



## **MODELIZANDO LA SOCIEDAD SOBRE EL TERRITORIO. LA REALIDAD SOCIOTERRITORIAL DE LA CIUDAD DE MÁLAGA CONTEMPLADA DESDE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

### **Juan Antonio Morales Caridad**

Analista. Dpto. SIG

Diputación Provincial de Málaga (SOPDE)

### **Lourdes Navarrete Otero**

Economista. Dpto. Desarrollo

Diputación Provincial de Málaga (SOPDE)

### **Jose Manuel García Mesa**

Jefe de Área Dpto. Desarrollo

Diputación Provincial de Málaga (SOPDE)

### **Francisco Navarrete Mandly**

Jefe de Área Dpto. SIG

Diputación Provincial de Málaga (SOPDE)

## **Palabras clave**

*Demografía, Sistema de Información Geográfica, , Análisis Espacial, Estudio Socioterritorial.*

## **Resumen de su Comunicación**

*Fruto del acuerdo firmado entre la Diputación Provincial y el Ayuntamiento de Málaga se pone en marcha un proyecto para diseñar un modelo de análisis socioterritorial basado en el empleo del SIG como herramienta de modelado. La entidad encargada de la ejecución (SOPDE,SA) con el apoyo del Centro Municipal de Informática (CEMI) y la Fundación CIEDES ha realizado un esfuerzo en la normalización , conversión y adaptación de la información municipal que junto con el empleo aplicado de diversas herramientas avanzadas, han permitido abrir nuevas posibilidades a los equipos de especialistas encargados de diagnosticar la Málaga de hoy en día para diseñar la Málaga de mañana.*

## MODELIZANDO LA SOCIEDAD SOBRE EL TERRITORIO. LA REALIDAD SOCIOTERRITORIAL DE LA CIUDAD DE MÁLAGA CONTEMPLADA DESDE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

### 1. Introducción

Desarrollo y conocimiento son conceptos que en las sociedades modernas están intrínsecamente unidos a la convivencia. No se concibe que un territorio o una sociedad sea capaz de desarrollarse (económica, social, política, culturalmente, etc.) sin un cada vez mayor conocimiento del mismo.

Además, el conocimiento en sí mismo evoluciona y se desarrolla: cada vez es más complejo, más exhaustivo y más práctico, y las actuaciones en cualquier materia se apoyan y fundamentan según el conocimiento adquirido.

Según esta premisa ideológica, surge la iniciativa de aplicar a un caso concreto un determinado conocimiento que permitirá contribuir al desarrollo a través de la optimización de las futuras políticas a aplicar.

Tal es el caso del **Estudio socio-territorial de la ciudad de Málaga**, iniciativa que nace del convencimiento de que la aplicación de nuevas formas de análisis, utilizando los recursos (técnicos, materiales y humanos) existentes, facultará, en primer lugar, a un mayor y más completo conocimiento, y en segundo lugar, a que se establezcan nuevas visiones de la realidad que ayuden al diseño y planificación de modelo de desarrollo de ciudad que se pretende para Málaga.

Para ello, hay que destacar que se trata de un estudio innovador, ya que hasta la fecha no se habían aplicado las tecnologías utilizadas en el mismo para el análisis socio-territorial de una economía local; además, se trata de un proyecto integrador, en cuanto que está basado en la utilización de recursos conocidos, si bien a través de nuevas herramientas de análisis, como son las que proporcionan los sistemas de información geográfica (en adelante SIG).

Para finalizar, es necesario precisar que el presente Estudio cuenta con la importante ventaja de que desde su diseño inicial hasta su puesta en valor final ha contado con el apoyo de diferentes Administraciones Públicas, como el Ayuntamiento de Málaga y la Diputación Provincial de Málaga, que desde el primer momento han sabido aunar los recursos necesarios para garantizar el éxito del proyecto, destacando por ello el claro efecto demostración que supone de cara a maximizar los resultados esperados.

