

LA IMPORTANCIA DE LAS ZONAS VERDES OLVIDADAS DE LAS CIUDADES: SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE LAS ROTONDAS.

CASO DE ESTUDIO: CARRETERA C-245, BAIX LLOBREGAT.

DANIEL ORTIZ LÓPEZ



GEOGRAFÍA UB 2017
TRABAJO FINAL DE GRADO
BLOQUE: SISTEMAS NATURALES, CAMBIO GLOBAL Y PROCESOS
SOCIOECONÓMICOS
TUTOR: CARLES BARRIOCANAL LOZANO



**UNIVERSITAT DE
BARCELONA**

“El mejor momento para plantar un árbol fue hace veinte años. El segundo mejor momento es ahora”.

Proverbio chino.

Agradecimientos:

Quiero agradecer por acompañarme durante la consolidación de la idea de este trabajo de final de carrera a mi tutor, Carles Barriocanal Lozano, también por supuesto, por toda la ayuda prestada durante las distintas fases del mismo.

En la misma línea, quiero agradecer al profesor Rui Filipe Ferreira Carvalho, que durante el curso 2016 – 2017 me ha impartido la asignatura de Geografía física aplicada, toda la ayuda e interés por este trabajo, en especial énfasis, con todo lo relacionado con el SIG.

Finalmente, debo pararme a pensar en todos aquellos compañeros de carrera que durante cuatro años me han ayudado a convertirme en geógrafo, Martí Pol, Miguel Ángel Morán, Gonzalo Borges, Alejandro Gómez y Sergio Ramos. Así como a mi novia, Rocío y a toda mi familia que nunca dudaron en apoyarme en mi idea de ser geógrafo, gracias a todos.

ÍNDICE DEL TRABAJO

1.- INTRODUCCIÓN

1.1 Elección de tema.	7
1.2 Trascendencia del tema.	7
1.3 Área de estudio.	9
1.4 Objetivos del trabajo.	10
1.5 Hipótesis del trabajo.	11
1.6 Metodología del trabajo.	11
1.6.1 Crear fichas de identificación para cada rotonda del caso de estudio.	11
1.6.2 Delimitación de microcuencas urbanas en el área de estudio.	14
1.6.3 Crear una clasificación propia por tamaños para las rotondas.	16
1.6.4 Crear una clasificación propia en relación al tamaño de las rotondas y el uso del espacio	17

2.- MARCO TEÓRICO

2.1 La ecología urbana, una ciencia multidisciplinar por necesidad.	19
2.2 ¿La ciudad un ecosistema o los ecosistemas de las ciudades? Todo cambia según se utilice el término <i>Naturaleza</i> .	20
2.3 Marco conceptual de los servicios ecosistémicos, marco referente para grandes regiones naturales.	21
2.4 Servicios ecosistémicos urbanos.	25
2.5 Fijar un valor económico a los servicios ecosistémicos.	28
2.6 Servicios ecosistémicos urbanos en planificación local y regional.	30

2.7 Las rotondas, <i>no</i> lugares y espacios verdes olvidados de las ciudades.	31
3.- CASO DE ESTUDIO: RESULTADOS	
3.1 Servicios ecosistémicos seleccionados para relacionar con las rotondas.	33
3.2 Distribución y uso del espacio total del área de estudio.	34
3.3 Resultados relacionados con la delimitación de microcuencas con las rotondas como punto de desembocadura.	38
3.4 Servicios ecosistémicos de las rotondas, estado de la cuestión.	45
3.4.1 Rotondas Gigantes.	46
3.4.2 Rotondas Muy grandes.	48
3.4.3 Rotondas Grandes.	49
3.4.4 Rotondas Medianas.	50
3.4.5 Rotondas Pequeñas.	51
3.4.6 Rotondas Muy pequeñas.	52
3.5 Resumen, diagnóstico final de los resultados.	53
4.- CONCLUSIONES	
4.1 Conclusiones del trabajo.	55
4.1.1 Conclusiones de carácter teórico.	55
4.1.2 Conclusiones de carácter aplicado	57
4.2 Comprobación de las hipótesis del trabajo.	59
4.3 Propuestas.	60
5.- BIBLIOGRAFÍA.	62
6.- ANEXOS.	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Número total de rotondas por municipios del área de estudio e ID de cada una de ellas.	12
Tabla 2: Clasificación de las rotondas según el tamaño.	16
Tabla 3: Clasificación del nivel de utilización del espacio en referencia a la potenciación de su uso para que se den SE.	17
Tabla 4: SE seleccionados del marco teórico para ejecutar el estudio.	33
Tabla 5: Distribución del espacio total disponible, clasificado por las rotondas del caso de estudio.	36
Tabla 6: Clasificación del nivel de uso del espacio para que se den SE en las rotondas del caso de estudio.	37
Tabla 7: Características geométricas de las microcuencas delimitadas.	39
Tabla 8: Tiempos de concentración (Tc).	40
Tabla 9: Relación de los SE urbanos y las rotondas Gigantes, CAS5.	46
Tabla 10: Relación de los SE urbanos y las rotondas Muy grandes.	48
Tabla 11: Relación de los SE urbanos y las rotondas Grandes.	49
Tabla 12: Relación de los SE urbanos y las rotondas Medianas.	50
Tabla 13: Relación de los SE urbanos y las rotondas Pequeñas.	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Imagen satélite área de estudio.	9
Figura 2: Ejemplo de ficha para una rotonda del caso de estudio.	13
Figura 3: Ejemplo de herramientas para medir el tamaño de las rotondas.	16
Figura 4: Espacio ficticio comparativo del área que ocupan todas las rotondas juntas del caso de estudio.	35
Figura 5: Gráfico de círculo 3D con la superficie total de suelo verde y gris sobre la totalidad del espacio del caso de estudio.	36
Figura 6: Gráfico circular 3D con la distribución del nivel de uso del espacio total del caso de estudio para que se den SE.	38
Figura 7: Mapa delimitación de microcuenca con rotonda CAS1 como punto de desembocadura.	41
Figura 8: Mapa delimitación de microcuenca con rotonda CAS5 como punto de desembocadura.	42
Figura 9: Mapa delimitación de microcuenca con rotonda VIL12 como punto de desembocadura.	43
Figura 10: Mapa delimitación de microcuenca con rotonda VIL15 como punto de desembocadura.	44
Figura 11: Mapa delimitación de microcuenca con rotonda STB20 como punto de desembocadura.	45
Figura 12: Foto donde aparece infografía en un cartel sobre el estanque urbano de CAS5.	47
Figura 13: Ejemplo de rotonda con un hábitat complejo adecuado al espacio disponible, y al tamaño.	60
Figura 14: Foto de la rotonda CAS5.	61

1.-INTRODUCCIÓN

1.1 Elección del tema.

El interés por el espacio urbano, por la ordenación del mismo, bajo un planeamiento que se realice a través de una relación sana con el entorno es una línea de investigación importante para la Geografía moderna. El concepto de *habitar* la ciudad; “residir en la Tierra cuidando de ella” (Canadell et al., 2010, pp. 12) ha sido la motivación principal para estudiar Geografía, en el caso del autor de este trabajo.

El metabolismo urbano, entendido como las entradas y salidas de los procesos holísticos del sistema ecológico urbano, es el principal objeto de estudio de la ecología urbana a partir del siglo XXI. Es a través de las ciudades cómo la humanidad demuestra que tiene el dominio sobre todos los ecosistemas (Grimm et al., 2008). La ciudad posee naturaleza simbólica en los espacios verdes que pueden ser lugares (parques y jardines) y *no* lugares (Aguilar, 2013), entendidos éstos como espacios sin interés latente o apego (por ejemplo, aquellos espacios que separan carreteras entre sí o rotondas de tráfico), los relacionados con las infraestructuras de una ciudad son fácil de catalogar como tal. Estos *no* lugares, zonas verdes olvidadas de las ciudades (entre otros), como las rotondas, deberían tenerse en cuenta al proponer urbanismo ecológico cuando en ellos se instala la naturaleza, debido a que forman un papel muy importante en el metabolismo urbano.

El caso de estudio de este trabajo tratará de identificar, analizar y diagnosticar los servicios ecosistémicos (en adelante SE) que aparecen en las rotondas de tráfico de una carretera en concreto, la carretera C-245. La naturaleza simbólica (ornamental) instalada en estos *no* lugares (rotondas) de manera directa o indirecta ofrecen SE, que tipo de SE aparece en cada rotonda, en relación a qué tipo de vegetación o uso del espacio tiene cada rotonda es lo que se quiere valorar.

1.2 Trascendencia del tema.

Según datos oficiales de las Naciones Unidas DESA (división de población del Departamento de Asuntos Económicos y Sociales) del año 2014, el 54% de la población reside en áreas urbanas y las proyecciones en base a distintos escenarios (más conservadores o más alarmistas) coinciden; la población residente en áreas urbanas en el año 2050 aumentará a valores cercanos al 66%. Este fenómeno (sobrepoblación y urbanización de la sociedad) ha hecho aumentar considerablemente en un corto espacio de tiempo los estudios sobre ecología urbana, en un contexto global de ligar el crecimiento y desarrollo urbano con la sostenibilidad. Siendo el periodo 2000 – 2010

cuando se produjo el pico más importante de publicaciones de estudios de ecología urbana, suponiendo un 72% del total histórico de los mismos (Duque et al., 2012).

En 1997 Gretchen Daily publica un libro titulado “Nature's Services: Societal Dependence On Natural Ecosystems”, habla de los SE y ofrece una descripción tipológica detallada, siendo uno de los trabajos más reputados sobre SE. La revista *Nature*, publica un artículo elaborado por Robert Costanza y otros colegas, entre ellos Rudolf S. de Groot, en 1997 titulado “The Value of the world's ecosystems services and natural capital”, convirtiéndose en referencia mundial sobre el tema de los SE. También lo es la revista *Ecological economics*, que en el 2002 publica un artículo de Rudolf S. de Groot, “A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and service” continua con el trabajo anterior de Costanza y lo amplía. Antes, la misma revista, en 1999, publica un artículo clave para este trabajo: “Ecosystems service in urban áreas” de Per Bolund y Sven Hunhammar, valorando de la lista de SE de R. Costanza cuáles son los más importantes en contextos urbanos y periurbanos.

Posteriormente, en 2005, varias agencias de las Naciones Unidas y convenios internacionales, con la ayuda del sector privado y la sociedad civil publican el informe síntesis que muestra los resultados del mayor estudio ecológico realizado hasta la fecha, a través de un coloquio de 1.360 científicos, según la propia web, relacionados con las ciencias naturales en su mayoría, pero también con las ciencias sociales, realizan la mayor auditoria ecológica del mundo conocida como Millennium Ecosystem Assessment (MA 2005). Con este estudio se instala dentro del marco conceptual en Ecología urbana el concepto de SE, así como la clasificación de los mismos. Se ofrece a todos los órganos de gobierno del mundo y centros de toma de decisión, para que en planificación territorial tengan una guía práctica para analizar y diagnosticar los SE y así proponer medidas de conservación o compensaciones, sanciones por su destrucción, etc.

En el año 2010 la UNESCO realiza en la declaración universal de Nagoya (Japón) con motivo de la Cumbre de Ciudades por la Diversidad Biológica, una apuesta firme por valorar los ecosistemas urbanos, cómo los SE de éstos son necesarios para dar soporte vital a las ciudades, además aparece en el mismo año el informe TEEB (*The Economics of Ecosystems and Biodiversity*, PNUMA). Iniciativa global que pretende difundir el valor natural y promover acciones de “economía verde”.

En diciembre de 2014 la Dirección de Servicios Ambientales del AMB (con la ayuda del CREAM) presenta un trabajo sobre el estado del verde urbano del área metropolitana de Barcelona titulado “Serveis ecosistèmics de la infraestructura verda de l'Àrea Metropolitana de Barcelona: primera diagnosi”, forma parte del PSAMB 2014 – 2020 (Plà Sostenibilitat Àrea Metropolitana de Barcelona 2014 – 2020) y los autores son Corina Basnou, Jordi Vayreda y Joan Pino. En este trabajo se concluye que faltan ejemplos o modelos para integrar a nivel local en planificación territorial los SE.

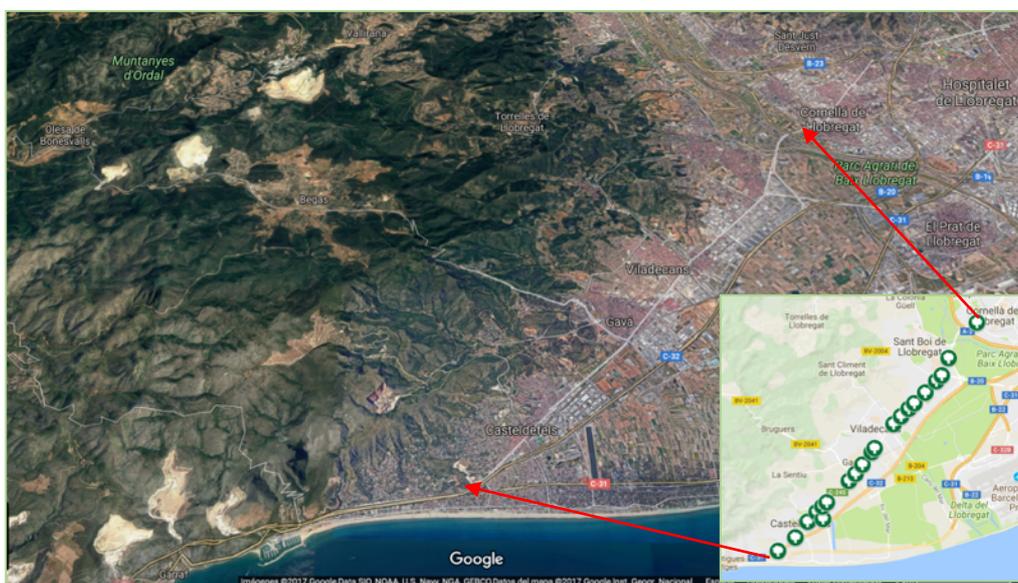
1.3 Área de estudio.

El área de estudio es elegida por residir el autor en una de las ciudades que abarca el caso de estudio, además, para que se cumplan las hipótesis principales, lo más importante es comprobar qué SE ofrecen las rotondas y por qué, donde estén ubicadas éstas, no es relevante, ya que todas son zonas verdes (cuando hay naturaleza instalada) olvidadas de las ciudades.

En un futuro próximo (año 2018), la carretera C - 245 sufrirá cambios importantes y sería interesante ver cómo se han gestionado estos espacios que ofrecen las rotondas. El 1 de agosto de 2016 la Oficina de Comunicación y Prensa del Departamento de Territorio y Sostenibilidad de la Generalitat publicó un comunicado en el cual informa de la licitación de un proyecto muy ambicioso de carril bus y vía ciclista en la carretera C – 245 en el Baix Llobregat, siendo uno de los objetivos mejorar la calidad del aire. La carretera es un eje vertebrador de la comarca que conecta cinco localidades del AMB que son: Cornellà del Llobregat, Sant Boi del Llobregat, Viladecans, Gavà y Castelldefels, entre todas suman más de 350.000 habitantes. En 15 kilómetros lineales más de 35.000 personas transitan en autobús a diario, suponiendo alrededor de 600 circulaciones al día y aproximadamente un total de 18.000 vehículos privados en los tramos de mayor densidad.

Castelldefels, cuenta con un total de siete rotondas (CAS5, junto centro comercial Àncel Blau y situada a 30 metros, conecta con la C – 245), Gavà que cuenta con un total de cuatro, Viladecans, cuenta también con un total de cuatro, Sant Boi del Llobregat, cuenta con un total de cinco y en Cornellà del Llobregat se ha seleccionado sólo una rotonda debido a que la carretera cuenta con dos rotondas más, pero son invadidas por el paso del Trambaix.

Figura 1: Imagen satélite área de estudio.



Fuente: Google Maps

Por encima de la imagen satélite se puede ver una captura de imagen, se trata de un recorte del mapa realizado con Google My Maps para calcular la superficie o área de cada rotonda (el marcador es un círculo verde con un árbol blanco en su interior representando una zona verde). Un total de veintiuna rotondas que, sumando todos los espacios fragmentados, ofrecen 4,3 hectáreas de espacio total a analizar.

En relación a la geolocalización, el área de estudio está delimitada principalmente y de forma transversal, por las montañas de la cordillera litoral y el mar:

- En el lado Oeste se puede encontrar, primero, suelo urbano, en la parte plana y las montañas de la cordillera litoral catalana a partir de los 100 m de altura (aprox). La montaña del Montbaig tocan Sant Boi del Llobregat y Viladecans, los montes de la Serra de Miramar tocan Viladecans y ya en Castelldefels el monte de la Serra de Llopard y el Macizo del Garraf son los sistemas de baja montaña comprendidos en el área de estudio. Las alturas de los puntos más altos de estos pequeños sistemas montañosos oscilan entre los 250 m (Montaña de Sant Ramón, Montbaig) y los 300 m (Turó del Fanxó, Castelldefels) de media, pero con la cercanía y en la misma vertiente que la Morella (Begues), con casi 600 metros de altura (Figura 1, se puede apreciar toda la cadena de montaña en la mitad izquierda de la imagen).
- En el lado Este en cambio, se encuentran zonas industriales instaladas en la llanura aluvial del delta del río Llobregat hasta encontrar la autopista C -32 y entre medio de ésta y la autovía C-31, el Parque Agrario del Baix Llobregat.

1.4 Objetivos del trabajo.

Se entiende al observar el carácter joven de los estudios relacionados con SE urbanos que es una línea de investigación en muy joven, en actualidad y en auge. Hay que remarcar que estudios que relacionen SE urbanos y zonas verdes olvidadas de las ciudades, por no hablar de directamente relacionados con las rotondas, no han sido encontrados en los principales buscadores científicos de internet, excepto una investigación realizada sobre rotondas y micro hábitats para insectos (Leather et al., 2005) como islas de biodiversidad urbana. Por ello tanto los objetivos principales del estudio como las hipótesis del mismo no han sido antes planteados/as.

Los objetivos principales del estudio son:

- Identificar los distintos SE proporcionados por la naturaleza instalada en las rotondas.
- Evaluar los SE que ofrece cada una de las rotondas como espacios verdes olvidados y fragmentados.

- Identificar y evaluar rotondas en el área de estudio que puedan tener la función de balsas de laminación.
- Proponer una naturación planificada para crear hábitats complejos (desde árboles grandes a arbustos pequeños) y así potenciar diferentes tipos de SE.

1.5 Hipótesis del trabajo.

Las hipótesis principales de este trabajo son:

- La naturaleza instalada en las rotondas ofrece SE.
- En general, no se ha planificado la naturación de las rotondas pensando en los SE sino en la estética paisajística u ornamentación.
- La planificación de la naturación bajo la potenciación de los SE de las rotondas potenciaría la calidad medioambiental del entorno próximo de las carreteras.

1.6 Metodología del trabajo.

Para cumplir con los objetivos de este trabajo se detalla a continuación la metodología utilizada; consta de cuatro subapartados que hablan de las herramientas y métodos utilizados para elaborar este trabajo.

1.6.1 Crear fichas de identificación para cada rotonda del área de estudio (veintiuna en total).

Características específicas de cada rotonda en formato ficha, para unificar criterios. En las cuales se encuentra una descripción de la rotonda, basada principalmente en la observación directa, además de la investigación de websites oficiales (AMB, planes municipales o de otro tipo).

Las fichas son la herramienta clave en este trabajo, tienen todos los datos necesarios para realizar el análisis sobre el estado de la cuestión y de esta manera extraer los resultados con los cuales proceder a realizar una diagnosis bien argumentada. Veintiuna fichas, una por rotonda, (adjuntas en los anexos) y que quedan distribuidas por municipios de la siguiente manera.

