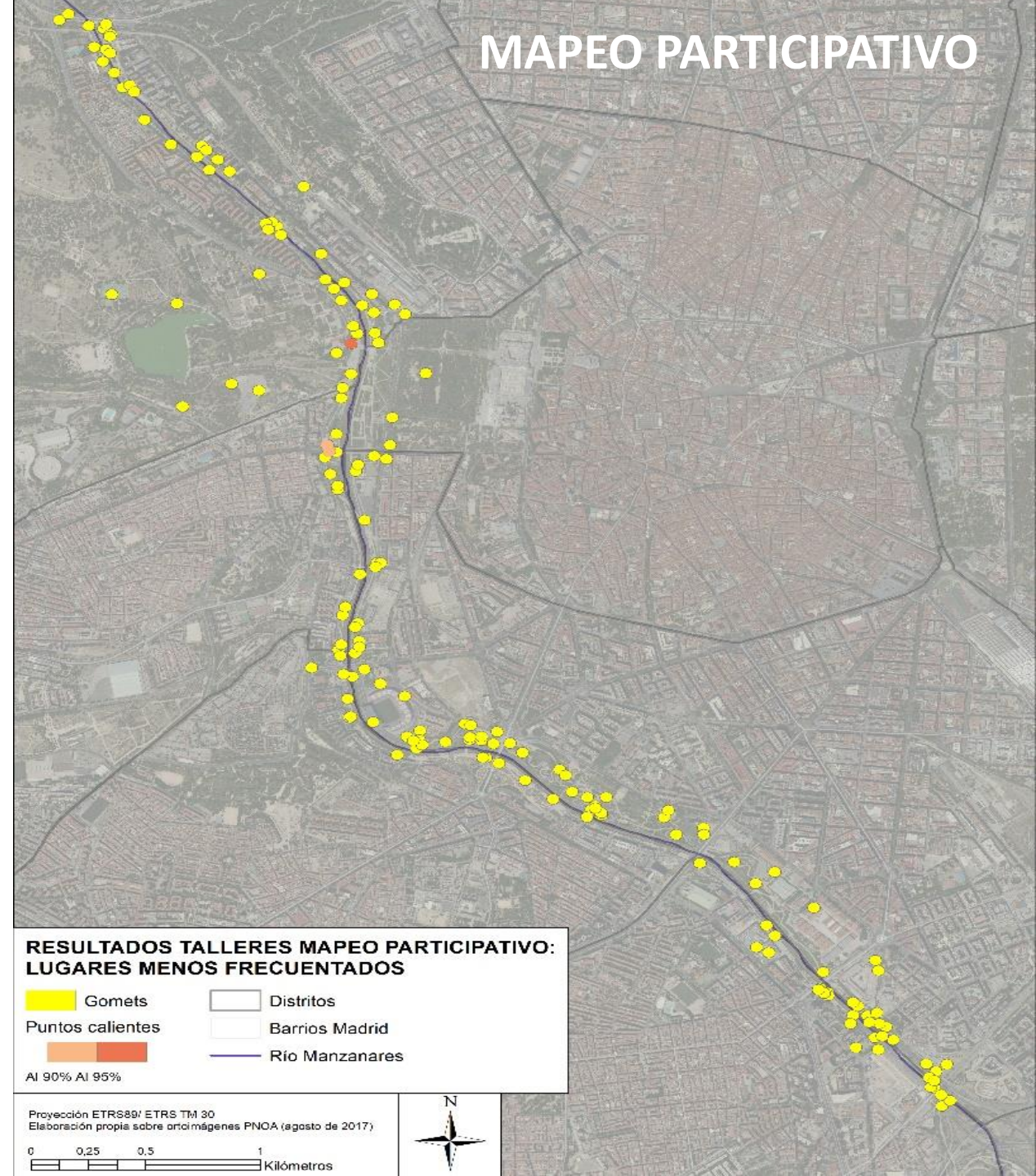


Resultados

MAPEO PARTICIPATIVO

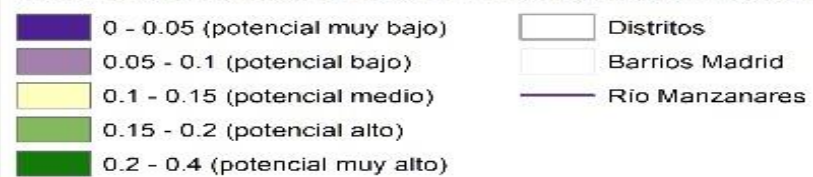


MAPEO PARTICIPATIVO



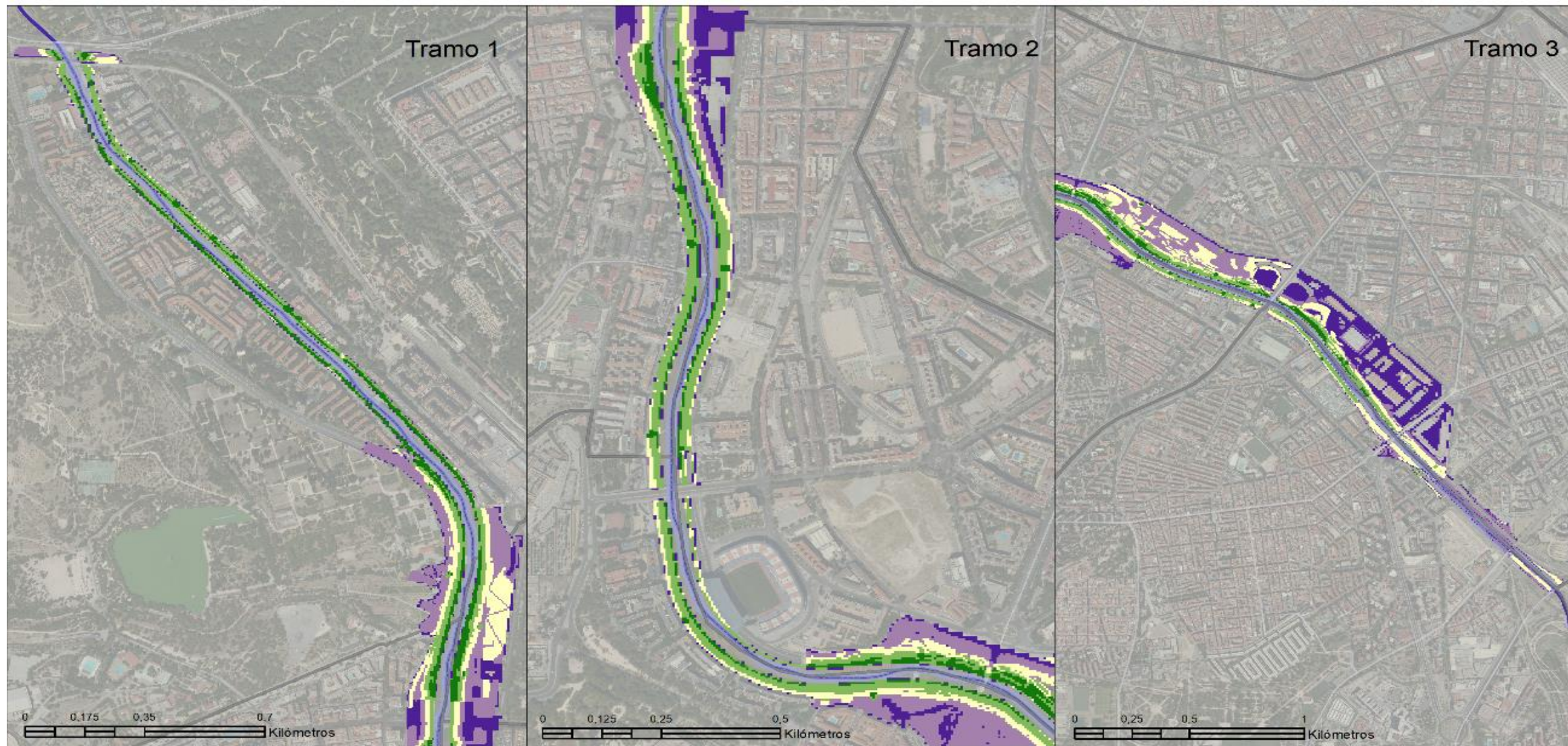


POTENCIAL RECREATIVO EN MADRID RÍO A PARTIR DE ESTIMAP

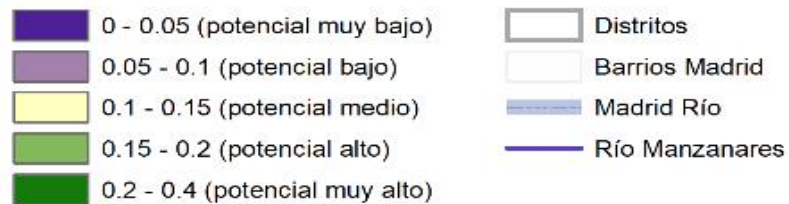


Proyección ETRS89: ETRS TM 30
Elaboración propia sobre ortomárgenes PNOA (agosto de 2017)





POTENCIAL RECREATIVO EN MADRID RÍO A PARTIR DE ESTIMAP



Proyección ETRS89/ ETRS TM 30
Elaboración propia sobre ortoimágenes PNOA (agosto de 2017)



ALGUNOS RESULTADOS SIGNIFICATIVOS DEL POTENCIAL RECREATIVO IDENTIFICADO A PARTIR DEL MODELO ESTIMAP

CONSIDERACIONES TÉCNICAS:

Aplicación de cuadrículas de 50 m

Valores asignados a cada cuadrícula entre 0 y 1, a partir de la media de las puntuaciones asignada a cada capa/categoría evaluada

DESTACAN:

- Cercanía al río
- Arbolado y matorral
- Presencia de aves
- Presencia de fuentes

31 % elementos con elevado potencial recreativo (cerca río)

MENOS RELEVANTE:

- Instalaciones deportivas
- Áreas infantiles
- Ruido

50 % elementos con menor potencial (infraestructuras)