### 2. Objetivos

El principal objetivo a cubrir con la realización del **Estudio socio-territorial de la ciudad de Málaga** es la unión de las diferentes variables de análisis tanto cuantitativas como cualitativas con su distribución territorial, mediante el diseño de una herramienta que nos permita conocer mejor y de manera exhaustiva la realidad de cada una de las unidades territoriales en que se divide el municipio de Málaga.

Este instrumento permitirá no solo el conocimiento de las características (en un sentido amplio) del municipio desde una perspectiva territorial, sino también avanzando más, trascender el mero aspecto descriptivo y llegar a detectar las desigualdades existentes entre las distintas zonas de estudio, así como las amenazas y oportunidades específicas llevando al territorio los mecanismos de corrección

Estas premisas se materializan en el diseño, carga y puesta en funcionamiento de un prototipo de consulta y análisis dinámico cimentado en una plataforma SIG que constituye la componente diferencial del proyecto tanto por su uso como herramienta de análisis (aportando variables basadas en la distancia espacial) como por su versatilidad como vehículo de presentación de resultados.

Se trata en definitiva de obtener **una herramienta que asista en la toma de decisiones relacionadas con la planificación de los servicios e infraestructuras del municipio** a partir de la información obtenida de un **Sistema de Información Geográfica**.

### 3. Metodología

Tan importante para el éxito del proyecto es su propio resultado final como el guión o método empleado para su consecución, tanto más cuanto se trata de un proyecto piloto, que además trata de conseguir el suficiente efecto demostración de cara a que pueda aplicarse a otro territorio, y que se contemple no sólo como un estudio aislado que nace, se desarrolla y muere, sino como un estudio vivo que, mediante las oportunas actualizaciones (incluso adiciones y mejoras), rentabilice el esfuerzo iniciado y facilite la obtención de resultados en el futuro.

Es por ello por lo que se hace un especial hincapié a la exposición detallada de la metodología empleada en todas las fases del mismo, las cuales se desarrollan a continuación:

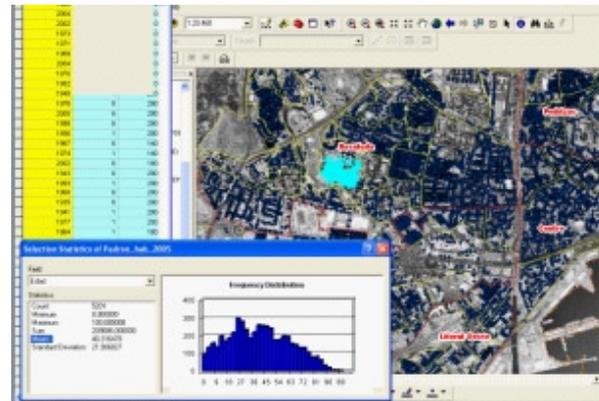
#### 3.1. Recopilación de información

En la definición de las líneas maestras del proyecto se estableció como objetivo la recopilación de información procedente de diversas fuentes, así como su adaptación e inclusión en una plataforma de consulta común. Con este fin se aporta información actualizada tanto de entidades pertenecientes al ámbito municipal como de otras Administraciones, con el denominador común de su utilidad como elemento de consulta y análisis.

Atendiendo a la naturaleza de la información recabada, distinguimos los siguientes bloques:

##### 3.1.1. Información cartográfica

La disponibilidad de cartografía con un nivel adecuado de desagregación para su empleo en estudios de esta naturaleza era una de las grandes incógnitas que planteaba a priori el proyecto y de su empleo dependía el alcance de los resultados posibles de elaborar mediante las herramientas GIS. En este sentido cabe destacar que se ha obtenido información con grandes potencialidades de cara al análisis, sobre todo en aspectos relacionados con la demografía. Los productos elaborados a partir de esta base y que se aportan en este trabajo constituyen únicamente la punta de lanza de un vasto territorio por explorar.