Tabla 1: Número total de rotondas por municipios del área de estudio e ID de cada una de ellas.

CASTELLDEFELS	GAVÀ	VILADECANS	SANT BOI	CORNELLÀ
CAS1	GAV8	VIL12	STB16	COR21
CAS2	GAV9	VIL13	STB17	
CAS3	GAV10	VIL14	STB18	
CAS4	GAV11	VIL15	STB19	
CAS5			STB20	
CAS6				
CAS7				

Fuente: elaboración propia

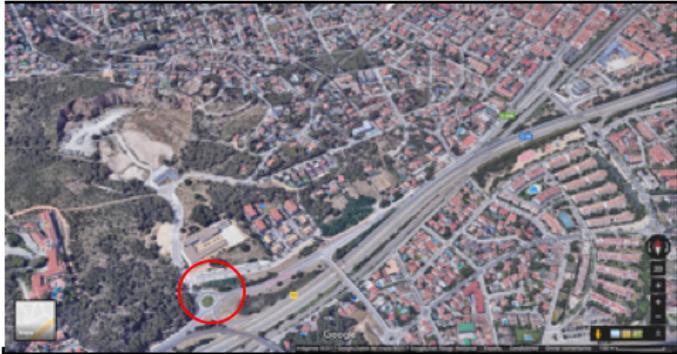
En la primera fila se encuentra el nombre del municipio y en cada columna el total de rotondas existentes durante el paso de la carretera C – 245 por los municipios. El número identificativo o ID de cada rotonda son todos los que se pueden ver en cada columna debajo del nombre de cada municipio.

Contenido de la ficha:

- Características básicas o morfológicas (ancho, largo, área, etc).
 - Percepción subjetiva del observador en cuanto a:
 - % cobertura de verde y gris.
 - Entorno (industrial o residencial).
- Calificación del suelo según el geoportal de planeamiento urbanístico refundido del AMB de cada rotonda.
- Naturaleza instalada en el espacio interior, breve descripción de las especies de árboles grandes, incluida la identificación de la especie. Breve descripción de forma de arbustos, que pueden ser pequeños (< 1m altura, <1m ancho, < 1m largo), medianos (entre 1 y 2 m altura, entre 1 y 2 metros ancho, entre 2 y 4 m largo) o grandes (> 2m altura, > 1 m ancho, > 4m largo) no incluida la identificación de la especie. No se incluye la descripción de la especie porque para que se den SE lo importante es el área foliar de cualquier especie, perdiendo importancia los arbustos ante los grandes árboles, en el caso de los grandes árboles sí que es importante la especie por sus características en relación al área foliar, como, por ejemplo, que sea o no sea caducifolio, suponiendo que durante un periodo de tiempo importante pierde las hojas.
- SE que se aparecen en cada rotonda (de la clasificación de los SE seleccionados). Dependiendo de: especies de plantas, arbustos y árboles más abundantes instalados/as en el espacio interior de las rotondas. En el marco teórico se ofrecen

diversas clasificaciones de SE, posteriormente en el caso de estudio se señalará el autor elegido y la justificación.

Figura 2: Ejemplo de ficha para una rotonda del caso de estudio.

FICHA ROTONDA		ID: CAS1
		<p>Fecha foto Google: abril 2016 Fecha última observación: 26/7/17 Cambios: No Rotonda área de estudio: 1 de 21 Fuente: Google Maps</p>
<p>Municipio: Castelldefels Entorno: Urbano Disperso Régimen de suelo según Planeamiento Urbanístico Refundido del AMB: Sin Información Coordenadas: 41°16'11.0"N 1°57'55.3"E</p>		
CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS		
Forma:	Circular	Área del espacio interior: 707 m ²
Tamaño:	Mediana	Medidas: 30m x 30 m
Cubierta: % proporción verde/gris: 60 / 40		
NATURALEZA INSTALADA		
6 Palmeras jóvenes de no más de 1 metro de altura. Arbustos pequeños, ocupan un espacio < 15% del total de la superficie Césped bien cuidado.		
SERVICIOS ECOSISTÉMICOS URBANOS		
Polinización y dispersión de semillas.		
SE que aparecen: 1 de 8		
Nivel del uso del espacio para que se den SE: Bajo		
Inundaciones → Estudio de microcuencas y tiempo de concentración: SI		

Fuente: elaboración propia

1.6.2 Delimitación de microcuencas urbanas en el área de estudio.

Analizar la potencialidad de algunas rotondas objeto de estudio como balsas de laminación, en las fichas aparece si la rotonda ha sido evaluada para tal función. Para ello es necesario delimitar microcuencas hidrográficas en el sur del Baix Llobregat (área de estudio) con herramientas SIG y realizar cálculos de geometría de cuencas y cálculos hidrológicos de avenidas. El SIG utilizado para realizar todos los cálculos relacionados con microcuencas del sistema de drenaje pluvial de las mismas ha sido Arcmap®. Con esta herramienta se han realizado una serie de pasos relacionados con funciones de análisis espacial de hidrología que son desglosados en los anexos, todo acompañado de capturas de imágenes.

El objetivo principal en este caso es el de delimitar las microcuencas hidrográficas para comprobar la función de ciertas rotondas de la carretera C- 245 como balsas de laminación una vez se extraigan resultados sobre geometría de cuencas y tiempos de concentración. Existe un ejemplo en la rotonda VIL15 en Viladecans, que ha sido planificada por el ayuntamiento (en el Pla Parcial del sector industrial PPU – 001 Can N'Alemany) para esta función. Este caso es el que nos sirve de precedente y motivación para investigar si otras rotondas del área de estudio pueden tener la misma función.

El sistema de drenaje de agua pluvial en áreas urbanas es artificial y en áreas no urbanas el drenaje ocurre de forma natural como complemento del sistema natural del territorio. En áreas urbanas el sistema es unitario (aguas residuales y pluviales canalizadas juntas), el alcantarillado coincide con la red de drenaje, según informa AMB (en la web: ciclo del agua, prevención de inundaciones). Estas redes de alcantarillado están complementadas por distintas estructuras de regulación como los depósitos de retención o balsas de laminación que tienen la función de evitar la salida de agua de la red de alcantarillado. En las balsas de laminación las aguas quedan retenidas y se reduce la carga contaminante sólida de metales pesados y otras partículas, así cuando se crea oportuno se puede redistribuir de nuevo hacia el medio receptor (EDAR u otros depósitos con fines de riego, etc).

Ha sido necesario para realizar el análisis de algunas rotondas como balsas de laminación efectuar cálculos relacionados con la red hidrográfica, así como cálculos hidrológicos de avenidas, descritos a continuación:

- Densidad de drenaje (Horton): es la relación entre la superficie o área de la cuenca (A) y la longitud (L) total de los canales de la cuenca; $D = \frac{\sum \text{Longitud de todos los canales de la cuenca en km}}{\text{Área de la cuenca en km}^2}$.

Este cálculo representa de una forma sencilla la dinámica de la cuenca en cuanto al tipo de escorrentía de la red hidrográfica, en relación a la recepción de la cuenca de las precipitaciones y la erosión por el tipo de suelo, la permeabilidad, la erosión, etc. Cuanto mayor sea la densidad de drenaje (D), más fina será la textura del cauce, es decir tiene

menor poder de retención y por consiguiente menor tiempo de respuesta. En este sentido, y según lo aportado como material de estudio en la asignatura de Geografía física aplicada en la UB durante el curso 2017, los valores de D comprendidos entre 3 y 14 serán de textura grosera, 12 y 16 textura media, 30 y 40 textura fina y más de 200, textura ultrafina.

- Índice o coeficiente de compacidad o K_c (Gravelius): es la relación entre la superficie de la cuenca o área de la cuenca (A) y el perímetro (P) de la cuenca; $K_c = 0,282$ (constante) * (Perímetro total de la cuenca / $\sqrt{\text{Área de la cuenca}}$).

Este índice hace referencia a la forma de la cuenca, antes en la explicación de la densidad de drenaje se ha mencionado el tiempo de respuesta, pues bien, la forma de la cuenca va directamente relacionada al mismo concepto, ya que el tiempo de respuesta hace referencia al tiempo que recorre la totalidad de las aguas por la totalidad de la red de drenaje. Los resultados oscilan entre 1 y 2, siendo 1 una cuenca con forma circular y en cuanto más alargada y estrecha, más cerca de 2.

- Tiempo de concentración o T_c (Giandotti): Hace referencia al tiempo que tarda en llegar una gota de agua de lluvia caída en el punto más alejado de la cuenca hasta el punto de desagüe; $T_c = (4\sqrt{\text{Área de la cuenca}} + 1.5 L \text{ canal principal}) / 0,8 \sqrt{\text{Altitud media de la cuenca}}$.

Este cálculo es considerado como un cálculo hidrológico de avenidas y depende de factores como el tamaño de la cuenca. Más tamaño, más T_c ; a la topografía, más pendiente, menos T_c ; y la forma, más alargada, menos T_c . En los anexos se podrán encontrar los perfiles altitudinales del canal principal de cada microcuenca.

La regulación del agua y el tratamiento de residuos son SE muy importantes, en el caso del segundo, al retener en el lecho muchos contaminantes. Una rotonda cuando tiene una dimensión importante, por ejemplo, con la división por tamaños realizada en la Tabla 1, Muy grande ($>3000 \text{ m}^2$ a 10.000 m^2) o Gigante ($>10.000 \text{ m}^2$) puede ser planificada como balsa de laminación. Un ejemplo en este estudio es VIL15 (en Viladecans). Como dice la memoria y evaluación financiera de la modificación del PPU del sector de Llevant, Viladecans (Julio 2015), la cercanía a las faldas de la montaña de Sant Ramón y la imposibilidad de canalizar el agua de manera subterránea hasta justo la altura de la rotonda, combinado con un tiempo de concentración bajo y dos canales principales (torrentes) muestran indicios de peligrosidad y riesgo de inundación en la zona, por ello se planifica esta rotonda de grandes dimensiones como balsa de laminación.

1.6.3 Crear una clasificación propia por tamaños para las rotondas

Para así facilitar el cruce de datos en la diagnosis y la extracción de conclusiones, en el momento de relacionar el tamaño de las rotondas con el uso del espacio de las mismas y SE. Para ello es necesario crear un fichero Excel con todas las rotondas (ID y área), donde los resultados se verán más adelante en el apartado pertinente.

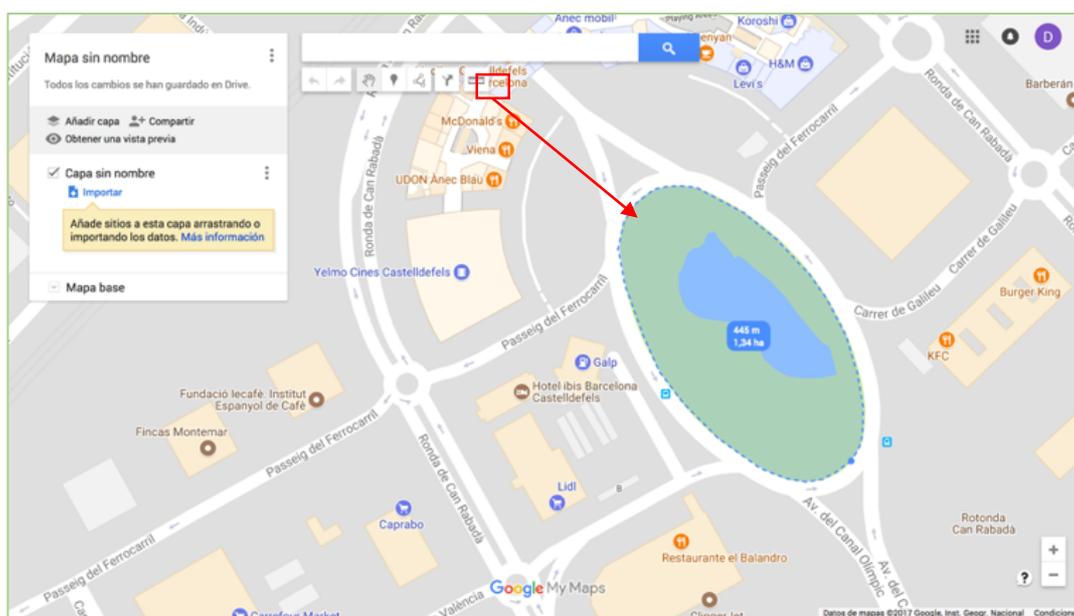
Tabla 2: Clasificación de las rotondas según el tamaño.

Área en m ²	Tamaño de la rotonda
<100	Muy Pequeña
101 a 400	Pequeña
401 a 800	Mediana
801 a 3000	Grande
3001 a 10000	Muy Grande
>10000	Gigante

Fuente: elaboración propia

Se ha utilizado la herramienta de medir áreas de Google My Maps, consiste en dibujar el polígono de la rotonda encima del mapa de Google, marcando puntos siguiendo el borde de la misma, hasta unirlos, al cerrar el polígono ofrece la medida en ha (hectáreas).

Figura 3: Ejemplo de herramientas para medir el tamaño de las rotondas.



Fuente: elaboración propia

En el ejemplo se muestra la rotonda del CAS5 (junto a centro comercial Ánec Blau, Castelldefels), es una tarea sencilla, simplemente hay que repetir el proceso con las 21 rotondas del área de estudio. Como imagen de la rotonda para las fichas se ha utilizado la herramienta de Google Maps ya que es una herramienta online muy interesante en Geografía y se ha realizado un ejercicio de comparar con la observación directa, en diferentes fechas, por si ha sufrido cambios. En todos los casos las imágenes muestran la realidad, por ello unas de las primeras informaciones de la ficha son la fecha en la que Google tomó la foto y la fecha de la última observación en el trabajo de campo de este trabajo. También se hace referencia al orden de las rotondas estudiadas con el apartado “Rotonda área de estudio:” en el caso del ejemplo de la Figura 2 es “1 de 21”, es decir, el trabajo de campo se ha llevado bajo un orden, se podría decir geográfico, empezando por Castelldefels y acabando por Cornellà del Llobregat, de Sud a Norte. Es por ello que el ID de las rotondas empieza por las tres primeras letras de la localidad más el número de orden ahora descrito, como por ejemplo CAS1 (Castelldefels, Rotonda área de estudio: 1).

1.6.4 Crear una clasificación propia en relación al tamaño de las rotondas y el uso del espacio.

Es muy importante en estas fichas comprender el nivel de utilización del espacio en referencia a la potenciación de su uso para que se den SE. En el caso del ejemplo de la Figura 2 es “Bajo”, como se puede ver en esta tabla es debido a que solo existe césped, seis palmeras y algunas especies de flores que ocupan menos del 20 % del espacio interior de la rotonda. en todas las fichas siempre será la penúltima línea, la última línea muestra si la rotonda en cuestión ha sido evaluada en el estudio de inundaciones, ambas cosas en el apartado de SE.

Tabla 3: Clasificación del nivel de utilización del espacio en referencia a la potenciación de su uso para que se den SE.

Espacio ocupado por:	Nivel de uso del espacio para los SE
-Solo Césped, no hay más naturaleza	Muy bajo
-Césped y muy pocas especies de plantas, arbustos o árboles aisladas/os, que ocupan un espacio < 20 % del total.	Bajo
-Césped y poca cantidad de especies de plantas, arbustos o árboles que ocupan un espacio > 20 % hasta el 50% del total.	Medio
-Variedad en los taxones de plantas, arbustos o árboles, o en cambio, hay un número importante de arbustos o árboles de una misma especie, o pocos números de especies, pero de gran talla (>15m). Ocupando un espacio > 50% y hasta el 80% del total del espacio de la rotonda.	Alto

<p>-Gran cantidad de árboles grandes en relación al espacio de la rotonda (> 80%) o en cambio se aprecia un micro hábitat complejo y armónico con variedad en la presencia de árboles grandes, arbustos de distintos tamaños, incluso presencia de agua. -Balsa de laminación planificada.</p>	<p>Muy Alto</p>
---	-----------------

Fuente: elaboración propia

El nivel de uso del espacio para que se den SE se relaciona proporcionalmente con el tamaño de la rotonda, por eso, en la tabla cuando se lee “que ocupan un espacio < 20 % del total”, se hace referencia al total de la superficie de la rotonda. Con esto se pretende dejar claro que, no es lo mismo cinco árboles de más de 18 metros instalados en una rotonda de tamaño Muy Grande (> de 3001 m²), donde aún queda mucho espacio libre, sin uso, que estos mismos árboles instalados en una rotonda Pequeña (entre 101 y 400 m²), en el primer caso, el nivel de uso del espacio para que se den SE será Bajo, y en el segundo, será Medio o Alto, por poner un ejemplo. La tabla en definitiva valora las rotondas como micro hábitats complejos, siendo de menor a mayor el nivel de uso del espacio para que se den SE según la presencia de mayor número de especies de árboles gran tamaño (relacionados con los SE de regulación) y arbustos de diferentes tipos y medidas (relacionados con los SE de polinización y refugio).

El siguiente gran apartado después de la introducción es el marco teórico, dentro de éste se podrá encontrar todo lo relacionado con los SE. Antes se hace referencia a la característica más importante de la línea de investigación (Ecología urbana), que no es otra que el carácter multidisciplinar de la misma, y así poder entender la relación conceptual entre ciudad y naturaleza.

En relación con los SE, puede encontrarse en primer lugar el marco conceptual, con una selección de autores, definiciones y clasificaciones aptos/as para cumplir con un enfoque multiescalar muy necesario, es decir, desde una escala más global, nivel grandes regiones naturales planetarias, por ejemplo (MA2005), hasta una escala más local y regional, los SE urbanos (Bolund & Hunhammar). En segundo lugar, cómo se valoran económicamente estos SE, y, en tercer lugar, se habla de lo que se ha podido encontrar en las principales revistas científicas relacionadas con el tema hasta ahora, en cuanto a material teórico, en planificación local y regional en relación a los SE urbanos. Para acabar el marco teórico, se habla del concepto rotonda como espacio verde olvidado en las ciudades.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 La Ecología urbana, una ciencia multidisciplinar por necesidad.

La Ecología urbana puede entenderse como una ciencia propia, pero que aún no está institucionalizada (no existe la carrera de Ecología urbana en España), hoy especializada en el estudio de los ecosistemas urbanos con un enfoque integral. El enfoque integral hace que sea una ciencia por necesidad multidisciplinar: urbanitas, ecólogos, arquitectos / as, ingenieros / as, sociólogos / as, antropólogos y / as y geógrafos / as, entre otros, aportan mucho conocimiento en esta ciencia. La definición más actualizada y más recurrente es la siguiente: La Ecología urbana combina la metodología y la teoría de las ciencias naturales y sociales para estudiar los procesos de los ecosistemas urbanos (Grimm et al., 2008).

La escuela de Chicago asienta las bases de la disciplina (Park, 1925) cuando aparecen estudios de las dinámicas socio – espaciales y de comportamiento en las ciudades, que, a través de análisis metodológicos propio de las ciencias naturales, se propuso entender la ciudad como un ecosistema. La obra de Ramón Margalef (autor referente en Ecología tradicional) de 1974 *Ecología* contemplaba desde las ciencias naturales en Catalunya ya por entonces el factor urbano, siguiendo el enfoque de la escuela de Chicago. No obstante, desde la Ecología tradicional en España ha existido históricamente autocensura a la hora de entender el factor antrópico dentro de los estudios ecológicos naturales (Flos, 2013). Es por ello que otras disciplinas humanísticas y sociales han aportado más conocimiento en Ecología urbana que la propia Ecología, fortaleciendo de este modo el carácter multidisciplinar.