De acuerdo con la fuente, se incluye información aportada por:

CEMI (Centro Municipal de Informática, Ayto.de Málaga), ICA (Instituto Cartográfico de Andalucía), INE (Instituto Nacional de Estadística), EMT (Empresa Municipal de Transportes, Ayto. de Málaga), Consejería de Educación de la Junta de Andalucía, Consejería de Sanidad de la Junta de Andalucía, ESRI, SOPDE,SA (Sociedad de Planificación y Desarrollo, Diputación Provincial de Málaga)

Atendiendo a la funcionalidad aplicada en el prototipo podemos distinguir los siguientes perfiles de capas cartográficas:

**Capas informativas**, elaboradas para su consulta directa (zonificaciones, colegios, hoteles, bibliotecas, centros sanitarios, etc.)

**Capas temáticas**, empleadas para la representación espacial de una variable de análisis.

**Capas auxiliares**, con información que puede complementar y/o matizar otra capa existente

**Capas de referencia**, usadas como base de representación en los diferentes mapas (ortofotos, relieve, topográfico, etc.)

En total en el sistema se han volcado **más de 100 capas** de información diversa tanto de naturaleza primaria como secundaria (obtenida mediante procesos de síntesis y/o análisis de las primeras)

### 3.1.2. Información alfanumérica

La Información alfanumérica recopilada en este estudio responden a la necesidad de tener una visión socioterritorial de la ciudad de Málaga lo más completa posible. Se han abarcado aspectos esenciales como la población, el mercado de trabajo, la vivienda, y los principales equipamientos de la ciudad (docentes, sanitarios, culturales, transporte público, deportivos, etc). Para ello se ha recurrido a diferentes Organismos públicos obteniendo en algunos casos información primaria, producida directamente por la entidad.(Ej. equipamiento educativo, deportivo, cultural,...) y en otros secundaria, (Ej. información sobre el mercado de trabajo obtenida del Censo 2001,INE).

A continuación se detallan las distintas fuentes clasificadas por bloques temáticos incluidos en el sistema.

#### **Población**

Basada fundamentalmente en el padrón municipal de habitantes aporta información como sexo, edad, lugar de nacimiento, municipio de procedencia, nacionalidad, etc.. La información relacionada con el nivel de instrucción ha sido excluida al carecer de representatividad por su escaso nivel de actualización, siendo sustituida por la proporcionada por el Censo de Población (INE 2001),

#### **Mercado de trabajo**

La fuente básica ha sido el Censo de Población (INE 2001) del cual se han incorporado los datos que permiten una caracterización del mercado de trabajo, como la población de 16 y más clasificada en relación con la actividad (activos, ocupados, parados e inactivos), la población ocupada por actividad (agricultura, Industria, Construcción y Servicios), etc. En todos los casos se ha distinguido por sexo.

## Viviendas

La información catastral es la base primaria (antigüedad de la edificación, superficie construida, valor catastral, altura de las edificaciones sobre y bajo rasante, etc.) Además se aportan datos complementarios del censo de viviendas, como por ejemplo información sobre los problemas de la vivienda y su entorno, en la que se valoran aspectos como la contaminación, la falta de limpieza, los ruidos, las comunicaciones o los servicios, entre otros.

## Equipamientos

Se ha recopilado información sobre equipamientos o servicios de interés para la población como son centros educativos, sanitarios, deportivos, culturales o servicio de transporte público (autobús).

### - Educativo

Con respecto al equipamiento educativo el sistema recoge toda la información sobre los centros existentes por tipología (infantil, primaria, secundaria, especial, FPE, ...). así como los módulos educativos con los que cuenta y su número de plazas.

### - Sanitario

En equipamiento sanitario se recoge la oferta de Atención Primaria (centros de salud y consultorios) con su información básica (teléfono, fax, horario, persona de contacto, correo electrónico, dirección, etc.) así como el número de facultativos, distinguiéndose entre médicos de cabeceras y pediatras, y ATS.

Además se incluyen hospitales, sanatorios, clínicas, psiquiátricos y centros de atención especializada tanto pública como privada.

### - Deportivos

Se ofrece información de las instalaciones deportivas tanto privadas como públicas por tipología (piscina, campo de fútbol, pista polideportiva). Además en las instalaciones que cuentan con aforo se proporciona esta información.

### - Culturales

Incluye la oferta de museos y bibliotecas existente en la ciudad. En el caso de las bibliotecas incluye horarios y organismo al que pertenece.

### - Servicio Públicos de Transporte

Esta información facilitada por la EMT recoge cada una de las paradas de autobús, nombre, línea y sentido.

### - Hoteles

Obtenida del RAT (Registro de Actividades Turísticas de la Junta de Andalucía).

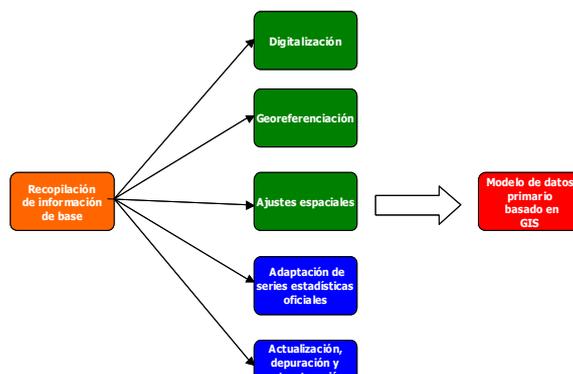
### - Aparcamientos

Contiene los datos básicos sobre los aparcamientos públicos municipales, como su dirección, las plazas según tipología (rotativas y de abonados o residetes) y su estado (terminado o en proyecto)

## 3.2. Tratamiento de la información

### 3.2.1. Tratamiento de información cartográfica

El siguiente esquema recoge en síntesis las tareas acometidas en esta fase:



La información cartográfica se ha obtenido en una amplia gama de formatos (DGN, SHAPE, coordenadas, raster, etc.) por lo que el primer bloque de tareas ha consistido en la importación y estructuración de la misma dentro del Sistema de Información Geográfica.

En una segunda fase y con el fin de poder emplear toda la cartografía sobre una base común, fue necesario llevar a cabo procesos de ajuste espacial, corrigiendo las coordenadas en aquellos casos en los que no se ceñían al estándar común empleado en el modelo (Coordenadas UTM en metros sobre el geoide de proyección European Datum 1950 Zona UTM 30N). En algunos casos y debido al volumen de entidades involucradas en este proceso ha sido necesario el concurso de herramientas GIS basadas en bases de datos relacionales (ArcSDE-Oracle) para procesar la información recabada.

Otras capas de información (paradas EMT, centros escolares, etc) se obtuvieron en formato de base de datos pero conteniendo, total o parcialmente, sus coordenadas por lo que su inserción en el sistema fue trivial haciendo uso de las herramientas adecuadas.

Fue necesario llevar a cabo la georreferenciación directa de diversas capas (centros sanitarios, bibliotecas, hoteles, parking públicos, etc) para lo cual se empleó una plataforma combinada de callejero y capas de ortofotografía con el fin de identificar con la mayor precisión posible los elementos a ubicar.

En otros muchos casos se realizaron las adaptaciones necesarias para, mediante mecanismo de unión de base de datos ("join"), volcar sobre el sistema aquella información no georreferenciada pero si relacionada por un campo con una capa existente (padrón de habitantes, secciones censales, etc.).

En el caso del padrón de habitantes, se optó por asociar cada registro del mismo con las coordenadas de su dirección obtenidas desde el callejero municipal, constituyendo de esta forma una capa con topología puntual que ha sido ampliamente explotada tanto en la posterior generación de capas derivadas como en procesos de análisis espacial (proximidad, inclusión/exclusión, etc).