Desde el informe del Club de Roma de 1972 que habla del peligro del factor humano en la producción de la Tierra de recursos propios, en los límites de la misma y lo que supone el sistema mundial de crecimiento (capitalismo) en los ecosistemas del planeta, proliferaron a nivel mundial los estudios sobre el medio ambiente. Es en 1992 con la Cumbre de la Tierra de Río cuando se consolida la destrucción de la naturaleza como uno de los problemas más importantes de la humanidad que la ciencia unida, y de manera holística, debe proponer soluciones para crecer frenando esta tendencia. Queda claro entonces que la nueva Ecología urbana quiere diferenciarse de la Ecología tradicional centrandó su estudio en el factor antrópico como principal agente propulsor de los cambios metabólicos de los ecosistemas (Alberti et al., 2003).

Se fortalece de este modo la inclusión de las ciencias sociales en los estudios de comportamiento de los ecosistemas urbanos, aportando ciencia al nuevo paradigma en

Ecología tradicional (Pickett et al., 1993), reconocer que los seres humanos son componentes de los ecosistemas.

Recientemente un campo que gana fuerza dentro de la Ecología urbana es el estudio del verde urbano o áreas verdes de las ciudades (Duque et al., 2012). Entendiendo la importancia funcional de estos espacios urbanos, que no dejan de ser naturales, y que por consiguiente ofrecen múltiples beneficios para los habitantes de las ciudades en forma de SE. Las oportunidades que se presentan en investigación relacionadas con los SE urbanos son enormes, puede ser considerado este fenómeno un nuevo paradigma en Ecología urbana (Alberti et al., 2003).

2.2 ¿La ciudad un ecosistema o los ecosistemas de las ciudades? Todo cambia según como se utilice el término *Naturaleza*.

La relación del término ecosistema y ciudad viene dada al comprender que el metabolismo de las ciudades necesita de unos *inputs* exógenos (combustibles fósiles) para alimentar la demanda de energía de sus habitantes y que produce unos *outputs* en forma de contaminantes y residuos que se debe intentar que causen el menor impacto posible en la naturaleza (Wolman, 1965). Por ello hoy en día se entiende o estudia el metabolismo urbano para fijar indicadores de sostenibilidad de las ciudades, con estudios cuantitativos sobre emisiones de gases de efecto invernadero en las ciudades, por ejemplo, y así proponer modelos más sostenibles de ciudad, principalmente a través de políticas de urbanismo, herramientas de diseño de la ciudad (Kennedy et al., 2011).

En ecología urbana el término *naturaleza* se ha enfocado de distintas formas según la disciplina de las ciencias sociales que ha estudiado la ciudad y sus dinámicas. Como se ha mencionado anteriormente, en 1925 los principales sociólogos de la escuela de Chicago; R. E. Park, W.E. Burgess y R. D. MacKenzie, propusieron entender la ciudad como un ecosistema, es decir un sistema vivo, utilizando conceptos biológicos para explicar la ciudad, pero no se utilizó el concepto de *naturaleza* para estudiar los ecosistemas naturales de la ciudad o verde urbano. Más tarde, en la década de los setenta, los ecólogos en mayoría proponen la concepción de la *naturaleza* de las ciudades como los elementos materiales biológicos, entendiendo así la ciudad como un todo para proponer una gestión urbana que favorezca a la calidad de vida de los habitantes mediante el cuidado del verde urbano (Blanc, 1998).

Se empieza a poner en valor el verde urbano y su importancia como objeto de estudio. Con esta nueva base, en los años ochenta, desde las ciencias sociales la ecología urbana pretende renovar los estudios sobre ciudad a través de la introducción del concepto de sostenibilidad de las ciudades, apostar por la *naturación* de suelo, desacreditando de esta forma las políticas de urbanismo del momento. Desde los años noventa hasta hoy los actores de la ecología urbana son los gestores urbanos que defienden que la *naturaleza*

(verde urbano) de las ciudades es el factor clave para entender el ecosistema que supone la ciudad, la ecología urbana, en sus estudios más recientes, se centra en los SE urbanos.

La ciudad propuesta por la Carta de Atenas, respecto al tipo de planificación funcionalista, trata de encontrar la compatibilidad de los usos del suelo, con lo que la ciudad resultante es la ciudad difusa. De esta forma la conexión física entre las diferentes zonas funcionales de la ciudad se realiza a través de carreteras, mediante el uso del vehículo motorizado privado y público (autobuses). Mientras más crezca la red de carreteras, más crece la ciudad. Se aumenta con esto el problema medioambiental que supone la movilidad con vehículos a motor de combustibles fósiles, contaminación atmosférica, efecto isla de calor y, lo más importante, al consumir suelo desaparece la naturaleza (Rueda, 2004). Bajo este modelo de planificación se formó el Área Metropolitana de Barcelona, y muchas otras áreas metropolitanas en el mundo, produciendo así una cantidad importante de zonas verdes olvidadas tanto en las ciudades como en los espacios interurbanos que conectan las ciudades.

2.3 Marco conceptual de los SE, marco referente para grandes regiones naturales.

En el siglo XIX se instala en el mundo de forma mayoritaria el sistema capitalista, la teoría de mercado de la oferta y la demanda atribuye el valor de todas las cosas. La economía de mercado arbitra como se debe acumular riqueza por parte de los Estados y en las reglas del juego el medio ambiente se ve claramente damnificado. Desde los años setenta en adelante el mundo ambientalista quiere fortalecer el papel de la naturaleza. Mediante un enfoque económico, se pretende calcular el valor de la naturaleza y de esta forma fijar un precio a cada acción de daño irrespetuoso contra los ecosistemas del planeta, bajo esta premisa se piensan los SE (Camacho et al., 2012).

Los expertos del S.XXI se ven en la necesidad de definir de forma consensuada todos los tipos de SE que puede ofrecer la naturaleza. En el año 2003, y en el contexto de las Millennium Ecosystem Assessment (que duró cuatro años, de 2001 a 2005), se publican los trabajos que más de cien científicos elaboraron para crear un marco conceptual necesario para fijar la metodología de trabajo con el fin de cumplir con el objetivo principal del informe final de MA 2005: facilitar al mundo información científica sobre las consecuencias en los cambios de los ecosistemas en el bienestar humano (Montes et al., 2007). De este modo, cuando se tengan que tomar decisiones a todas las escalas, sobre cualquier tema que involucre modificar un entorno natural, se sepan los pros y contras, ecológicos y económicos, y, sobre todo, sociales. Se formaliza la idea de ver a la naturaleza como un capital natural y concienciar a los tomadores de decisión del valor del mismo.

El enfoque principal de cualquier definición del concepto SE es el aprovechamiento de la humanidad de beneficios de la naturaleza, cualquier definición debe ser antropocentrista por necesidad, si no pierde el sentido. En este marco los SE

quedan definidos de la siguiente forma: “los beneficios que las personas reciben de los ecosistemas” (MA, 2005). Más apropiadas parecen otras definiciones que adjunten el concepto de naturaleza como: “Las condiciones y procesos a través de los cuales los ecosistemas naturales, y las especies que lo constituyen, sustentan y satisfacen a la vida humana” (Daily, 1997).

Otras definiciones del concepto de SE van más allá e incluye otros conceptos en la propia definición muy interesantes como: “Los bienes (como alimentos) y servicios (como asimilación de residuos) de los ecosistemas, que representan los beneficios que la población humana obtiene, directa o indirectamente, de las funciones de los ecosistemas” (Costanza et al., 1997). Esta última definición, de Costanza, hace la interesante distinción entre bienes y servicios, siendo los bienes tangibles y los servicios intangibles. Daily, en cambio, habla de procesos y la definición consensuada en los MA2005, de beneficios.

La clasificación de los SE debía ser escueta, comprensible y de utilidad multiescalar, para así realizar análisis integrales y multidisciplinarios. Se muestra ahora la propuesta del informe MA2005 ya que es la más aceptada por la comunidad científica, por su intención de que sea entendible para los tomadores de decisiones, independientemente del ámbito científico que procedan.

Los SE de la MA2005 se dividen en cuatro grandes grupos referentes que son:

- Servicios de soporte: básicos para que existan el resto de SE, como la formación de suelos para darse así la producción primaria y el reciclaje de nutrientes.
- Servicios de regulación: a través de ellos se obtienen beneficios intangibles para la humanidad, los procesos de regulación de los ecosistemas en su totalidad es la clave; regulación del aire, regulación de enfermedades, del saneamiento del agua para consumo humano, de la polinización y del clima.
- Servicios de aprovisionamiento: beneficios tangibles, físicos, extraídos como productos de los ecosistemas, como pueden ser recursos bioquímicos o genéticos, leña y fibras, agua dulce y alimentos.
- Servicios culturales: son intangibles, entendidos como el aprovechamiento emocional de la naturaleza por la humanidad, pueden ser del tipo espiritual o religioso, estético, inspirativo o educativo, identificativo (lugar), de herencia cultural y sobre todo recreativo y turístico.

Se puede ver que de estos cuatro grupos referentes salen veinte SE distintos que los expertos de la Millennium Ecosystem Assessment (MA, 2005) consideraron como los idóneos para defender la conservación de los ecosistemas del planeta, buscando una compensación económica para cualquier acción que vulnere la productividad de los SE anteriormente mencionados a través de la tasación del valor de cada uno de ellos.

El estudio de 2014 que publica la Dirección de Servicios Ambientales del AMB y el CREAF titulado “Serveis ecosistèmics de la infraestructura verda del Àrea Metropolitana de Barceona: primera diagnosi” (Corina Basnou, Jordi Vayreda y Joan Pino) eligió los siguientes SE de la clasificación de MA2005 para catalogar los SE de la infraestructura verde urbana del AMB:

- servicios de soporte:
 - SE: Biodiversidad, indicadores; Mapa Ecológico, Conectividad ecológica.
- Servicios de regulación:
 - SE: Almacén de C, indicadores; Stock de C de los bosques.
 - SE: Regulación hídrica (regulación de las perturbaciones), indicadores: Runoff y evapotranspiración real.
 - SE: Regulación de la calidad del aire, indicadores: la densidad de la superficie foliar.
- servicios recreativos:
 - SE: Actividades físicas y terapéuticas, indicadores: acceso vecinal +- 5 km.
 - SE: Actividades recreativas (Gozar de lo estético, del paisaje), indicadores: la accesibilidad por carretera, calles y caminos.

La clasificación de Rudolf S. de Groot et al. que en el año 2002 publica para la revista *Ecological Economics* (EUA) es más completa. La clasificación que propone R. de Groot et al. muestra un total de veintitrés SE dentro de cuatro grandes grupos referentes que son diferentes a los propuestos por los MA2005. Antes, se expone la definición del concepto SE que el autor propone:

“La capacidad de los procesos naturales y componentes para proveer de bienes y servicios, para satisfacer las necesidades humanas de manera directa o indirecta”.

Se pretende señalar la característica principal de los SE como la suma de funciones complejas (interacciones complejas entre organismos bióticos y abióticos) del subconjunto de los procesos de los ecosistemas. El autor propone que estas funciones complejas se agrupen en cuatro grandes grupos y las señala como: Regulación, Hábitat, Producción e Información, serán a partir de estas grandes funciones complejas de donde la humanidad extraiga bienes y servicios, se definen estos cuatro grandes grupos a continuación:

→Funciones de Regulación: Capacidad de regulación de los ecosistemas a través de los procesos cíclicos biológicos y geoquímicos de los recursos naturales y seminaturales existentes. Estos SE son los que mantienen los procesos ecológicos esenciales y dan soporte a la vida, proporcionan once beneficios la mayoría indirectos e intangibles que son:

- Regulación del Gas: los ecosistemas regulan el balance bio – geoquímico de muchos gases como el CO₂/O₂, el Ozono, etc.
- Regulación del clima: los ecosistemas a través de los procesos de los elementos naturales existentes en la cubierta de los suelos (bosques) regulan el clima.
- Regulación de perturbación: capacidad de amortiguamiento estructural de los ecosistemas a perturbaciones.
- Regulación del agua: papel de la cubierta terrestre de regular el drenaje de las escorrentías naturales y los ríos.
- Suministro de agua por filtración: almacenamiento de agua dulce para uso humano.
- Retención de los suelos: papel de la vegetación subterránea (raíces) y superficial en la formación de suelos.
- Formación de los suelos: acumulación de productos orgánicos y de rocas.
- Regulación de nutrientes: papel de la biomasa en la formación de suelos productivos.
- Tratamiento de residuos: papel de la biomasa y las masas de agua en la eliminación de residuos.
- Polinización y dispersión de semillas: papel de la biomasa y animales en los ciclos de polen de las flores y en la dispersión de semillas
- Regulación del control biológico: control de poblaciones a través de dinámicas tróficas.

→Funciones de Hábitat: Servicio de refugio, lugar de reproducción o cobijo que los ecosistemas ofrecen a infinidad de plantas y animales. Esto hace que estos tipos de SE sean fundamentales para la conservación de la biodiversidad del planeta y a su vez fundamental para que los procesos cíclicos biológicos den pie al resto de SE y distinguimos dos tipos diferentes:

- Refugio: espacio vital para plantas y animales salvajes o asilvestrados/as.
- Reproducción: hábitat de reproducción adecuado.

→Funciones de Producción: bienes materiales tangibles que los ecosistemas ofrecen a la humanidad, pueden ser recursos de carácter alimenticio, bio - energético, mineral – energético o genético, entre otros, podemos diferenciar cinco SE en este grupo:

- Comida: plantas, semillas, frutas, animales, etc.
- Materias primas: biomasa como elementos de construcción para la humanidad y otros usos.
- Recursos genéticos: material genético y evolutivo en las plantas y animales.
- Recursos medicinales: variedad de sustancias que se encuentran en las plantas y animales que se utilizan como medicina para los humanos.
- Recursos ornamentales: variedad de plantas y flores que se utiliza de forma ornamental por los humanos.

→Funciones de Información: Los ecosistemas naturales han sido siempre el entorno de la especie humana, los beneficios intangibles que potencian el bienestar de la misma, la calidad de vida, a través del uso lúdico – espiritual de la naturaleza, el desarrollo cognitivo de las personas, y, sobre todo, la ocupación del tiempo libre, diferenciamos de esta forma cinco SE distintos:

- Información estética: características estéticas del paisaje.
- Recreativo: variedad de los paisajes como uso recreativo para los humanos.
- Información cultural y artística: valor artístico y cultural de las características de la naturaleza.
- Información espiritual e histórica: variedad espiritual e histórica de las características de la naturaleza.
- Ciencia y educación: variedad de la naturaleza como valor científico educativo.

2.4 SE urbanos.

Dentro de las fronteras de la ciudad existen ecosistemas naturales, dada esta característica pueden ser referidos como ecosistemas naturales urbanos, la importancia de éstos para asegurar un nivel óptimo de salubridad urbana e incluso el aumento de la calidad de vida de los habitantes es fundamental. Es muy importante en el análisis de los SE la característica multiescalar, hecho que permite estudiar estos fenómenos a escala más local, la ciudad. Se ha visto antes como el modelo de planificación más aceptado mundialmente requiere de transporte viario, y, a día de hoy, predominan los que consumen combustibles fósiles, además en el resto de procesos que requieren energía en las ciudades como los sistemas de calefacción o refrigerado en edificios, entre otros procesos, este tipo de combustible sigue siendo el más empleado. Las soluciones locales en planificación relacionadas con la apuesta del cuidado de la naturaleza en las ciudades, de los ecosistemas urbanos, es la forma más eficiente de solucionar los problemas derivados de la contaminación que suponen los residuos resultantes del metabolismo urbano. En Estocolmo se hicieron estudios a finales del siglo XX (Bolund et al., 1999) para identificar los SE urbanos y así valorar su importancia en planificación local.

La metodología empleada por Bolund et al. fue la del análisis de coste – beneficio (CBA, se define más adelante) de los SE urbanos en Estocolmo, se identifican siete ecosistemas naturales urbanos diferentes: bosques urbanos o interurbanos, arbolado callejero, parques urbanos (árboles y césped), tierras cultivadas, lagos / mares, zonas húmedas (balsas o humedales) y arroyos o ríos. El autor destaca otras áreas dentro de la ciudad que pueden ser relacionadas con el concepto de *no* lugares (abandoned backyards), ya que se es consciente de la gran cantidad de plantas y animales que en estos espacios pueden existir.

Hay que relacionar directamente estos SE urbanos con las características de la biogeografía de Estocolmo, una ciudad verde, con un parque urbano nacional de 2.700 ha y lagos de gran extensión superficial, pero que se pueden utilizar como referente y extrapolarlos para otros casos de estudio, como este, por su objetividad, al fin y al cabo, los procesos son iguales en la vegetación, esté ubicada en distintos lugares, variará el comportamiento biológico e intrínseco según zonificación climática.

Los ecosistemas urbanos de Estocolmo proporcionan en mayor medida según el autor seis SE, elegidos por él mismo de la clasificación de Costanza y que aquí se considera que son muy acertados: filtración del aire (regulación de los gases atmosféricos), regulación del microclima, regulación del ruido (regulación de perturbación), regulación de escorrentías (regulación del agua), tratamiento de aguas residuales y SE recreativos (Costanza et al., 1997).

Al realizar un pequeño ejercicio comparativo entre las definiciones vistas anteriormente de la clasificación de R. de Groot y la de estos seis SE urbanos de Bolund et al. extraídos de Costanza se observan muchos puntos en común, y es que, en varios artículos, R. de Groot y Costanza han trabajado juntos sobre este tema. Es muy importante señalar las funciones y componentes en los procesos de los ecosistemas naturales urbanos para funcionar como SE urbanos, descritos a continuación:

-Filtración del aire / Regulación del gas: La biomasa subterránea (raíces) y aérea, tronco, ramas y hojas, son las encargadas de la retención de CO₂ y otras partículas, son pues, los elementos clave. Debido a su ciclo vital, la polución de los vehículos a motor y el CO₂ emitido por el consumo de energía en viviendas y otros equipamientos, se considera uno de los mayores problemas urbanos. Este almacenamiento será mayor mientras más biomasa de ambos tipos tenga la especie en concreto de planta, siendo así, los árboles grandes son unos magníficos almacenes de CO₂ y en menor medida lo son los arbustos y las plantas más pequeñas.

Por lo tanto, cuanto mayor sea el número de árboles grandes en la ciudad, mayor será la capacidad de filtración del aire de la misma. La especie del árbol también jugará un papel importante, en invierno se concentra más a ras de suelo la contaminación por polución y si en la ciudad predominan los árboles caducifolios, los problemas se agravan, por ello las coníferas es una opción interesante, aunque por las características de sus hojas no son grandes almacenes de CO₂, lo son en menor medida, por ello la clave es la mezcla de especies.

-Regulación microclimática: El principal problema que podemos encontrar en este sentido es el efecto isla de calor urbano. En las ciudades se concentran gran cantidad de materiales de construcción artificiales que por las características de la superficie de los mismos absorben gran cantidad de radiación, transformada en calor. Esto combinado con la gran cantidad de energía liberada por el metabolismo urbano hace que el efecto de isla de calor en muchas ciudades haga aumentar en puntos muy concretos la temperatura hasta

7°C, como en el caso de Barcelona (Carreras et al., 1990). Los ecosistemas naturales urbanos son vitales para reducir este fenómeno, un árbol de grandes dimensiones puede llegar a transpirar 450 l de agua por día consumiendo así 1000 MJ de energía en forma de calor (Bolund et al., 1999).

Los estudios sobre este tema han sido muy relevantes en Chicago, se ha demostrado en estudios sobre el arbolado urbano que con un aumento alrededor de un 10% de la cubierta de árboles, o tres árboles por edificio, el uso de energía para calefacción y aire acondicionado se reduciría hasta un 10%, demostrando así que mitigar el efecto isla de calor pasa por los árboles de la ciudad (McPherson et al, 1997).