Conviene así mismo hacer mención a los trabajos de digitalización que ha sido necesario acometer con el fin de corregir y adecuar algunas capas de información para su uso en el proyecto. La metodología empleada se ha basado en el empleo de bases raster georreferenciadas sobre la cual se modificó la correspondiente capa vectorial.

## **4. Investigación cualitativa**

Dentro del Estudio socio-territorial de la ciudad de Málaga se contempló una investigación social que permitiese conocer la opinión de la ciudadanía sobre ciertos temas de interés como puede ser nivel de satisfacción de determinados servicios municipales así como obtener el perfil de los malagueños a nivel de áreas municipales e incorporar estas variables cualitativas al sistema.

Para ello, y siguiendo la metodología propia de este tipo de investigaciones, se realizó una encuesta a cerca de 5.000 ciudadanos, lo que vislumbra un alto grado de representatividad en cuanto a los resultados obtenidos.

En concreto se trataron de cumplir dos objetivos: el primero, que estuviera representada la población malagueña según su propia caracterización demográfica, o sea, que las encuestas se han realizado a los malagueños y malagueñas según sexo y edad para así cubrir todos los grupos según su cuota; el segundo, que cada una de las Áreas en las que se ha dividido territorialmente el municipio contara por sí mismo con suficiente representatividad estadística, lo que permite el análisis individualizado de la investigación, así como la comparabilidad entre Distritos de los resultados. Así se tomo una muestra estratificada por conglomerados según sexo y edad, para mantener la proporción relativa de ambos parámetros. Para ello, utilizando el SIG se explotaron los datos del padrón Municipal para obtener la distribución por sexo y edad de cada Área, aplicando dichos resultados (relativizados) al total en encuestas por área.

El número total de encuestas realizadas asciende a 4.796, habiéndose producido una desviación positiva de +77 respecto a la muestra inicial, con el objeto de conseguir representatividad según sexo y edad en todas las Áreas según la segmentación realizada. La muestra inicial era de 4.719, que supone un error muestral de +/-1,45%.

## **5. Análisis**

Entre los objetivos del proyecto no solo se contemplaba la recopilación de una serie de información heterogénea en una plataforma con la que mostrar los resultados. Otro de los aspectos fundamentales se centraba en la explotación de las capacidades analíticas de los Sistemas de Información Geográfica y su aplicación al campo de la investigación social.

Así se muestran a continuación varios modelos basados en el empleo de algoritmos clásicos de los SIG que son utilizados de forma habitual en otras disciplinas y que han permitido la creación de indicadores demográficos (basados en un mapa de puntos generado mediante el método de interpolación por distancia inversa ponderada) que caracterizan la ciudad de una forma muy intuitiva. Por otra parte los indicadores de proximidad (basados en buffer o zonas de influencia alrededor de determinados puntos o servicios de interés) muestran los posibles déficits o la falta de cobertura de determinados servicios públicos en la ciudad.

### **5.1. Análisis espacial**

Se ha realizado un particular esfuerzo en aprovechar las capacidades analíticas de los Sistemas de Información Geográfica.

Por empezar con uno de sus aspectos menos complejos en cuanto a su elaboración, se han elaborado una amplia gama de mapas temáticos basados tanto en variables de tipo cualitativo como cuantitativo. De forma combinada se han empleado, así mismo gráficos estadísticos caracterizando zonas de análisis

sobre su propio espacio de existencia. En este bloque se han aprovechado las características gráficas y de cálculo del sistema para definir distintas zonificaciones de la ciudad de acuerdo con aspectos concretos en materia de análisis demográfico y vivienda principalmente.