-Regulación de perturbación / Regulación de contaminación acústica: El ruido en las ciudades supone uno de los principales problemas que afectan a la calidad de vida de sus habitantes, suponiendo en muchos casos cuadros de depresión y estrés muy importantes. La vegetación urbana de nuevo es el factor clave para reducir este tipo de contaminación, actuando como un “colchón amortiguador”. Los árboles de hoja perenne marcan la diferencia para que este “colchón” antirruido se mantenga en invierno.

-Drenaje del agua de lluvia / Regulación del agua: En las ciudades la carencia de suelo natural hace que el drenaje del agua de lluvia sea un problema serio, en muchas ciudades las inundaciones son habituales, en el contexto mediterráneo con unas precipitaciones que se están convirtiendo de carácter torrencial en pleno cambio global los ecosistemas naturales urbanos juegan un papel fundamental a la hora de ofrecer este SE. Los suelos naturales permiten la filtración del agua, la vegetación retiene también gran cantidad de agua y la libera después por evapotranspiración, en estas zonas verdes urbanas entre un 5 y un 15% de la lluvia sale del suelo, el resto se filtra o se evapora, de otra forma, cuando no hay vegetación, la única forma de drenar esta agua de lluvia es mediante sistemas de alcantarillado, que en muchos casos son deficientes por antigüedad, sobreexplotados (Bolund et al., 1999).

-Tratamiento de aguas residuales: Las zonas húmedas de los ecosistemas naturales urbanos son clave como balsas de laminación para solucionar este problema, estas balsas pueden aparecer de forma natural o pueden ser artificiales. En ellas, gran cantidad de plantas y animales asimilan nutrientes y las partículas contaminantes se van al fondo.

-Valor cultural y de recreo de los ecosistemas naturales urbanos: La ciudad necesita del mundo verde para luchar contra los síntomas perjudiciales que el mundo gris provoca a sus habitantes, los ecosistemas naturales urbanos son espacios de fuga dónde relacionarte con la naturaleza, por ello la vegetación urbana es necesaria para aumentar la calidad de vida de las personas, presente en todos los ecosistemas naturales urbanos de la ciudad.

2.5 Fijar un valor económico a los SE.

El valor de las funciones de los ecosistemas puede ser ecológico, socio – cultural o económico. Dentro de este último, se pretende fijar el valor de intercambio o comercial (precio) de forma directa. Un ejemplo es el de la forma con la que la ciudad de NY regula el agua disponible para consumo humano, basando la planificación en los SE de regulación del agua y de suministro de agua por filtración de su cuenca hidrográfica, de esta forma no hizo falta la construcción e instalación de una planta de filtración de agua por valor de más de seis mil millones de dólares (De Groot et al., 2002).

El valor se puede fijar también de forma indirecta, esto es cuando no hay un mercado explícito de intercambio de valores o compensación de un SE, como en el caso del ejemplo de la regulación del agua en NY, entonces se deberá realizar una tasación científica objetiva, R. de Groot propone cinco principios económicos para realizar estas tasaciones:

- Coste Evitado (Avoided Cost, AC): SE que permiten a la sociedad evitar costes ocurridos debido a la ausencia de los mismos, ejemplo: control de inundaciones, el bosque como filtro.
- Coste de Reemplazamiento (Replacement Cost, RC): SE naturales que el hombre puede simular de manera artificial, ejemplo: un pantano para la retención de agua potable.
- Factor de ingresos (Factor Income, FI): SE que regulan el balance económico de un sector, ejemplo: la calidad del agua marina y la pesca.
- Coste de viajes (Travel Cost, TC): Los paisajes del mundo son el principal foco del turismo moderno, este viaje generará unos gastos indirectos en la región, con lo cual los SE de información generan riqueza.
- Precio hedónico (Hedonic Pricing, HP): el placer de sentir la naturaleza incrementa el precio, por ejemplo, suele valer más dinero una vivienda en la playa que en una zona menos atractiva urbana sin playa.

Otra forma de fijar el valor es a través de procesos de participación social, expresando la disposición a pagar por el mantenimiento de los ecosistemas y así mantener la calidad de los mismos o mejorarlos. Esto también podría tratarse de un debate público abierto en todos los estratos de la sociedad, desde los barrios y las acciones locales a la política estatal y las acciones que acaban en leyes. R. de Groot propone relacionar la tasación del valor de los distintos SE de esta forma:

- Funciones de Regulación: valor fijado de forma indirecta, a través del coste evitado y el coste de reemplazamiento.
- Funciones de hábitat: valor fijado de forma directa por los mercados, por ejemplo, dinero donado para la conservación de ecosistemas.

- Funciones de producción: valor fijado de forma directa por los mercados y el factor de ingreso.
- Funciones de información: procesos de participación, precio hedónico y precio de mercado (turismo).

Se proporciona un enfoque muy importante en los trabajos de R. de Groot ya que en planificación territorial mitigar costes pasa por ser una premisa, por ello pretende difundir que los bienes y servicios de los SE son planificables, en relación con los espacios abiertos de las ciudades y con otros espacios urbanos que necesitan de un empuje científico desde la ecología urbana para ser vistos de una forma parecida, como las zonas verdes olvidadas de las ciudades, o las rotondas, en este caso.

Los indicadores son esenciales para realizar la valoración económica de los SE urbanos en planificación. En Barcelona sin ir más lejos, los SE urbanos de filtración del aire / regulación de gases supone que la capacidad de limpiar el aire del verde urbano de la ciudad es de 305,6 t/año, lo que hace estar valorada en una estimación de 1,1 M € (Chaparro et al., 2009). Es un ejemplo de la importancia económica en planificación de los SE urbanos, valorado con metodología UFORE (Urban Forest Effects), que básicamente es la de calcular la capacidad de los SE que ofrecen los árboles de las ciudades a través de cálculos relacionados con los indicadores pertinentes.

La vegetación existente en los ecosistemas naturales urbanos es el detonante para que se den los procesos de funcionalidad como SE. La naturaleza hace que los SE mantengan interrelaciones, no son SE aislados por mucho que en este trabajo se presenten enumerados, esto quiere decir que los SE de regulación microclimática o de la filtración del aire están relacionados con los de valor cultural, por poner un ejemplo. Por ello es muy importante apostar por el mantenimiento y la implantación de ecosistemas naturales urbanos en las ciudades. Ahora bien, hay que tener claro que los SE urbanos variarán en importancia según las características físicas, climáticas y sociales, es decir, según la Geografía. Es muy importante disponer de indicadores para en la planificación local apostar por unas acciones u otras pero que cumplan el objetivo de potenciar los SE (Gómez et al., 2013).

Ejemplos de métodos para calcular los distintos indicadores de los SE urbanos propuestos por Bolund & Hunhammar:

- Filtración del aire: CO₂, NO₂, PM₁₀ μ m, SO₂ y O₃ eliminado. t/ año -1 * cubierta arbórea en m² (Chaparro et al., 2009).
- Regulación microclima: índice de área foliar y disminución de la temperatura por cubierta arbórea en m² (Bolund et al., 1999).
- Reducción contaminación acústica: área foliar en m² y distancia a las carreteras en m; reducción del ruido en dB (A) / unidad de vegetación (m) (Ishii, 1994)

- Regulación del agua: Capacidad de infiltración del suelo en % y superficie relativa permeable en ha (Villarreal et al., 2005).
- Tratamiento de aguas residuales: medir el P, Mg, Ca y K en mg/kg – 1, en las balsas de laminación y comparar con las normas locales, estándares de calidad del suelo y del agua (Vauramo et al, 2011).
- SE de carácter recreativo y de desarrollo cognitivo: superficie de espacios públicos verdes en las ciudades; ha / x cada 1000 habitantes (Chiesura, 2004).

2.6 SE urbanos en planificación urbana local y regional.

Con la agenda local 21 de Río gana peso la sostenibilidad en la planificación territorial, emerge con fuerza la planificación ambiental en urbanismo. Esto fomentó los procesos de participación ciudadana a través de la inclusión de la opinión pública en las auditorías ambientales municipales, pero normalmente las ideas de la ciudadanía y de la administración no han sido una realidad global ni habitual. Muchas propuestas de eco – urban planning y de crecimiento sostenible pasan por afrontar el problema de reducir el impacto ecológico de las vías de comunicación como las carreteras (Alió et al., 2012).

Las acciones disponibles para los ayuntamientos en la planificación urbana de carácter ecológico pasan por proteger el suelo no urbanizable de la especulación, y de esta forma frenar la conversión del suelo y por consiguiente que se mantengan los espacios abiertos, aparezcan nuevos o mejoren en cuanto a calidad, utilizando herramientas de la planificación física, la ordenación del espacio libre. Como indican Feria & Santiago en un artículo para la revista Scripta Nova de la UB en 2009: “el bagaje conceptual y metodológico que aportan tanto la Geografía como la Ecología del paisaje puede servir como un sólido soporte para plantear esa reciente aproximación del espacio libre”.

La fórmula de la eficiencia en urbanismo se expresa como E dividido entre nH . Siendo E el consumo de energía (recursos), n es el número de personas jurídicas urbanas y H la complejidad urbana, ambas juntas representan la organización humana (Rueda, 2010). Entiéndase que en esta compleja fórmula la función guía es el tiempo, en el urbanismo ecológico que propone Rueda se propone reducir E para que la organización humana, nH , cause el menor impacto posible en el tiempo, y de esta forma ganar calidad de vida en la ciudad. La clave es hacer ciudad rebajando la cantidad de recursos energéticos y aumentar la complejidad urbana fomentando justamente lo primero, de esta forma el ciclo es sostenible.

En un artículo de Gómez & Burton del año 2013 para la revista *Ecological economics* se muestra de una forma clara y sencilla como pueden ser introducidos los SE urbanos en las diferentes escalas de la planificación territorial. Aquí ejemplos extraídos del propio artículo:

- Desde una escala regional, los usos de los SE urbanos en planificación urbana deben ser de carácter más parcial, priorizando el crecimiento urbano alternativo, creando suelo no urbanizable, preservando los usos del suelo que contengan espacios abiertos, apostando por los SE urbanos de regulación de almacenamiento de agua para las ciudades.
- En una escala más local, se diferencian tres niveles dentro de ella, el barrio, las calles y los edificios. En el barrio se deben preservar los parques y jardines, abrir más espacios verdes y plantar más árboles en el espacio público, además la conservación de zonas húmedas urbanas como balsas de laminación es una propuesta muy importante. También lo es fomentar la creación de corredores naturales urbanos, entre otras posibilidades en la planificación local.

En referencia a las calles, se debe dar valor en planificación urbana a los árboles, por ser esenciales para que aparezcan los SE urbanos, así como las zonas blandas anexas a las carreteras (suelos no pavimentados) por su capacidad de filtración de agua y evitar escorrentías con potencial peligro de inundaciones urbanas.

2.7 Las rotondas, *no* lugares y espacios verdes olvidados de las ciudades.

Según el artículo 87 del Reglamento General de Circulación, una rotonda o glorieta puede definirse como “plaza de circulación giratoria”. La Dirección General de Tráfico la define como “un tipo especial de intersección que se caracteriza porque los tramos en ella confluyen, se comunican a través de una calzada circular en el que se establece una circulación rotatoria alrededor de un obstáculo o isleta central” (OEP 2013, Especialidad: Gestión Técnica del Tráfico). La definición oficial es meramente técnica, desde una perspectiva más holística las rotondas pueden ser muchas otras cosas, como se pretende aquí, espacios verdes a tener en cuenta.

Este espacio físico que proporciona las isletas de las rotondas no se puede negar que son elementos del paisaje urbano, forman parte del entorno, el grado de naturación de las rotondas contribuye a su integración en el verde urbano. Antes, desde las primeras páginas, ha aparecido el concepto de *no* lugares, Marc Augé, antropólogo francés, que en el año 1993 definió el concepto como aquellos lugares de tránsito que no tienen importancia para los transeúntes, con lo cual no son lugares. Ni Las carreteras, ni las rotondas, son lugares, bajo esta concepción. Antropológicamente, las rotondas no son lugares, pero una vez se instala vegetación para darle un carácter ornamental se pretende que sea percibida por las personas. Aquí es cuando aparecen los SE, una vez hay instalada en una rotonda vegetación, que además recibe cuidados por parte de los responsables del mantenimiento de las entidades pertinentes.

Las rotondas con vegetación instalada en su interior pueden entenderse en biología como islas de biodiversidad, como demostraron en el año 2005 Leather & Helden en un artículo para la revista *Biologist*, que habla sobre las rotondas como lugares de conservación de insectos. No se han encontrado muchos más artículos relacionados con la función de isla de biodiversidad de las rotondas, es algo que al parecer carece de relevancia científica.

En este artículo se habla del efecto SLOSS (Single Large or Several Small) como efecto potencial de conservación de especies (Murphy, 1989). Consiste en que, si existen porciones pequeñas de superficie dispersas que contienen x biodiversidad y se suma la totalidad del número de especies existentes en todas las porciones, el número total resultante puede ser igual o mayor a una única área mucho más extensa. Con las rotondas y los SE puede relacionarse el mismo principio SLOSS, la suma de las rotondas va a dar una superficie de vegetación igual a la de un parque urbano, por ejemplo.

Hay que valorar la importancia de crear parques urbanos pequeños en zonas urbanas densas, como se propuso en *The Social Life of Small Urban Space* (Whyte, 1980) para la ciudad de New York, en este libro aparece un concepto sumamente interesante para este trabajo, los *pocket parks* o mini – parques. Como se afirma en el estudio de 2014 del AMB y el CREAM para diagnosticar el verde urbano de Barcelona:

“Una oportunidad para crear estos parques son los suelos no edificados (solares) y otras zonas olvidadas de las ciudades. Todo y que las funciones ecológicas de estos *pocket parks* son muy limitadas, ofrecen una buena oportunidad de aumentar la cantidad de superficie permeable en la ciudad e incrementar la biodiversidad urbana, sobre todo en el caso de los pájaros” (pp. 41 dentro de C1. Accesibilidad a la zona verde).

Una vez se *naturalizan* las rotondas y pasan del mundo gris al mundo verde (Boada et al., 2016), se pueden estudiar como parques y jardines urbanos, o *pocket parks*, por los SE que proporciona la vegetación instalada en ellas, bajo el principio SLOSS y, a priori, con la concepción de *no* lugar. Hasta el momento que se proporciona accesibilidad segura la zona verde y los ciudadanos la disfrutan, es cuando pueden ser vistas como lugares.

3.-CASO DE ESTUDIO: RESULTADOS

3.1 SE seleccionados para relacionar con las rotondas.

Los SE de las MA2005 fueron el marco conceptual para el estudio de 2014 del AMB y el CREAM para diagnosticar el verde urbano de Barcelona, como se ha mencionado en el marco teórico, los MA2005 tuvieron como uno de los objetivos principales poder ser usados por todos los órganos de poder para influir en la toma de decisión en cuanto a planificación territorial se refiere y este fue el argumento en el trabajo del AMB.

En el marco teórico también se puede encontrar la descripción de forma detallada de la clasificación de Rudolf de Groot y otros colegas publicada en el artículo para la revista *Ecological Economics* (2002) “A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and service”, trabaja y mejora la clasificación que hace Constanza y otros colegas (entre ellos el propio R. de Groot) publicada en el artículo “The Value of the world’s ecosystems services and natural capital” para la revista *Nature*, en el año 1997.

También se detalla en el marco teórico la clasificación que eligen Bolund & Hunhammar, publicada en el artículo para la revista *Ecological Economics* en 1999 “Ecosystems service in urban áreas”. Los SE que los autores catalogan como los más comunes en áreas urbanas, también son extraídos de la clasificación de Constanza (la clasificación mejorada de R. de Groot es de 2002, tres años después). Realizan una selección de los SE más relacionados con áreas urbanas. Por ello, y porque se comenta en el artículo la importancia de valorar las *abandoned backyards* (no lugares), en este trabajo serán la base de una clasificación propia, necesaria para identificar y evaluar los SE que ofrecen las rotondas, más dos SE extraídos de la clasificación de Rudolf de Groot, que por importancia y relación con el principio de SLOSS, completan la lista.

Tabla 4: SE seleccionados del marco teórico para ejecutar el estudio.

SE urbanos	Función principal	Factor determinante	Procedencia teórica
Filtración del aire	Regulación	Árboles grandes, principalmente.	Bolund & Hunhammar, 1999
Regulación microclimática: efecto isla de Calor	Regulación	Árboles grandes, principalmente.	Bolund & Hunhammar, 1999

Regulación perturbaciones: ruido	Regulación	Árboles grandes, principalmente.	Bolund & Hunhammar, 1999
Regulación del agua o escorrentías	Regulación	Balsa de laminación.	Bolund & Hunhammar, 1999
Tratamiento aguas residuales	Regulación	Balsa de laminación.	Bolund & Hunhammar, 1999
Recreativo	Información	Gran área y accesibilidad segura.	Bolund & Hunhammar, 1999
Polinización y dispersión de semillas	Regulación	Árboles y arbustos, de todas las medidas.	Rudolf de Groot et al., 2002
Refugio	Hábitat	Árboles y arbustos, de todas las medidas.	Rudolf de Groot et al., 2002

Fuente: elaboración propia

La primera columna hace referencia a los ocho SE seleccionados para dar con el propósito principal del trabajo en la búsqueda de la identificación y evaluación de los SE de las rotondas. La segunda columna muestra la función principal o tipo de SE. La tercera columna indica cual es el factor principal para que se dé el SE, de esta forma se puede observar que para que se den los SE de filtración del aire, regulación microclimática y regulación del ruido es necesario la existencia principalmente de árboles grandes. Para que se den los SE de regulación de escorrentías y tratamientos de residuos es un factor determinante que la rotonda cumpla la función de balsa de laminación, en cambio para el SE de polinización y dispersión de semillas el factor determinante es la propia existencia de especies de árboles y arbustos (por las flores y los frutos) sin importar las medidas. El único SE de función principal Información es el SE recreativo, siendo el factor determinante contemplar la rotonda como un *pocket park*, necesario que la rotonda tenga un área importante y una accesibilidad segura. Por último, el SE de Refugio necesita como factor determinante la sencilla existencia de vegetación, árboles y arbustos sin importar las medidas. Por último, en la cuarta y última columna señala la procedencia teórica conceptual.

3.2 Distribución y uso del espacio total del área de estudio.

El espacio total estudiado o el área de estudio del trabajo, después de dejar claro que se basa en el principio SLOSS, es entendido como un todo, es decir, cada rotonda es un fragmento de un espacio mayor. En este caso el espacio total para analizar en el área de estudio es de 42.776 m² o 4,28 hectáreas, aproximadamente y, si se permite hacer paralelismos, es un tamaño similar al triángulo formado por el área de la facultad, si se delimita por c/ Tallers, C/ Montalegre y C/ d'Elisabets hasta La Rambla, véase de forma gráfica.

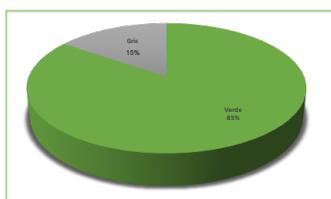
Tabla 5: Distribución del espacio total disponible, clasificado por las rotondas del caso de estudio.

ID	Área en m2	% Verde	Superficie en m2 Verde	% Gris	Superficie en m2 Gris	% Representativo Caso de estudio	Tamaño
CAS1	706,8	60,0	424,1	40,0	282,7	1,7	Mediana
CAS2	3330,0	40,0	1332,0	60,0	1998,0	7,8	Muy grande
CAS3	95,0	20,0	19,0	80,0	76,0	0,2	Muy pequeña
CAS4	3644,1	95,0	3461,9	5,0	182,2	8,5	Muy grande
CAS5	13865,0	100,0	13865,0	0,0	0,0	32,4	Gigante
CAS6	227,0	35,0	79,4	65,0	147,5	0,5	Pequeña
CAS7	628,3	45,0	282,7	55,0	345,6	1,5	Mediana
GAV8	314,2	100,0	314,2	0,0	0,0	0,7	Pequeña
GAV9	314,2	95,0	298,4	5,0	15,7	0,7	Pequeña
GAV10	640,9	60,0	384,5	40,0	256,3	1,5	Mediana
GAV11	461,8	75,0	346,4	25,0	115,5	1,1	Mediana
VIL12	794,8	55,0	437,1	45,0	357,7	1,9	Mediana
VIL13	314,2	80,0	251,3	20,0	62,8	0,7	Pequeña
VIL14	615,7	70,0	431,0	30,0	184,7	1,4	Mediana
VIL15	5674,3	95,0	5390,6	5,0	283,7	13,3	Muy grande
STB16	706,8	70,0	494,8	30,0	212,1	1,7	Mediana
STB17	687,2	50,0	343,6	50,0	343,6	1,6	Mediana
STB18	962,1	90,0	865,9	10,0	96,2	2,2	Grande
STB19	2206,1	90,0	1985,5	10,0	220,6	5,2	Grande
STB20	4778,2	90,0	4300,4	10,0	477,8	11,2	Muy grande
COR21	1809,5	50,0	904,8	50,0	904,8	4,2	Grande
Total	42776,2		36212,7		6563,5	100,0	

Fuente: elaboración propia

Se puede observar en primer lugar el área en m2 de cada rotonda del caso de estudio, ordenadas en la primera columna por municipios e ID. Seguidamente, se puede observar la cantidad de superficie ocupada por suelo verde y por suelo gris, tanto en porcentaje como en m2. La penúltima columna hace referencia al porcentaje representativo de cada rotonda en el total del espacio del caso de estudio, es decir, en el total de superficie sumando el área de todas las rotondas, pudiéndose observar el dato al final de la segunda columna, 42.776,2 m2. Relacionado con esto último, la última columna muestra el tamaño para cada rotonda, donde podemos ver que, en el total del caso de estudio, existen un total de 1 rotonda Muy pequeña, 4 rotondas Pequeñas, 8 rotondas Medianas, 4 rotondas Muy grandes, 3 rotondas Grandes y 1 rotonda Gigante, según la clasificación propuesta en la Tabla 2, vista en el apartado de Metodología.

Figura 5: Gráfico de círculo 3D con la superficie total de suelo verde y gris sobre la totalidad del espacio del caso de estudio.



Fuente: elaboración propia

Como se puede ver en la tabla 4, cada rotonda posee un espacio verde, cubierto por vegetación, desde sólo césped hasta árboles grandes, y un espacio gris, cubierto por hormigón u otro tipo de material para fabricar suelos urbanos. El espacio verde para la totalidad de la superficie del caso de estudio es de 36.212,7 m² o 3,62 ha y de espacio gris 6.563,5 o 0,65 ha. Representado en porcentaje, como se puede ver en el gráfico, 85 % es espacio verde y el 15% es espacio gris. Esta repartición queda de tal forma debido a que las rotondas más grandes del caso de estudio, CAS5, de tamaño Gigante, es 100% verde, así como las de tamaño Muy grande VIL15, STB20 Y CAS4 que son entre 90 y 95 % verde.

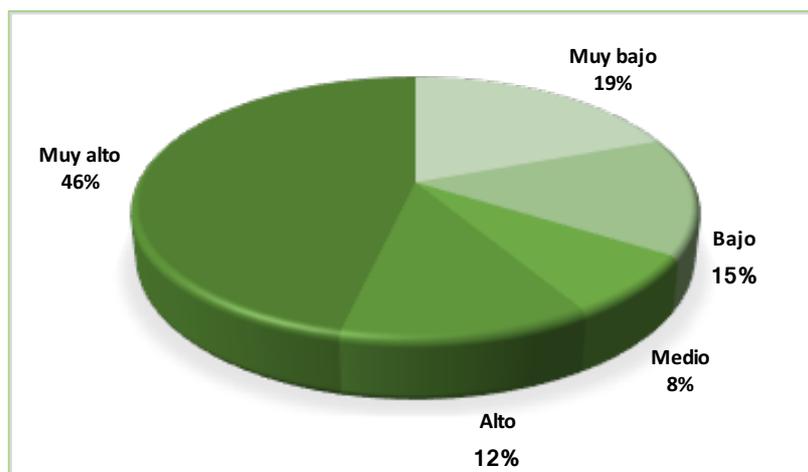
Tabla 6: Clasificación del nivel de uso del espacio para que se den SE en las rotondas del caso de estudio.

ID	% Verde	% Gris	Nivel uso del espacio para que se den SE	% Representativo Caso de estudio	Tamaño
CAS5	100	0	Muy alto	32,41	Gigante
VIL15	95	5	Muy alto	13,27	Muy grande
STB20	90	10	Muy bajo	11,17	Muy grande
CAS4	95	5	Bajo	8,52	Muy grande
CAS2	40	60	Alto	7,78	Muy grande
STB19	90	10	Muy bajo	5,16	Grande
COR21	50	50	Medio	4,23	Grande
STB18	90	10	Muy bajo	2,25	Grande
VIL12	55	45	Alto	1,86	Mediana
CAS1	60	40	Bajo	1,65	Mediana
STB16	70	30	Medio	1,65	Mediana
STB17	50	50	Medio	1,61	Mediana
GAV10	60	40	Bajo	1,50	Mediana
CAS7	45	55	Bajo	1,47	Mediana
VIL14	70	30	Alto	1,44	Mediana
GAV11	75	25	Alto	1,08	Mediana
GAV8	100	0	Muy bajo	0,73	Pequeña
GAV9	95	5	Bajo	0,73	Pequeña
VIL13	80	20	Muy alto	0,73	Pequeña
CAS6	35	65	Bajo	0,53	Pequeña
CAS3	20	80	Bajo	0,22	Muy pequeña

Fuente: elaboración propia

Se puede encontrar un total de cuatro rotondas con un nivel de uso del espacio Muy bajo, siete rotondas con un nivel Bajo, tres con un nivel Medio, cuatro con un nivel Alto y de nuevo tres, con un nivel Muy Alto. Es importante relacionar la cuarta columna con la siguiente a su derecha, que muestra de nuevo el porcentaje representativo de cada rotonda respecto a la superficie total del caso de estudio, donde se puede ver que las rotondas más grandes, como CAS5 y VIL15 ocupan un 45 % del total del espacio y el nivel es Muy alto. Para entender mejor esta relación a continuación se presenta un gráfico circular 3D.

Figura 6: Gráfico circular 3D con la distribución del nivel de uso del espacio total del caso de estudio para que se den SE.



Fuente: elaboración propia

En relación con la tabla anterior, se puede ver como el espacio total del caso de estudio está repartido según el nivel del uso del mismo para que se den SE. El 19% del nivel Muy bajo está relacionado directamente con las rotondas del municipio de Sant Boi del Llobregat, STB18, STB19 y STB20 que están únicamente cubiertas por césped. En el caso opuesto, las rotondas más grandes del caso de estudio, CAS5 y VIL15, como se ha comentado anteriormente, tienen un nivel Muy alto, así otras rotondas grandes como CAS2 y VIL12 tienen un nivel Alto, por estar ocupadas por grandes árboles. Sumando los niveles Muy bajo y Bajo, un 34% de la totalidad del espacio a analizar está poco explotado en relación a lo que se busca en este trabajo, y en cambio, un 66% sí que está bien utilizado, sumando los niveles, Medio, Alto y Muy alto.

3.3 Resultados relacionados con la delimitación de las microcuencas con las rotondas como puntos de desembocadura.

Los SE de regulación de agua o escorrentías y tratamiento de residuos están estrechamente relacionados con la posible función de las rotondas como balsas de laminación, por ello se han elegido un total de cinco rotondas (cuatro, más VIL15, que de manera oficial es una balsa de laminación), de entre las veintiuna para hacer esta parte del estudio, los motivos son:

- CAS1: mismo motivo que los técnicos pensaron para VIL15, proximidad a zona forestal con una pendiente importante y canalización de escorrentía superficial, pone en peligro de inundación un colegio próximo.
- CAS5: catalogada como jardín urbano por el ayuntamiento (y no como “protección de sistemas generales”, como VIL15), dispone de un pequeño lago en su interior de 3.000 m², que seguramente, realiza la función de balsa de laminación.

- VIL12: por estar enfrente de una de las fábricas más importantes de la región, la fábrica Roca, y además es el final de una larga avenida con mucha pendiente que empieza en el monte del Miramar (en menos de 3 km más de 150 m de desnivel), además es una zona con gran densidad de población.
- STB20: observar directamente en el interior de la rotonda salidas de agua similares a las que se pueden ver en VIL15, con el objetivo de evacuar agua en caso de sobrecarga en el sistema de drenaje subterráneo, en este caso no está catalogada como VIL15, sí como jardín urbano.

Tabla 7: Características geométricas de las microcuencas delimitadas.

Nombre de la microcuenca	Longitud total de los canales (km)	Área de la cuenca en (km ²)	Perímetro de la cuenca (km)	Densidad de la red de drenaje (k/km ²)	Kc
CAS1	7,79	1,05	5,71	8,66	1,57
CAS5	18,24	1,55	6,65	11,77	1,51
VIL12	18,72	1,42	7,41	13,17	1,75
VIL15	33,78	2,56	8,58	13,20	1,51
STB20	60,49	4,84	12,22	12,50	1,57

Fuente: elaboración propia

Se puede observar que la densidad de drenaje de todas las microcuencas analizadas es baja, grosera, siendo importante esta característica en un proceso de riada debido a que ralentiza el tiempo de respuesta. CAS1 es la microcuenca de menor densidad, también la de menor área, siendo cuatro veces menor en comparación con STB20, pero con el mismo valor de índice de compacidad o Kc, esto es debido a que la forma de ambas es parecida, salvando las distancias dimensionales, STB20 es la microcuenca de mayor área, en cambio tiene una densidad de drenaje similar al resto de microcuencas siendo mucho más pequeñas. CAS5 tiene una densidad de drenaje ligeramente mayor que CAS1 en cambio el valor de Kc es ligeramente menor, debido a ser CAS1 más alargada, el “cuerpo” de CAS5 es más ancha, comparte forma o Kc con VIL15, teniendo ésta última una densidad de drenaje algo superior (13,20 k / km² es la D más alta del total de las microcuencas analizadas). VIL12 es la microcuenca de forma más alargada, así lo indica su Kc, que tiene el valor más alto de todas las microcuencas aun siendo la microcuenca con la segunda área más pequeña de todas.

Tabla 8: Tiempos de concentración (Tc)

Nombre de la microcuenca	Área de la cuenca en (km ²)	Longitud del canal principal (km)	Altura media del canal principal (m)	Tc (horas)
CAS1	1,05	2,68	58,67	1,28
CAS5	1,55	2,57	37,47	1,80
VIL12	1,42	2,74	42,47	1,70
VIL15_A	2,56	3,87	42,83	2,33
VIL15_B	2,56	1,96	36,56	1,93
STB20	4,84	4,98	35,28	3,42

Fuente: elaboración propia

En los anexos se podrán encontrar los perfiles altitudinales del canal principal de cada microcuenca. En esta tabla lo más importante es la última columna, donde se encuentran los Tc para cada microcuenca, siendo CAS1 el de menor Tc de todas, poco más de una hora, debido a que ocupa un área pequeña y tiene una altura media del canal principal importante, siendo la que más desnivel tiene de todas las microcuencas analizadas. CAS5 tiene un Tc de casi una hora, VIL12 tiene menor Tc que CAS5, recordar, mirando la Tabla 6, que tiene la mayor Kc, o lo que es lo mismo, es la microcuenca con forma más alargada. Para las otras dos microcuencas de mayor tamaño, VIL15 y STB20, los Tc son mayores, para VIL15 vemos que la combinación de los dos canales principales hace un Tc cercano a las dos horas, en cambio STB20 pasa las tres horas, ésta última tiene el mayor tiempo de respuesta de todas las microcuencas analizadas.

Figura 7: Mapa delimitación de microcuenca con rotonda CAS1 como punto de desembocadura.



Fuente: Elaboración propia

La línea de color verde marca el perímetro exterior de la totalidad de la microcuenca, en color azul intenso el canal principal y en azul más claro los canales secundarios que conforman toda la red de drenaje, así será para el resto de mapas presentados. En la parte inferior derecha, se puede observar la rotonda CAS1 con un marcador de punto circular azul con una gota en su interior, siendo ésta el punto de desembocadura de la microcuenca, se aprecia la forma alargada de la microcuenca.

Figura 8: Mapa delimitación de microcuenca con rotonda CAS5 como punto de desembocadura.



Fuente: elaboración propia

En este caso se pueden observar dos puntos de desembocadura en la parte inferior derecha de la imagen, se trata de primero la rotonda CAS4 y seguidamente la rotonda CAS5, que es la que ha sido seleccionada como punto de desembocadura, no obstante, ha sido necesario marcar CAS4 también como punto de desembocadura en el proceso de elaboración con Arcmap® para delimitar la microcuenca CAS5. Se aprecia la forma alargada de la microcuenca, pero algo más ancha que CAS1 y por ello tiene un Tc mayor.

Figura 9: Mapa delimitación de microcuenca con rotonda VIL12 como punto de desembocadura.



Fuente: elaboración propia

En la parte inferior derecha de la imagen puede apreciarse el marcador de la rotonda VIL12, que es el punto de desembocadura de un canal principal que empieza en suelo no urbanizado en las montañas de Miramar y atraviesa una zona del municipio de Viladecans con una alta densidad de población y además con polígonos de viviendas antiguos cerca de la rotonda, así como la fábrica Roca (a la derecha del marcador azul de la rotonda VIL12). El Tc es el segundo más bajo, seguido de CAS1, por el carácter alargado de la forma de la microcuenca, así como por el desnivel pronunciado del canal principal.

Figura 10: Mapa delimitación de microcuenca con rotonda VIL15 como punto de desembocadura.



Fuente: elaboración propia

En este caso se puede observar una línea de color azul eléctrico en la parte izquierda de la microcuenca, se trata del canal principal secundario, en la Tabla 7 identificado como VILA_B, con un Tc menor que el canal principal de mayor longitud. En la parte derecha de la microcuenca se puede ver el canal principal, identificado como VILA_A en la misma tabla y con un Tc algo mayor, combinados, sitúan el Tc próximo a las dos horas. De producirse una fuerte avenida de agua o escorrentía en episodios de lluvias intensas, de manera superficial, el canal principal secundario carece de alcantarillado hasta una posición muy cercana a la altura de la propia rotonda (marcador parte inferior central). Por este motivo es planificada por el ayuntamiento de Viladecans como balsa de laminación.

Figura 11: Mapa delimitación de microcuenca con rotonda STB20 como punto de desembocadura.



Fuente: elaboración propia

Esta es la microcuenca de mayor superficie de todas las analizadas en esta parte del trabajo, con un área de 4,84 km² o 484 ha, contempla más de la mitad de la zona urbana del municipio. El canal principal transita cerca del río Llobregat durante la mitad del recorrido del mismo, no obstante, no existe un gran desnivel en la totalidad de su recorrido, haciendo que el Tc sea elevado, más de 3 horas.

3.4 SE de las rotondas, estado de la cuestión.

Éste pasa por ser un apartado muy importante de todos los resultados del caso de estudio, ya que es donde se relaciona directamente las rotondas y los SE. Para que se den estos SE, ya hemos comentado en varias ocasiones, que es necesario que el espacio esté ocupado por naturaleza. Se valora la relación objetiva y proporcionada, es decir, cuánto de ocupada esta cada rotonda según el tamaño de la misma, siendo en algunos casos importante cierta cantidad de árboles y arbustos, por ejemplo, pero en otras no.

Se ha clasificado la información en relación al tamaño de las rotondas, así pues, se podrá ver a continuación seis sub apartados dentro del punto 4.3. La forma de relacionar los datos es simple, se utilizan los SE elegidos en la Tabla 3 y en formato tabla se relacionará la existencia o no de los mismos con las rotondas de cada grupo o sub apartado divididos por tamaños.

3.4.1 Rotondas Gigantes

En este estudio solo hay una rotonda de características gigantes (según la clasificación propia), CAS5. Esta rotonda representa un 32,41 % del total del espacio a analizar del caso de estudio, con una superficie de 13.865 m² o 1,38 ha, está calificada por el planeamiento municipal vigente, como suelo del tipo 6b, parques y jardines urbanos. El 100% del espacio de la rotonda está ocupado por suelo verde y el nivel de uso del espacio para que se den SE es Muy alto. Esto es debido a la gran cantidad de árboles grandes instalados en el espacio, así como el estanque urbano que dispone en su interior, y un factor único y muy importante, el uso que hacen los ciudadanos de Castelldefels del espacio para pasar su tiempo libre.

Tabla 9: Relación de los SE urbanos y las rotondas Gigantes, CAS5.

SE urbanos	CAS5	Factor determinante
Filtración del aire	SI	80 árboles grandes: 35 pinos piñonero (Pinus pinea L.) y 45 Chopos (Populus nigra L.)
Regulación microclimática: efecto isla de Calor	SI	80 árboles grandes: 35 pinos piñonero (Pinus pinea L.) y 45 Chopos (Populus nigra L.)
Regulación perturbaciones: ruido	SI	80 árboles grandes: 35 pinos piñonero (Pinus pinea L.) y 45 Chopos (Populus nigra L.)
Regulación del agua o escorrentías	SI	Balsa de laminación
Tratamiento aguas residuales	SI	Estanque de 3.000 m ² con agua todo el año.
Recreativo	SI	Pocket park, catalogado como jardín urbano, tiene acceso para peatones.
Polinización y dispersión de semillas	SI	+ 80 árboles grandes: 35 pinos piñonero (Pinus pinea L.) y 45 Chopos (Populus nigra L.) + Algunos arbustos y plantas de ribera

Refugio	SI	+ 80 árboles grandes: 35 pinos piñonero (Pinus pinea L.) y 45 Chopos (Populus nigra L.) + Estanque de 3.000 m2 con agua todo el año, plantas de ribera.
---------	----	--

Fuente: elaboración propia

En la primera columna, empezando por la izquierda, se pueden ver los ocho SE que se pretenden evaluar en este trabajo, en la siguiente columna, se indica si aparece el SE indicado y en la última columna, el factor determinante, es decir, el motivo por el cual aparece el SE indicado.

En el caso de la rotonda CAS5, se podría decir que es la muestra perfecta, ya que en ella se dan todos los SE que se quieren evaluar, la diagnosis en este caso, como se ha dicho anteriormente, es la de un espacio con un nivel de uso para que se den SE muy alto, con una gran cantidad de árboles que potencian los SE de regulación de la filtración del aire, así como mitiga el efecto de isla de calor y el ruido. Dispone de una accesibilidad segura para que los ciudadanos lo utilicen como espacio recreativo, además de ser un refugio para animales tales como patos y tortugas, entre otros.

Figura 12: Foto donde aparece infografía en un cartel sobre el estanque urbano de CAS5.



Fuente: elaboración propia

3.4.2 Rotondas Muy grandes

En el caso de estudio existen cuatro rotondas de tamaño Muy grande y el espacio que representa la suma del área de estas rotondas representa un 40,74 % del total. Las rotondas son CAS2, con un nivel de uso del espacio para que se den SE Muy alto por disponer de una cantidad de árboles grandes importante, CAS4 con un nivel de uso del espacio para que se den SE Bajo, por todo lo contrario que CAS2, no dispone de una cantidad de árboles proporcionada a la gran superficie que tiene. VIL15 es de nivel Muy alto debido a que es planificada como balsa de laminación y STB20 Muy bajo por estar prácticamente en desuso todo el espacio de la misma.

Tabla 10: Relación de los SE urbanos y las rotondas Muy grandes.