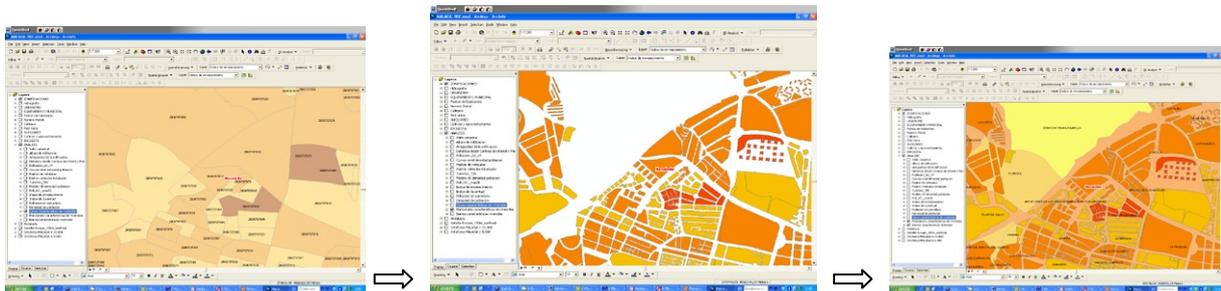
Uno de los mayores hándicap a los que se enfrenta un trabajo de esta naturaleza, es la falta de información a un suficiente nivel de desagregación para realizar operaciones analíticas de carácter espacial. Esta situación se agrava con aspectos como el secreto estadístico que impide, por ejemplo, al INE facilitar información con un nivel de desagregación por debajo de la sección censal. Para resolver este inconveniente se decidió realizar experiencias de desagregación y reagregación de información empleando las manzanas de la ciudad como elemento de transmisión.

El procedimiento aplicado es el siguiente:

Se elabora una capa con información media de sección censal a partir de las tablas INE.

Mediante un procedimiento de "unión espacial" se genera una capa a partir de las manzanas de la ciudad en la que cada manzana obtiene la información media del polígono del censo en la que se encuentra incluida.

Mediante una nueva operación de "unión espacial" se crea una capa a partir de la base de reagregación deseada (distrito, barrio, etc.) que contendrá como atributo la media de los valores individuales de cada manzana incluida completamente dentro de su perímetro.



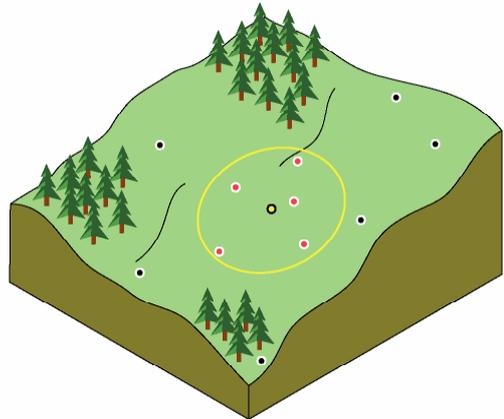
## 5.2. Distribución espacial de indicadores demográficos

La clara vocación de experimentación, innovación y ensayo que asistió a este proyecto desde su concepción, se materializó en la búsqueda de soportes de análisis novedosos fruto del maridaje de la información de base obtenida y de las capacidades analíticas clásicas de los SIG.