SE urbanos	CAS2	CAS4	VIL15	STB20
Filtración del aire	SI	NO	NO	NO
Regulación microclimática: efecto isla de Calor	SI	NO	NO	NO
Regulación perturbaciones: ruido	SI	NO	NO	NO
Regulación del agua o escorrentías	NO	SI	SI	SI*
Tratamiento aguas residuales	NO	NO	SI*	NO
Recreativo	NO	NO*	NO	NO*
Polinización y dispersión de semillas	SI	NO	SI*	NO
Refugio	SI	NO	NO	NO

Fuente: elaboración propia

Para el SE urbano de filtración del aire, solo en CAS2 aparece por el factor determinante de disponer de 60 árboles grandes (Chopos o *Populus nigra* L.). Por el mismo motivo aparece sólo en esta rotonda el SE de regulación del efecto isla de calor, así como del ruido, el resto de rotondas de este tamaño al no disponer de árboles grandes, no aparecen ninguno de los tres primeros SE. En cambio, para el SE de regulación de escorrentías las rotondas VIL15 y STB20 han sido analizadas como puntos de desembocadura de microcuencas urbanas, no obstante, en la información ofrecida por el geoportal de planeamiento refundido del AMB, la rotonda VIL15 tiene una calificación del suelo 9, protección de sistemas generales, en cambio STB20 es del tipo 6b, parques y jardines urbanos, además de 22a, zona industrial, al no tener STB20 la planificación igual

a VIL15, se le pone el asterisco, en relación a este SE, porque sí se observa de forma directa este uso (desagües de hormigón). Para el siguiente SE, tratamiento de aguas residuales, ninguna de las rotondas posee un estanque en su interior, no obstante, VIL15 en el momento que hace la función de balsa de laminación cuando liberan agua en la misma tras una fuerte lluvia, durante un tiempo sí que aparecería este SE, por ello un nuevo asterisco.

El SE del tipo recreativo se puede relacionar con la calificación del suelo que se puede encontrar en el geoportel del AMB, en el caso de que sea del tipo 6b o parques y jardines urbanos. Los asteriscos para los casos de CAS4 y STB20 son porque no se da el SE del tipo recreativo, pero en los dos casos son suelos del tipo 6b. No tienen apenas instaladas naturaleza en su interior, con lo cual no cumplen ningún requisito para que se de este tipo de SE.

La polinización y la dispersión de semillas aparece en la rotonda CAS2 por disponer de muchos árboles que ofrecen flores en forma de amento (colgantes) primaverales y semillas en pelusa, volátiles. En cambio, en la rotonda VIL15 crecen muchas plantas con flores interesantes por cantidad, para las abejas. En las otras dos rotondas de este tamaño, sólo hay césped, y esta opción no es contemplada como para que se dé este SE. Por último, el SE de refugio solo se da en la rotonda CAS2, el factor determinante son la gran cantidad de árboles grandes que son hogar de algunos pájaros (observado nido de Urraca común), en el resto de rotondas no se han observado nidos.

3.4.3 Rotondas Grandes.

En el caso de estudio existen tres rotondas de tamaño Grande, que son: STB18, ATB19 y COR21, suman una superficie que representa el 11,25 % de la superficie total del caso de estudio. En los dos primeros casos, las rotondas STB18 y STB19 tienen un nivel de uso del espacio para que se den SE Muy bajo, ya que solo hay césped, y en el último caso, COR21, es Medio, ya que no más del 50% del espacio de esta rotonda está ocupado por vegetación (arbusto alto, tipo caña).

Tabla 11: Relación de los SE urbanos y las rotondas Grandes.

SE urbanos	STB18	STB19	COR21
Filtración del aire	NO	NO	SI
Regulación microclimática: efecto isla de Calor	NO	NO	NO
Regulación perturbaciones: ruido	NO	NO	NO

Regulación del agua o escorrentías	NO	NO	NO
Tratamiento aguas residuales	NO	NO	NO
Recreativo	NO	NO	NO
Polinización y dispersión de semillas	NO	NO	SI
Refugio	NO	NO	NO

Fuente: elaboración propia.

En estas rotondas de tamaño Grande, la diagnosis es clara, por estar dos de ellas ocupadas sólo por césped, se sabe que el césped absorbe CO2 y es un tipo de suelo blando importante para regular las escorrentías, pero no se valora aquí como potencial factor para que se den SE, por ello no se da ningún SE de todos los posibles, como se puede ver en la tabla. La tercera rotonda, COR21, es la que tiene algo de naturaleza instalada, arbusto alto del tipo caña que ocupa casi un 50% del espacio, contribuye entonces, proporcionalmente con la totalidad de la superficie, a la filtración del aire próximo (contaminación vehículos), teniendo por ello un nivel de uso del espacio Medio.

3.4.4 Rotondas Medianas.

Este tamaño de rotonda es el de más número de muestras del caso de estudio, con un total de ocho rotondas de veintiuna. De estas ocho rotondas medianas, CAS1, CAS7 y GAV10 tienen un nivel de uso del espacio para que se den SE Bajo, por falta de vegetación instalada en su interior (solo césped y muy poco espacio ocupado por arbustos muy pequeños). Las rotondas STB16 y STB17 tienen un nivel de uso Medio, ya que poseen naturaleza instalada en su interior, pero a su vez, poco espacio verde y demasiado espacio gris (inutilizado). Por último, las rotondas GAV11, VIL12 y VIL14 tienen un nivel de uso del espacio para que se den SE Alto, por la existencia en las dos primeras de grandes árboles de más de 20 metros de altura cada uno (chopos), y en la última, estar toda la rotonda ocupada por diferentes tipos de arbustos de media altura, muy importantes por la polinización.

Tabla 12: Relación de los SE urbanos y las rotondas Medianas.

SE urbanos	CAS1	CAS7	GAV 10	GAV 11	VIL 12	VIL 14	STB 16	STB 17
Filtración del aire	NO	NO	NO	SI	SI	NO	NO	NO
Regulación microclimática: efecto isla de Calor	NO	NO	NO	SI	SI	NO	NO	NO

Regulación perturbaciones: ruido	NO	NO	NO	SI	SI	NO	NO	NO
Regulación del agua o escorrentías	NO							
Tratamiento aguas residuales	NO							
Recreativo	NO							
Polinización y dispersión de semillas	SI							
Refugio	NO							

Fuente: elaboración propia

Se puede ver como de un total de ocho rotondas de este tamaño, sólo en las dos únicas rotondas que tienen grandes árboles instalados en su interior se dan los SE de filtración del aire, regulación climática y regulación del ruido, son las rotondas GAV11 y VIL12. El resto de SE no aparecen en ninguna de las rotondas a excepción del de polinización y dispersión de semillas, que aparece en todas, ya que en la mayoría de estas rotondas hay arbustos y otro tipo de plantas con flores.

3.4.5 Rotondas Pequeñas.

Se pueden encontrar cuatro rotondas de tamaño pequeño, de las cuales GAV8 tiene un nivel de uso del espacio para que se den SE muy bajo, GAV9 y CAS6 tienen un nivel de uso Bajo y VIL13 tiene un nivel de uso del espacio Muy alto. Todas juntas ocupan un 2,73 % de la superficie total del caso de estudio. El caso de VIL13 es uno de los más interesantes, cuando sólo cuenta con 314 m², hay cuatro árboles de más de 15 metros cada uno que forman juntos un muro perfecto, ocupando todo el volumen total aéreo en los límites de la rotonda.

Tabla 13: Relación de los SE urbanos y las rotondas Pequeñas.

SE urbanos	CAS6	GAV8	GAV9	VIL13
Filtración del aire	NO	NO	SI	SI
Regulación microclimática: efecto isla de Calor	NO	NO	NO	SI
Regulación perturbaciones: ruido	NO	NO	NO	SI

Regulación del agua o escorrentías	NO	NO	NO	NO
Tratamiento aguas residuales	NO	NO	NO	NO
Recreativo	NO	NO	NO	NO
Polinización y dispersión de semillas	SI	NO	SI	SI
Refugio	NO	NO	NO	NO

Fuente: elaboración propia

El factor determinante para que se den los SE del tipo regulación como la filtración del aire, mitigar el efecto isla de calor o la regulación del ruido son los árboles grandes, en el caso de estas cuatro rotondas, solo VIL13 dispone de árboles grandes, ocupando muy eficazmente el pequeño espacio que posee, por ello el nivel Muy alto en relación al uso del espacio para que se den SE. Por este motivo en el resto de rotondas no se dan SE del tipo regulación, porque no tienen árboles, a excepción de un caso especial también en este estudio, la rotonda GAV9, la cual soporta los pilares de un puente que conecta la ciudad de Gavà y un sector de la zona industrial de la misma, así como la autopista C – 32, ya que, estos pilares son ocupados por una gran planta trepadora (hiedra) que se extiende alrededor de todo el suelo del puente, y se ha valorado como que sí que aparece el SE de filtración del aire. En aquellas rotondas que se pueden encontrar algún tipo de arbusto pequeño o plantas pequeñas, ornamentales, aparece el SE de polinización y dispersión de semillas, como en CAS6, que tiene nivel de uso del espacio Bajo y también VIL13 ofrece este tipo de SE. La rotonda GAV8 sólo está cubierta por césped, además de un pequeño olivo en el centro del espacio, siendo el nivel de uso Muy bajo.

3.4.6 Rotondas Muy Pequeñas

Hay tan solo una rotonda de este tamaño, CAS3, con una superficie de 95 m², la proporción del verde gris es de 20 / 80 debido a que no tiene césped, solo grava, y un total de 6 palmitos de baja altura instalados en su interior, este tipo de planta no es interesante para insectos polinizadores por ello no cumple el SE del tipo polinización y dispersión de semillas, y tampoco ningún otro, por ello no es necesario crear una tabla.

3.5 Resumen, diagnosis final de los resultados.

Para acabar con el apartado de caso de estudio: resultados, y dar paso al último apartado de este trabajo, las conclusiones, se ofrece ahora un resumen de lo todo lo visto hasta aquí en referencia al punto 3.5, SE y rotondas, estado de la cuestión.

De un total de ocho SE que se diagnostican en el caso de estudio, es importante tener claro cuáles han sido los indicadores para cada uno de ellos, vistos en el marco teórico. Para los SE del tipo regulación como: filtración del aire, regulación microclimática del efecto isla de calor y regulación de perturbaciones del tipo ruido los indicadores principales se extraen del área foliar de los árboles, en mayor medida. Por ello en todas las tablas vistas anteriormente, se ha visto que se dan estos SE si en la rotonda hay instalados árboles que hagan que el nivel de uso del espacio sea Alto o Muy alto.

CAS5 y VIL15, que ocupan solo entre ellas dos un 45,68 % del total de superficie analizada, son de nivel Muy alto, pero por factores determinantes diferentes. CAS5 es la muestra perfecta, con un área que pasa de 1 hectárea, aparecen los ocho SE por la rica variedad en usos y espacios, 85 árboles grandes y el estanque urbano que ocupa un tercio del espacio de la rotonda forman un micro hábitat muy rico por su complejidad. En cambio, VIL15 está planificada oficialmente por el ayuntamiento de Viladecans para regular el agua de escorrentía, para que se dé este tipo de SE. Buscando ampliar esta posibilidad, de relacionar el SE de regulación de agua o escorrentía, así como el tratamiento de aguas residuales se ha realizado el punto 3.4 del caso de estudio, delimitación de microcuencas urbanas.

Hay otros casos como VIL13, que por la perfecta ocupación del espacio con cuatro grandes árboles en una rotonda muy pequeña tiene un nivel Muy alto, así como CAS2, GAV11, VIL12 o VIL14 que por la proporción del espacio y la existencia de árboles grandes tienen un nivel de uso del espacio Alto. Cuando aparecen estos tipos de SE de regulación, incluidos los de escorrentías y tratamientos de residuos, el nivel de uso del espacio ha sido catalogado como Muy alto o Alto, por ser sin duda los más interesantes.

En otras rotondas donde hay instalados arbustos de talla media o pequeño, que no hay árboles o hay uno o dos árboles, que el área foliar no es muy densa, se han catalogado respecto al nivel de uso del espacio para que se den SE como Medio, es el caso de STB16, STB17 o COR21, con la excepción de VIL14, que es una rotonda de tamaño mediana que está ocupada por una cantidad de arbustos muy importante, fuera de lo normal, en comparación con el resto de rotondas que tienen arbustos, por ello ha sido catalogada con un nivel Alto.

En contra posición, tanto la tercera rotonda más grande en superficie del caso de estudio como la cuarta, STB20 y CAS4, ocupan entre las dos un 19,69 % del total de la superficie analizada y el nivel de uso del espacio es Muy bajo para la primera y Bajo para la segunda porque solo se puede encontrar césped, y unos pocos de árboles aislados en

más de 8.400 m² de superficie desaprovechada. Ocurre lo mismo en rotondas como STB18 y STB19, sumando entre las dos un no despreciable 7,41 % de superficie del total. Acumulando el resto de rotondas de medianas y pequeñas que sólo tienen césped, es cuando nos encontramos con la dualidad que muestra la figura 5, donde se puede ver que un 34% del total de la superficie analizada no está aprovechada.

Con todo, un 66% de la superficie total analizada sí está aprovechada, demostrando que las rotondas, como espacios verdes olvidados de las ciudades ofrecen SE, que variarán en funcionabilidad, según qué tipo de naturaleza se instale en su interior, árboles grandes, arbustos de todas las medidas, etc., o bien, si es planificada por el ayuntamiento pertinente, como balsa de laminación.

4. CONCLUSIONES

Una vez presentados los resultados en el apartado anterior, las conclusiones ponen fin a este trabajo. Para ello se cree conveniente dividir las conclusiones en tres subapartados: un subapartado donde se presentan las conclusiones del trabajo, de carácter teórico por un lado y de carácter aplicado por otro. Otro sub apartado con la comprobación de los objetivos principales y las hipótesis, y para acabar, un subapartado final donde se muestran unas propuestas de carácter personal en forma de reflexión después de observar las posibilidades más idóneas para potenciar el uso del espacio de las rotondas.

4.1 Conclusiones del trabajo

La identificación y evaluación de los SE en rotondas de tráfico se ha pretendido estudiar debido a una creencia propia, y en base a ideas de varios autores vistos en el marco teórico, que todos los espacios verdes de las ciudades, incluidos los olvidados, los no lugares, tienen importancia debido a que ofrecen distintos SE. Este trabajo ha permitido aportar ideas para contribuir en esta línea de investigación, el espacio que ofrecen las rotondas de tráfico son una oportunidad para mejorar la calidad ambiental del entorno próximo. Carreteras o vías de comunicación que, no hay que olvidar, son utilizadas no solo por vehículos, sí no también por peatones, personas que deciden desplazarse a pie o que esperan un servicio de transporte público o privado.

4.1.1 Conclusiones de carácter teórico.

Se ha podido comprobar en el marco teórico el carácter joven de la mayoría de estudios relacionados con SE urbanos. La revista *Ecological Economics* está realizando una apuesta firme por publicar artículos de esta índole, no obstante, faltan artículos relacionados con las zonas verdes olvidadas de las ciudades y SE, por no decir, de rotondas de tráfico, entendidas dentro de estos espacios, como el caso de este trabajo. A continuación, se formulan unas conclusiones de carácter teórico en forma de puntos que pretenden construir una base justificante de este trabajo.

- Debate SLOSS, Single Large or Several Small (Wilcox et al., 1985).

Escoger la carretera C – 245 por la razón de la facilidad de acceso, por cercanía con el lugar de residencia del autor, para realizar un buen trabajo de campo, está directamente relacionado con la idea del principio SLOSS. Es decir, se ha pretendido demostrar la relación entre SE y rotondas de un área de estudio cualquiera, en el sentido de que todas las rotondas de tráfico de cualquier lugar suman un espacio total en una ciudad, en un territorio, que no está valorado por ser no lugares, y si disponen de naturaleza instalada, son zonas verdes olvidadas de las ciudades.

En este caso de estudio se han analizado veintiuna rotondas, en una sola carretera, en un tramo de 15 km, se pueden imaginar el número de rotondas de todas las calles de zonas urbanas y carreteras interurbanas del AMB, por ejemplo, así como de la superficie total y espacio disponible para instalar naturaleza, bien planificado, coordinado, para que aparezcan SE que mejoren la calidad de vida de la ciudadanía, así como del entorno.

- Zonas verdes olvidadas de las ciudades.

Uno de los artículos científicos principales que justifican este trabajo, el de Bolund & Hunhammar de 1999 para la revista *Ecological Economics*, comenta la importancia de las “abandoned backyards” o zonas verdes olvidadas de las ciudades, por la gran cantidad de SE que pueden ofrecer.

En el estudio sobre los SE de la infraestructura verde de Barcelona del año 2014 que realiza el AMB con la ayuda del CREA se habla de la importante que es valorar todas las medidas de las zonas verdes de la ciudad, ya sean los grandes bosques, como Collserola, o los muchos parques urbanos pequeños. En este sentido, el concepto pocket parks (Whyte, 1980) es muy importante como justificante para este trabajo, por la relación del SE del tipo recreativo y rotondas.

- Planificación local y urbanismo ecológico.

Las rotondas si se contemplan en un futuro como auténticas zonas verdes valoradas por qué pueden ofrecer SE, sumarían en la habitabilidad urbana, además podrían fomentar la conservación de la biodiversidad urbana, pueden cumplir muchos de los objetivos del urbanismo ecológico (Rueda, 2011) como:

- En el ámbito del mantenimiento de valores biogeográficos; los tres planos propuestos en urbanismo ecológico (subsuelo, superficie y altura) permiten la interrelación de la biodiversidad, definir niveles del verde urbano y crear paisajes.
- En el ámbito del metabolismo urbano; gestionar la demanda a través de las funciones de los SE urbanos.
- En el ámbito del espacio público; crear espacios nuevos, crear lugares, que el ciudadano tenga la opción en la medida de lo posible de ocupar estos espacios (rotondas como parques y jardines cuando alcanzan dimensiones considerables).

4.1.2 Conclusiones de carácter aplicado.

Para conseguir cumplir con los objetivos del trabajo, se han diagnosticado en el apartado anterior, caso de estudio: resultados, los SE existentes en las rotondas de la carretera C – 245. Se puede de esta forma, extraer conclusiones de carácter aplicado, y son las siguientes:

- En el caso de estudio se han analizado y diagnosticados rotondas de todas las medidas, se le ha dado importancia por igual a todas, pero se ha intentado valorar proporcionalmente el nivel de uso del espacio en relación al tamaño de cada una. Las conclusiones en este sentido son claras; para que se den SE en las rotondas se necesita principalmente de árboles, a poder ser de grandes, en combinación con arbustos, también mejor si son de grandes dimensiones, y que ocupen la mayor cantidad de suelo verde de la propia rotonda, es contraposición, el suelo gris no ofrece SE, es suelo desaprovechado. Estas condiciones idóneas, se han encontrado en diez casos de veintiuna rotondas, habiendo una, la rotonda CAS5, que es un caso excepcional, dónde aparecen los ocho SE posibles. Para ser la primera vez que se estudia este fenómeno y utilizando un área de estudio pequeña, para el autor ha sido satisfactorio.
- Después de delimitar cinco microcuencas urbanas en el área de estudio, utilizando como punto de desembocadura cinco de las veintiuna rotondas, y así relacionar los SE de regulación de escorrentías y tratamiento de aguas residuales, con la posible función de las rotondas como balsas de laminación, se puede llegar a la conclusión de que es una herramienta factible y provechosa en planificación local, concretamente, en prevención de inundaciones.
 - o VIL15: clave en este trabajo, calificada con suelo del tipo 9, protección de sistemas generales, en el PGM. Después de la modificación del PPU de Llevant, de Viladecans de 2015, convierte de forma oficial una rotonda en un espacio verde olvidado de la ciudad que ofrece SE, de regulación de aguas o escorrentías, principalmente, y tratamientos de aguas residuales, cuando se necesite evacuar agua en la misma. Puede servir de ejemplo para otros casos alrededor del mundo en planificación local.
 - o CAS1: ubicada en un lugar próximo a suelo forestal, la escorrentía es superficial durante la mayor parte del recorrido del canal principal, teniendo esta una pendiente muy pronunciada, la zona (urbanización y centro educativo) tiene riesgo de inundación por un tiempo de concentración rápido. Los motivos por los que aquí se elige esta rotonda como punto de desembocadura para delimitar la microcuenca CAS1 son los mismos que los técnicos valoraron en la documentación oficial el caso de VIL15 (modificación del PPU de Llevant, de Viladecans de 2015).

- CAS5: en la información que ofrece el geoportal de planeamiento refundido del AMB, la rotonda no está calificada como suelo 9, como en el caso de VIL15, no obstante, el estanque de más de 3.000 m², realiza la función de balsa de laminación, se dan los SE de regulación de escorrentías y tratamientos de aguas residuales.
 - VIL12: por estar en un entramado urbano muy denso y a poca distancia de suelo forestal, por donde transcurre la parte alta del canal principal, se puede proyectar una balsa de laminación en la rotonda, no obstante, esto requeriría de un proyecto de ingeniería, para decir cómo debería ser planificada, que aquí no se puede ofrecer.
 - STB20: en la información que ofrece el geoportal de planeamiento refundido del AMB, la rotonda no está calificada como suelo 9, como en el caso de VIL15, no obstante, en su interior se observan desagües, indicando una posible función como balsa de laminación, después de hacer el estudio de la delimitación de la microcuenca, y ver que el tiempo de concentración es lento y que la parte donde el canal principal transcurre por suelo forestal está muy alejada, además de la proximidad al río Llobregat, la zona no corre riesgo de inundación, no se propone en esta rotonda balsa de laminación.
- Algunas rotondas son calificadas como suelo del tipo 6b, parques y jardines urbanos, pero no son identificadas como tal por los ciudadanos. El caso de CAS5 sí que es identificada como tal, demuestra que una rotonda puede ser disfrutada como parque urbano, solo hay que convertirla, con una buena planificación local y acorde a unas características propias de la rotonda concretas; en cuanto a tamaño, forma y accesibilidad. En cambio, para que una rotonda sea identificada como jardín urbano, requiere que en su interior se instale variedad en cuanto a especies de plantas, árboles o arbustos, y no sólo césped, como es el caso de la rotonda CAS4 y STB20, rotondas de tamaño muy grande.
 - Dotando de accesibilidad segura a una rotonda, cuando es de grandes dimensiones, como el caso de CAS5, mediante pasos de cebra y cuando, además, la rotonda está hundida, similar a una “caldera”, donde es seguro disfrutar del espacio tanto para adultos como para niños, se puede crear un lugar. Es decir, se puede asignar valor cultural a una zona verde olvidada, dejando de estarlo al utilizarse de forma recreativa y crear memoria en los usuarios.

4.2 Comprobación de las hipótesis del trabajo.

- La naturaleza instalada en las rotondas ofrece SE.

Se ha podido comprobar en el marco teórico que para que aparezcan SE del tipo regulación del aire, de perturbaciones como el ruido, del microclima o efecto isla de calor, es necesario la presencia, principalmente, de árboles y arbustos. En las rotondas que hay instalados árboles y arbustos, con una ocupación del espacio óptima, aparecen los SE. En el caso de la rotonda CAS5, que dispone de un estanque urbano, con una lámina de agua superior a los 3.000 m², aparecen también los SE de regulación de agua o escorrentías y tratamientos de aguas residuales, y también, debido a su segura accesibilidad, el SE del tipo recreativo. Además, con la existencia de árboles y arbustos en las rotondas aparece los SE de polinización y dispersión de semillas y refugio. La hipótesis se cumple, la naturaleza instala en las rotondas sí ofrece SE.

- En general, no se ha planificado la naturación de las rotondas pensando en los SE sino en la estética paisajística u ornamentación.

Las especies de árboles elegidas para ocupar el espacio de las rotondas, principalmente chopos, son caducifolios, en invierno se agravan los problemas de la contaminación atmosférica o smog, por culpa de los tubos de escape de coches, autobuses, camiones y motos. Si se pierden las hojas de los árboles de las rotondas, se pierde casi toda la potencialidad para que se den SE en invierno, esto no es pensar en los SE. Otras de las especies más utilizadas son las palmeras y el palmito, especies que tienen pocas propiedades biológicas para ofrecer SE del tipo regulación, pero, bajo mi opinión, son elegidas por su barato mantenimiento (fuertes ante el estrés hídrico) y por estética. Por último y para comprobar que se cumple con esta hipótesis, se hubieran instalado gran cantidad de árboles y arbustos en las rotondas, si se planificaran pensando en los SE, ocupando un espacio importante de las mismas, en cambio, hay mucho espacio vacío, en algunos casos, rotondas sólo ocupadas por césped y muestras insignificantes de naturaleza (niveles Muy bajo y Bajo del caso de estudio: resultados).

- La planificación de la naturación bajo la potenciación de los SE de las rotondas potenciaría la calidad medioambiental del entorno próximo, las carreteras.

La planificación de la naturación del espacio que ofrecen las rotondas, pensando que aparezcan SE, sí potenciaría la mejora de la calidad medioambiental del entorno próximo de las rotondas, las carreteras. Ya que, si en ellas se instalan una cantidad de árboles y arbustos óptima para el espacio disponible, se efectuaría una disminución del ruido de la carretera, también una disminución del efecto isla de calor y ayudaría a limpiar el aire, con la absorción de CO₂.

4.3 Propuestas.

Las siguientes propuestas son de carácter personal, después de realizar el trabajo, se ofrece una valoración final en forma de propuestas. Las rotondas son zonas verdes olvidadas de las ciudades cuando en ella se instala naturaleza, se pretende ahora proponer tres acciones para potenciar los SE de las rotondas.

- Crear hábitats complejos, es decir, con variedad en especies, tamaños y formas, de árboles, arbustos y plantas, siempre instalados en suelo blando (césped) y de esta forma potenciar los SE del tipo polinización y dispersión de semillas y el de tipo hábitat, refugio. Las rotondas ofrecen espacios del tipo isla, pueden ser aprovechados por pájaros, por ejemplo, donde los gatos u otros depredadores, tendrán dificultades para acceder a los nidos, etc. En este sentido, sería interesante que los gestores de las zonas verdes, así como cuidadores de la biodiversidad urbana municipal, pensarán en ubicar en rotondas, bajo estudio previo, casetas para los nidos de pájaros.

Figura 13: Ejemplo de rotonda con un hábitat complejo adecuado al espacio disponible, y al tamaño.



Fuente: Google Maps

Rotonda situada en la carretera T – 325 de Cambrils, conecta el centro de la ciudad de Cambrils con la urbanización Vilafortuny. Es de tamaño pequeña, no más de 400 m², pero con un nivel de uso del espacio muy alto, con un hábitat complejo en su interior, potenciando los SE de refugio y polinización y dispersión de semillas, cuando el resto de SE de regulación, menos los de regulación de agua o escorrentías, son potenciados también al instalar gran cantidad de árboles y arbustos.

- Pensar en proponer una naturación de las rotondas con especies de árboles del tipo perennifolios, para que, en invierno, sigan absorbiendo CO2. Así como proponer especies de árboles que, según el planeamiento vigente, puedan alcanzar las mayores tallas posibles (siendo perennifolios), es decir, a cuanto más área foliar, en altura y en diámetro de copa, mejor.
- En todas aquellas rotondas de grandes dimensiones, como en el caso de CAS5, se pueda dotar de una accesibilidad segura, y estén ubicadas en zonas urbanas con una fuerte densidad urbana u estrés urbano, sería interesante pensar en convertir las rotondas en pocket parks, y así crear nuevas zonas para que los ciudadanos se puedan evadir del mundo gris el tiempo que quieran. El ejemplo de CAS5 (frente a C.C Áncel Blau, en Castelldefels) es ideal y demuestra que un *no* lugar puede pasar a ser un lugar.

Figura 14: Foto de la rotonda CAS5



Fuente: Elaboración propia

Foto tomada durante un uso personal de la rotonda CAS5, para ocupar mi tiempo libre. Con la compañía de mi familia, de mi perro, y consiguiendo evadirme por un rato del mundo gris, en un pequeño mundo verde.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, H. C. (2013). Los lugares y no lugares en geografía. *Espacio y Desarrollo*, (20), 5-17.
- Alberti, M., Marzluff, M., Shulenberger, E., Bradley, G., Ryan, C., & Zumbrunnen, C. (2003). Integrating humans into ecology: opportunities and challenges for studying urban ecosystems. *BioScience*, 53(12), 1169-1179.
- Alió, M. (1995). El Discurso ambiental en la gestión urbana: del urbanismo ecológico a las ecoauditorías municipales. *Revista de geografía*, 29(1), 21-36.
- Andersson, E., Barthel, S., & Ahnén, K. (2007). Measuring social–ecological dynamics behind the generation of ecosystem services. *Ecological applications*, 17(5), 1267-1278.
- Assessment, M. E. (2005). Millennium ecosystem assessment. *Ecosystems and human wellbeing: a framework for assessment*. Washington, DC: Island Press.
- Balvanera, P., & Cotler, H. (2007). Acercamientos al estudio de los servicios ecosistémicos. *Gaceta ecológica*, 84-85(Special issue), 8-15.
- Baxendale, C. (2000). Geografía y planificación urbana y regional: una reflexión sobre sus enfoques e interrelaciones en las últimas décadas del siglo XX. *Reflexiones geográficas*, 9, 58-70.
- Blanc, N. (1998). 1925-1990: l'écologie urbaine et le rapport ville-nature. *Espace géographique*, 27(4), 289-299.
- Boada, M., Zaragoza, R. & Guelar, K. (2016). El Papel Vital de la Biodiversidad en la Sostenibilidad Urbana. En *Estado del Mundo* (pp. 297-310). Island Press / Centro de Economía de Recursos.
- Bolund, P., & Hunhammar, S. (1999). Ecosystem services in urban areas. *Ecological economics*, 29(2), 293-301.
- Camacho, V., & Ruiz, A. (2012). Marco conceptual y clasificación de los servicios ecosistémicos. *Revista Bio Ciencias*, 1(4).
- Canadell, À., & Vicens, J. (2010). *Habitar la ciudad*. Miraguano ediciones.

- Carreras, C., Marín, M., Martín, J., Moreno, M., & Sabí i Bonastre, J. (1990). Modificaciones térmicas en las ciudades. Avance sobre la isla de calor en Barcelona. *Documents d'anàlisi geogràfica*, (17), 051-077.
- Chaparro, L., & Terradas, J. (2009). Ecological services of urban forest in Barcelona. *Institut Municipal de Parcs i Jardins Ajuntament de Barcelona, Àrea de Medi Ambient*.
- Chiesura, A. (2004). The role of urban parks for the sustainable city. *Landscape and urban planning*, 68(1), 129-138.
- Costanza, R., d'Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., ... & Raskin, R. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *nature*, 387(6630), 253-260.
- Daily, G. (Ed.). (1997). Nature's services: societal dependence on natural ecosystems. *Island Press*.
- De la Peña, G. (2003). Simmel y la Escuela de Chicago en torno a los espacios públicos en la ciudad. *Quaderns-e de l'Institut Català d'Antropologia*, (1).
- De Groot, R., Wilson, M., & Boumans, R. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological economics*, 41(3), 393-408.
- Depietri, Y., Kallis, G., Baró, F., & Cattaneo, C. (2016). The urban political ecology of ecosystem services: The case of Barcelona. *Ecological Economics*, 125, 83-100.
- Elmqvist, T. (2004). The Dynamics of Social-Ecological Systems in Urban Landscapes: Stockholm and the National Urban Park, Sweden. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1023, 308-322.
- Flos, J. (2004). Ecología urbana. *Atzavara, L'*, (12), 5-20.
- Gómez-Baggethun, E., & Barton, N. (2013). Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. *Ecological Economics*, 86, 235-245.
- Grimm, N., Grove, J., Pickett, S., & Redman, L. (2008). Integrated Approaches to Long-Term Studies of Urban Ecological Systems. *Urban Ecology*, 123-141.
- Grimm, N. (2008). Global Change and the Ecology of Cities. *science*, 1150195(756), 319.
- Gutiérrez, D., & Benavides, S. (2012). Análisis crítico del concepto de ecología urbana. *Revista Facultad de Ciencias Basicas*, 8 (1).

- Ishii, M. (1994, September). Measurement of road traffic noise reduced by the employment of low physical barriers and potted vegetation. In *INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings* (Vol. 1994, No. 5, pp. 595-598). Institute of Noise Control Engineering.
- Kennedy, C., Pincetl, S., & Bunje, P. (2011). The study of urban metabolism and its applications to urban planning and design. *Environmental pollution*, 159(8), 1965-1973.
- Leather, S., & Helden, A. (2005). Roundabouts--Our neglected nature reserves? Roundabouts are common, but often unnoticed features of our towns and cities, but are these islands of biodiversity actually our future nature reserves?. *Biologist-London*, 52(2), 102-106.
- McPherson, E., Nowak, D., Heisler, G., Grimmond, S., Souch, C., Grant, R., & Rowntree, R. (1997). Quantifying urban forest structure, function, and value: the Chicago Urban Forest Climate Project. *Urban ecosystems*, 1(1), 49-61.
- Montes, C., & Sala, O. (2007). La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. Las relaciones entre el funcionamiento de los ecosistemas y el bienestar humano. *Revista Ecosistemas*, 16(3).
- Murphy, D. (1989). Conservation and confusion: wrong species, wrong scale, wrong conclusions. *Conservation Biology*, 3(1), 82-84.
- Padullés, J., Vila, J., & Barriocanal, C. (2015). Biodiversidad vegetal y ciudad: aproximaciones desde la ecología urbana. © *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 2015, núm. 68, p. 83-107.
- Park, E., & Martínez, M. (1999). La ciudad y otros ensayos de ecología urbana. *Ediciones del Serbal*.
- Park, R., Burgess, W., & McKenzie, D. (1984). The City: Suggestions for the Study of Human Nature in the Urban Environment.
- Pickett, T., & McDonnell, J. (1993). Human as Components of Ecosystems: A Synthesis. In *Humans as Components of Ecosystems* (pp. 310-316). *Springer New York*.
- Rueda, S. (2004). Habitabilidad y calidad de vida. *Cuadernos de Investigación Urbanística*, (42).
- Rueda, S. (2006). P5 Modelos de ordenación del territorio más sostenibles. *Boletín CF+S*, (32/33).

- Rueda, S. (2010). L'urbanismo ecologico. Territorio della Ricerca su Insediamenti e Ambiente. *Rivista internazionale di cultura urbanistica*, 3(6), 127-140.
- Shunt, W. (1993). Algunas reflexiones en torno a ecología y urbanismo. *Ayer*, (11), 171-188.
- Terradas, J., Pares, M., & Pou, G. (1985). Ecología d'una ciutat: Barcelona. *Centre del Medi Urbà y Programa Mab, UNESCO, Barcelona*.
- Toribio, M., & Ramos, S. (2009). Funciones ecológicas del espacio libre y planificación territorial en ámbitos metropolitanos: perspectivas teóricas y experiencias recientes en el contexto español. *Scripta Nova: revista electrònica de geografia y ciencias sociales*, 13.
- Vauramo, S., & Setälä, H. (2011). Decomposition of labile and recalcitrant litter types under different plant communities in urban soils. *Urban ecosystems*, 14(1), 59-70.
- Villarreal, L., & Bengtsson, L. (2005). Response of a Sedum green-roof to individual rain events. *Ecological Engineering*, 25(1), 1-7.
- Westman, E. (1977). How much are nature's services worth?. *Science*, 197(4307), 960-964.
- Whyte, W. H. (1980). The social life of small urban spaces.
- Wilcox, B. A., & Murphy, D. D. (1985). Conservation strategy: the effects of fragmentation on extinction. *The American Naturalist*, 125(6), 879-887.
- Wolman, A. (1965). The metabolism of cities. *Scientific American*, 213(3), 179-190.

ANEXOS.

1.7.1 Crear fichas de identificación para cada rotonda del caso de estudio (21 en total).

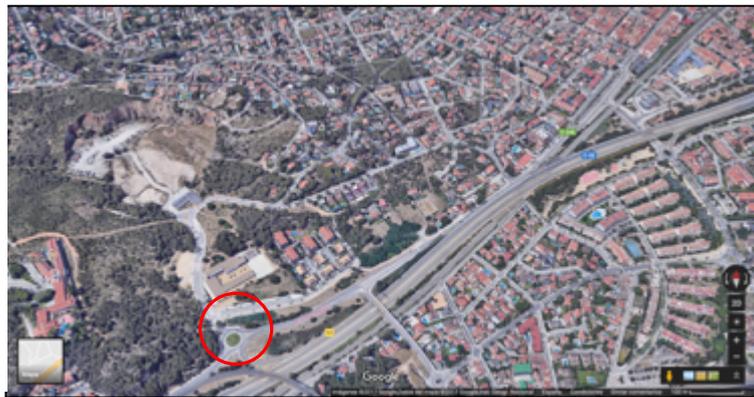
FICHA ROTONDA

ID: CAS1



Fecha foto Google: abril 2016
Fecha última observación: 26/7/17
Cambios: No
Rotonda área de estudio: 1 de 21
Fuente: Google Maps

Municipio: Castelldefels
Entorno: Urbano Disperso
Régimen de suelo según Planeamiento Urbanístico
Refundido del AMB: Sin Información
Coordenadas:
41°16'11.0"N 1°57'55.3"E



CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

Forma:	Circular	Área del espacio interior: 707 m ²
Tamaño:	Mediana	Medidas: 30m x 30 m
Cubierta: % proporción verde/gris:	60 / 40	

NATURALEZA INSTALADA

6 Palmeras jóvenes de no más de 1 metro de altura. Arbustos pequeños, ocupan un espacio < 15% del total de la superficie Césped bien cuidado.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS URBANOS

Polinización y dispersión de semillas.

SE que aparecen: 1 de 8

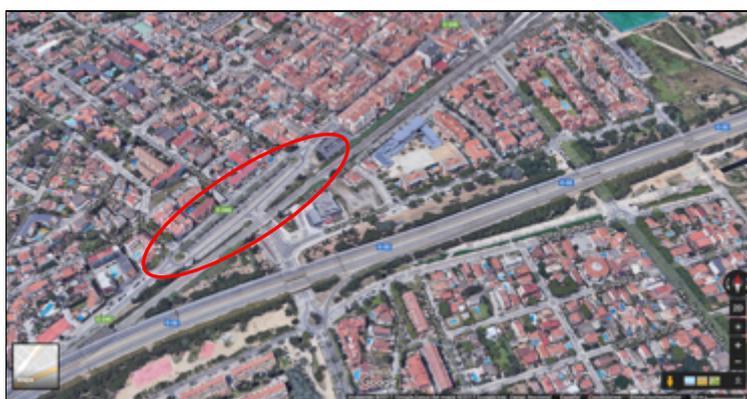
Nivel del uso del espacio para que se den SE: Bajo

Inundaciones → Estudio de microcuencas y tiempo de concentración: SI



Fecha foto Google: mayo 2015
 Fecha última observación: 26/7/17
 Cambios: No
 Rotonda área de estudio: 2 de 21
 Fuente: Google Maps

Municipio: Castelldefels
 Entorno: Urbano
 Régimen de suelo según Planeamiento Urbanístico Refundido del AMB: Sin Información
 Coordenadas: 41°16'28.9"N 1°58'25.4"E



CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

Forma:	Extremadamente ovalada	Superficie: 3330 m ²
Tamaño:	Grande	Medidas: 210 m x 20 m
Cubierta: % proporción verde/gris:	40 / 60	

NATURALEZA INSTALADA

60 árboles, chopos (*populus nigra*) de más de 15 metros de altura de media. 8 arbustos bajos. Césped bien cuidado.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS URBANOS

Filtración del aire / Regulación microclimática: efecto isla de calor / Regulación de perturbaciones: ruido / Polinización y dispersión de semillas / Refugio.