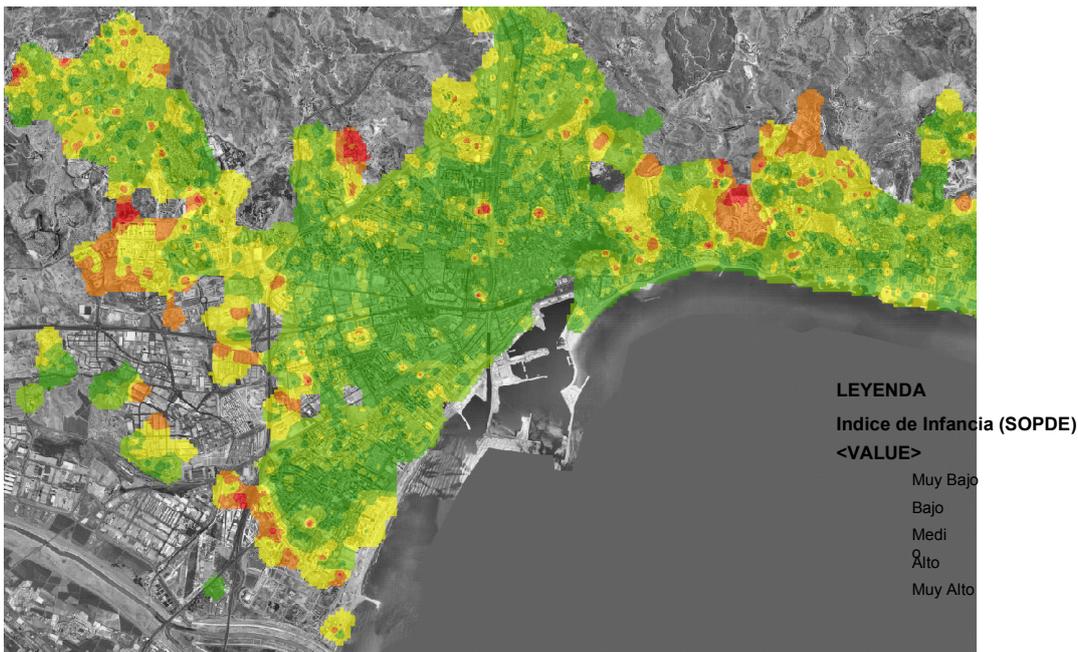
Dentro de esta línea de investigación se diseñó un método que permite caracterizar con un alto nivel de detalle la distribución espacial de la población contemplada desde el prisma de los indicadores demográficos clásicos.

El método se basa en la obtención de un elevado número de elementos muestrales calculados a nivel micro (manzanas catastrales) y distribuidos por todo el territorio en su localización real. A partir de este proceso se obtiene una nube de puntos a la que se aplica el método de interpolación por distancia inversa ponderada (Inverse Distance Weighted = IDW). Se trata de una herramienta de análisis geoestadístico cuya utilidad consiste en generar una capa raster (malla o grid), en la que se conoce el valor de una determinada variable en toda la extensión de la capa, calculándola a partir de una muestra puntual parcial.

La interpolación IDW explícitamente implementa la suposición de que los objetos que están más cerca unos de otros son más similares que otros que están muy lejos. Para predecir un valor en una localización no muestreada, el algoritmo usa valores medidos que rodean la localización de la predicción. Aquellos valores medidos más cercanos a la localización de la predicción tendrán más influencia sobre el valor predicho que los que están más lejos. Para ello el método asume que cada punto medido tiene una influencia local que disminuye con la distancia, ponderando los puntos más cercanos con más peso que los que están más lejos, lo que determina su nombre.



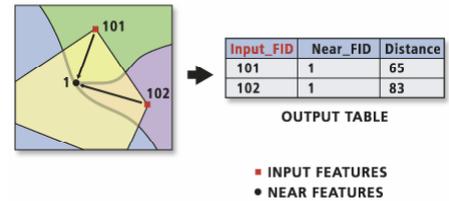
El resultado obtenido se refleja en el siguiente ejemplo que refleja la distribución espacial del Índice de Infancia:



## 5.2. Indicadores de Densidad

La herramienta de densidad de puntos calcula la densidad de las entidades puntuales para cada celda de la malla de salida. Conceptualmente, se define una vecindad alrededor del centro de cada celda, que varía para cada mapa, y el número de puntos que caen dentro de la vecindad se totaliza y se divide por el área de la vecindad.

Este mecanismo de análisis espacial se aplicó para la elaboración del mapa de distribución espacial de densidades medias de población. Se empleó como base una capa puntual con los centroides de las parcelas catastrales, que incluyen en uno de sus atributos la población total de cada una. También se ha considerado un radio de búsqueda de 500 m alrededor del centro de cada celda.



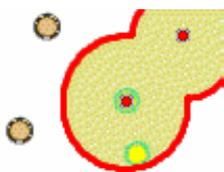
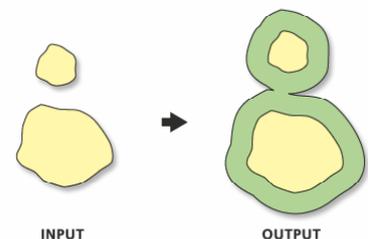
El resultado de aplicar una gradación de color al raster resultante, junto con una simbología semitransparente nos aporta mapas como el siguiente, en el que los colores más cálidos representan índices de densidad media de población más altas.



### 5.3. Indicadores de Proximidad

Los indicadores de proximidad se han calculado mediante la generación de buffers, corredores o zonas de influencia alrededor de determinados puntos o servicios de interés.

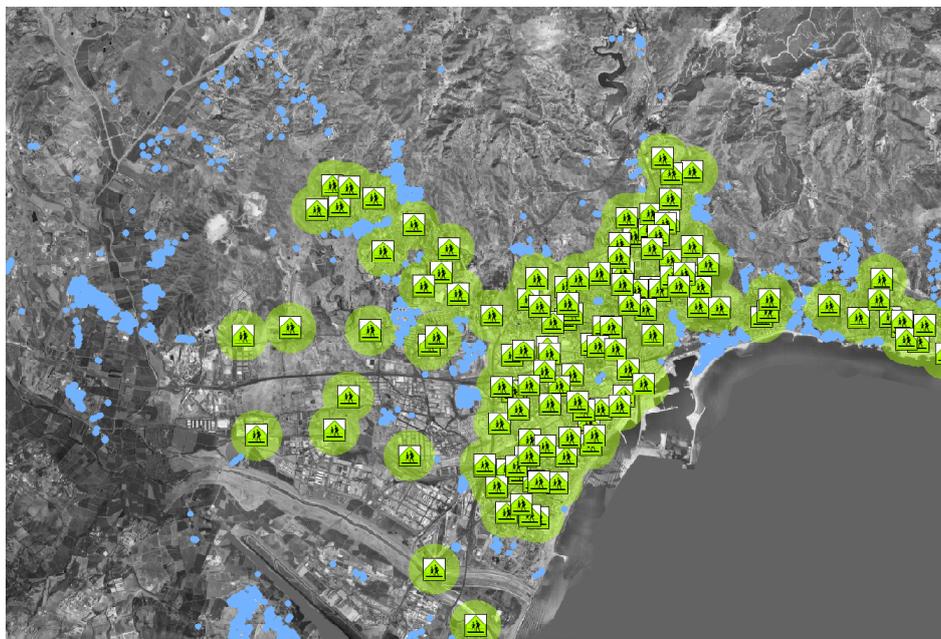
La herramienta de generación de zonas de influencia genera polígonos alrededor de las entidades de una capa, que puede ser poligonal, lineal o puntual.



En este proyecto se han empleado entidades puntuales correspondientes a la localización de los citados puntos de interés (colegios, centros de salud, etc.). La distancia aplicada ha sido constante de 500 metros, y para mayor claridad en la representación se han disuelto las fronteras entre las distintas zonas, como en la figura.

Una vez generadas las zonas de influencia, se ha resaltado la población que reside a una distancia superior a este valor; mediante la herramienta de selección espacial del SIG.

El siguiente ejemplo analiza la población de 3 a 5 años de edad que se encuentra a **más de 500 metros** de un Centro de Educación Infantil.



## 6. Conclusión

El presente documento recoge los primeros pasos en una línea de trabajo con enormes expectativas a corto plazo. La inclusión de nuevas capas de información, el empleo del álgebra de mapas, el uso de prototipos tridimensionales o de mecanismos de regresión espacial, no son más que algunos ejemplos del ingente potencial que surge de la aplicación de los Sistemas de Información Geográfica al mundo de la investigación social. Este planteamiento, participado por las distintas Administraciones involucradas, se ha manifestado en la voluntad de dar continuidad al proyecto en el convencimiento de estar cimentando una plataforma de asistencia y soporte para la gestión y planificación administrativa que habrá de dar sus mejores frutos en los próximos años.