SE que aparecen: 6 de 8

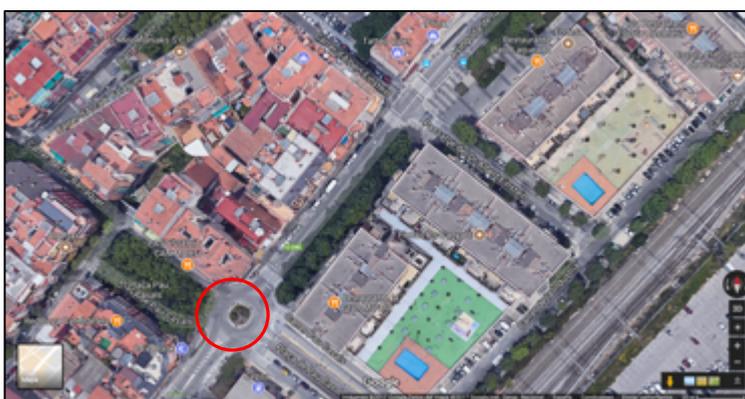
Nivel del uso del espacio para que se den SE: Alto

Inundaciones → Estudio de microcuencas y tiempo de concentración: NO



Fecha foto Google: abril 2016
 Fecha última observación: 26/7/17
 Cambios: No
 Rotonda área de estudio: 3 de 21
 Fuente: Google Maps

Municipio: Castelldefels
 Entorno: Urbano denso
 Régimen de suelo según Planeamiento Urbanístico Refundido del AMB: Sin Información
 Coordenadas: 41°16'50.5"N 1°58'47.6"E



CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

Forma:	Circular	Superficie: 95 m ²
Tamaño:	Muy pequeña	Medidas: 11 m x 11 m
Cubierta:	% proporción verde/gris: 20 / 80	

NATURALEZA INSTALADA

6 Palmitos (*Chamaerops humilis*) jóvenes, de no más de 1 metro de altura.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS URBANOS

-

SE que aparecen: 0 de 8

Nivel del uso del espacio para que se den SE: Bajo

Inundaciones → Estudio de microcuencas y tiempo de concentración: NO



Fecha foto Google: mayo 2016
 Fecha última observación: 26/7/17
 Cambios: No
 Rotonda área de estudio: 4 de 21
 Fuente: Google Maps

Municipio: Castelldefels
 Entorno: Urbano
 Régimen de suelo según Planeamiento Urbanístico Refundido del AMB: 6b Parques y jardines urbanos
 Coordenadas: 41°16'11.0"N 1°57'55.3"E



CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

Forma: Muy ovalada Superficie: 3644 m²
 Tamaño: Grande Medidas: 116 m x 40 m
 Cubierta: % proporción verde/gris: 95/ 5

NATURALEZA INSTALADA

12 árboles, chopos (*populus nigra*) de más de 15 metros de altura de media. Césped bien cuidado.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS URBANOS

Regulación del agua o escorrentías.
 SE que aparecen: 1 de 8
 Nivel del uso del espacio para que se den SE: Bajo
 Inundaciones → Estudio de microcuencas y tiempo de concentración: SI



Fecha foto Google: abril 2016
 Fecha última observación: 26/7/17
 Cambios: No
 Rotonda área de estudio: 5 de 21
 Fuente: Google Maps

Municipio: Castelldefels
 Entorno: Centro Comercial
 Régimen de suelo según Planeamiento Urbanístico Refundido del AMB: 6b Parques y jardines urbanos
 Coordenadas: 41°16'54.3"N 1°59'15.3"E



CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

Forma: Muy ovalada Superficie: 13865 m²
 Tamaño: Gigante Medidas: 182 m x 97 m
 Cubierta: % proporción verde/gris: 100 / 0

NATURALEZA INSTALADA

35 pinos (*pinus pinea*). 45 chopos (*populus nigra*). Total 80 árboles grandes. Juncos de ribera y otras plantas de ribera (junto al agua). Césped bien cuidado.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS URBANOS

Filtración del aire / Regulación microclimática: efecto isla de calor / Regulación de perturbaciones: ruido / Regulación del agua o escorrentías / Tratamiento de aguas residuales/ Recreativo / Polinización y dispersión de semillas / Refugio.

SE que aparecen: 8 de 8

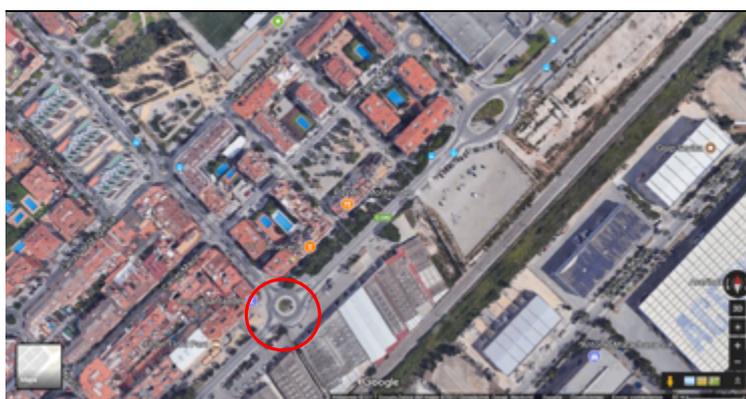
Nivel del uso del espacio para que se den SE: Muy alto

Inundaciones → Estudio de microcuencas y tiempo de concentración: SI



Fecha foto Google: abril 2016
 Fecha última observación: 26/7/17
 Cambios: No
 Rotonda área de estudio: 6 de 21
 Fuente: Google Maps

Municipio: Castelldefels
 Entorno: Urbano e Industrial
 Régimen de suelo según Planeamiento Urbanístico Refundido del AMB: Sin Información
 Coordenadas: 41°17'10.7"N 1°59'13.8"E



CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

Forma:	Circular	Superficie: 227 m ²
Tamaño:	Pequeña	Medidas: 17 m x 17 m
Cubierta: % proporción verde/gris: 70 / 30		

NATURALEZA INSTALADA

Arbustos pequeños, ocupan un espacio < del 10% del total de la superficie. 4 árboles jóvenes, naranjos (C. x sinensis) no más de 1,80 m de altura.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS URBANOS

Polinización y dispersión de semillas

SE que aparecen: 1 de 8

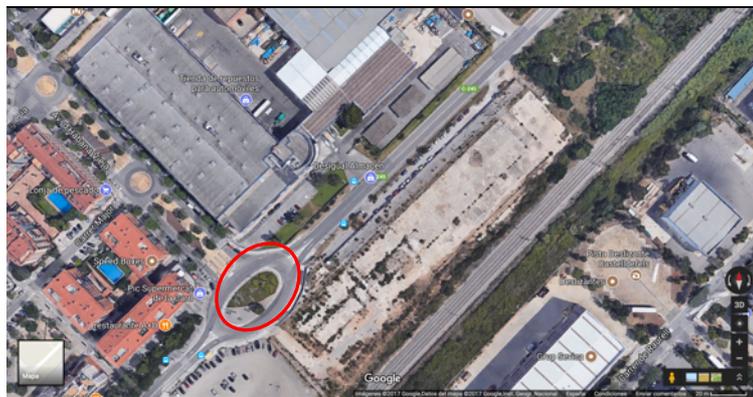
Nivel del uso del espacio para que se den SE: Bajo

Inundaciones → Estudio de microcuencas y tiempo de concentración: NO



Fecha foto Google: abril 2016
 Fecha última observación: 26/7/17
 Cambios: No
 Rotonda área de estudio: 7 de 21
 Fuente: Google Maps

Municipio: Castelldefels y Gavà
 Entorno: Urbano e Industrial
 Régimen de suelo según Planeamiento Urbanístico Refundido del AMB: S I.
 Frontera municipal
 Coordenadas: 41°16'11.0"N 1°57'55.3"E



CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

Forma: Muy oval Superficie: 628 m2
 Tamaño: Mediana Medidas: 40 m x 20 m
 Cubierta: % proporción verde/gris: 55 / 35

NATURALEZA INSTALADA

1 olivo (olea europea var. Sylvestris) de unos 3 metros de altura. 9 filas de arbustos medianos.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS URBANOS

Principal: Polinización y dispersión de semillas
 SE que aparecen: 1 de 8
 Nivel del uso del espacio para que se den SE: Bajo
 Inundaciones → Estudio de microcuencas y tiempo de concentración: NO

FICHA ROTONDA

ID: GAV8



Fecha foto Google: agosto 2015
Fecha última observación: 26/7/17
Cambios: No
Rotonda área de estudio: 8 de 21
Fuente: Google Maps

Municipio: Gavà
Entorno: Rural urbano
Régimen de suelo según Planeamiento Urbanístico Refundido del AMB: Sin Información
Coordenadas: 41°17'45.1"N 2°00'00.6"E



CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

Forma: Circular

Superficie: 314 m²

Tamaño: Pequeña

Medidas: 20 m x 20 m

Cubierta: % proporción verde/gris: 100 / 0

NATURALEZA INSTALADA

1 olivo (*Olea europea* var. *Sylvestris*) de unos 2 metros de altura. Césped bien cuidado

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS URBANOS

Principal: -

SE que aparecen: 0 de 8

Nivel del uso del espacio para que se den SE: Muy bajo

Inundaciones → Estudio de microcuencas y tiempo de concentración: NO



Fecha foto Google:
noviembre 2012
Fecha última observación:
26/7/17
Cambios: No
Rotonda área de estudio: 9
de 21
Fuente: Google Maps

Municipio: Gavà
Entorno: Urbano
Régimen de suelo según
Planeamiento Urbanístico
Refundido del AMB: Sin
Información
Coordenadas: 41°17'54.3"N
2°00'12.2"E



CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

Forma:	Circular	Superficie: 314 m ²
Tamaño:	Pequeña	Medidas: 20 m x 20 m
Cubierta: % proporción verde/gris:	95 / 5	

NATURALEZA INSTALADA

Hiedra (*Hedera hélix*) que se expande por todo el puente, nace de la rotonda. Césped bien cuidado.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS URBANOS

Filtración del aire / Polinización y dispersión de semillas.

SE que aparecen: 2 de 8

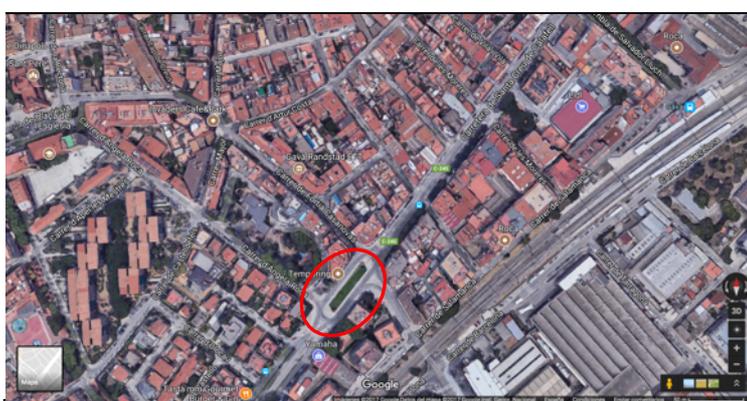
Nivel del uso del espacio para que se den SE: Bajo

Inundaciones → Estudio de microcuencas y tiempo de concentración: NO



Fecha foto Google: julio 2016
 Fecha última observación: 26/7/17
 Cambios: No
 Rotonda área de estudio: 10 de 21
 Fuente: Google Maps

Municipio: Gavà
 Entorno: Urbano denso
 Régimen de suelo según Planeamiento Urbanístico Refundido del AMB: Sin Información
 Coordenadas: 41°18'06.7"N
 2°00'24.7"E
 a



CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

Forma: Extremadamente oval Superficie: 641 m²
 Tamaño: Mediana Medidas: 68 m x 12 m
 Cubierta: % proporción verde/gris: 60 / 40

NATURALEZA INSTALADA

6 Palmitos (*Chamaerops humilis*) de no más de 1 metro de altura. arbustos medianos, que ocupan un espacio < 10 % del total. Césped bien cuidado.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS URBANOS

Polinización y dispersión de semillas

SE que aparecen: 1 de 8

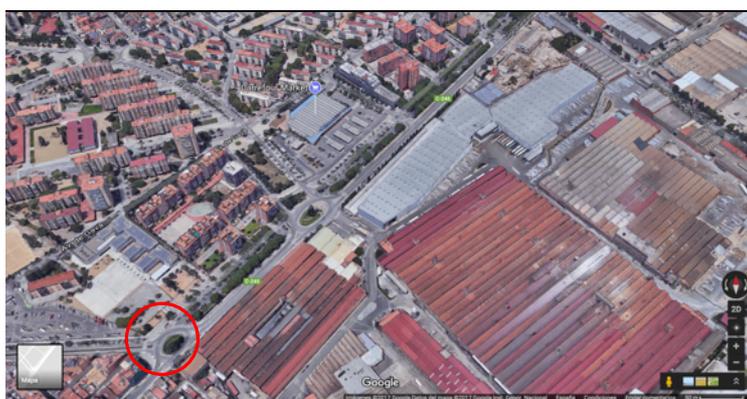
Nivel del uso del espacio para que se den SE: Bajo

Inundaciones → Estudio de microcuencas y tiempo de concentración: NO



Fecha foto Google: Julio 2016
 Fecha última observación: 26/7/17
 Cambios: No
 Rotonda área de estudio: 11 de 21
 Fuente: Google Maps

Municipio: Gavà y Viladecans
 Entorno: Urbano e Industrial
 Régimen de suelo según Planeamiento Urbanístico Refundido del AMB: S I.
 Frontera municipal
 Coordenadas: 41°18'23.7"N 2°00'40.9"E



CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

Forma: Oval Superficie: 461 m²
 Tamaño: Mediana Medidas: 28 m x 21 m
 Cubierta: % proporción verde/gris: 75 / 25

NATURALEZA INSTALADA

5 chopos muy grandes, más de 20 m. Arbustos media altura que ocupan un espacio comprendido entre un 15 y un 20 % del total.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS URBANOS

Filtración del aire / Regulación microclimática: efecto isla de calor / Regulación de perturbaciones: ruido / Polinización y dispersión de semillas

SE que aparecen: 4 de 8

Nivel del uso del espacio para que se den SE: Alto

Inundaciones → Estudio de microcuencas y tiempo de concentración: NO



Fecha foto Google: julio 2016
 Fecha última observación: 26/7/17
 Cambios: No
 Rotonda área de estudio: 12 de 21
 Fuente: Google Maps

Municipio: Viladecans
 Entorno: Urbano e Industrial
 Régimen de suelo según Planeamiento Urbanístico Refundido del AMB: 6a Parques y jardines urbanos
 Coordenadas: 41°18'28.9"N 2°00'46.1"E



CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

Forma: Muy oval Superficie: 795 m²
 Tamaño: Mediana Medidas: 44 m x 23 m
 Cubierta: % proporción verde/gris: 55 / 45

NATURALEZA INSTALADA

6 Palmitos jóvenes de no más de 1 metro de altura. 3 chopos de más de 20 m de altura. Arbustos pequeños que ocupan un espacio comprendido entre 15 y 30 % del total. Césped bien cuidado.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS URBANOS

Filtración del aire / Regulación microclimática: efecto isla de calor / Regulación de perturbaciones: ruido / Polinización y dispersión de semillas

SE que aparecen: 4 de 8

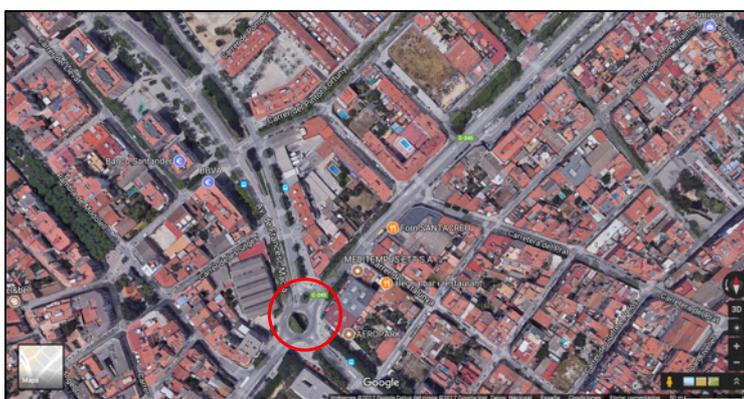
Nivel del uso del espacio para que se den SE: Alto

Inundaciones → Estudio de microcuencas y tiempo de concentración: SI



Fecha foto Google: julio 2016
 Fecha última observación: 26/7/17
 Cambios: No
 Rotonda área de estudio: 13 de 21
 Fuente: Google Maps

Municipio: Viladecans
 Entorno: Urbano denso
 Régimen de suelo según Planeamiento Urbanístico Refundido del AMB: S I.
 Coordenadas: 41°19'01.3"N 2°01'19.5"E



CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

Forma: Circular Superficie: 314 m²
 Tamaño: Pequeña Medidas: 20 m x 20 m
 Cubierta: % proporción verde/gris: 80 / 20

NATURALEZA INSTALADA

4 árboles, álamo blanco (*populus alba*) de más de 15 m altura que hacen efecto pantalla.
 Arbustos pequeños que ocupan un espacio < 10% del total.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS URBANOS

Filtración del aire / Regulación microclimática: efecto isla de calor / Regulación de perturbaciones: ruido / Polinización y dispersión de semillas

SE que aparecen: 4 de 8

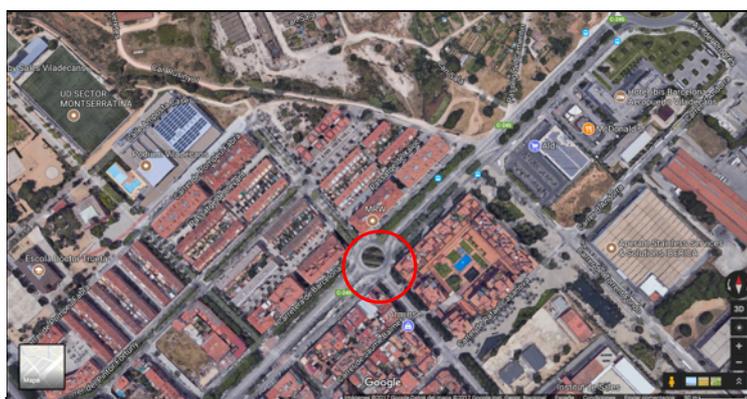
Nivel del uso del espacio para que se den SE: Muy alto

Inundaciones → Estudio de microcuencas y tiempo de concentración: NO



Fecha foto Google: Julio 2016
 Fecha última observación: 26/7/17
 Cambios: No
 Rotonda área de estudio: 14 de 21
 Fuente: Google Maps

Municipio: Viladecans
 Entorno: Urbano
 Régimen de suelo según Planeamiento Urbanístico Refundido del AMB: Sin información
 Coordenadas: 41°19'11.8"N 2°01'33.0"E



CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

Forma: Circular Superficie: 615 m²
 Tamaño: Mediana Medidas: 28 m x 28 m
 Cubierta: % proporción verde/gris: 75 / 25

NATURALEZA INSTALADA

Variedad de arbustos de tamaño medio, ocupan un espacio > 90 % del total de espacio verde de la rotonda.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS URBANOS

Polinización y dispersión de semillas

SE que aparecen: 1 de 8

Nivel del uso del espacio para que se den SE: Alto

Inundaciones → Estudio de microcuencas y tiempo de concentración: NO



Fecha foto Google: julio 2016
 Fecha última observación: 26/7/17
 Cambios: No
 Rotonda área de estudio: 15 de 21
 Fuente: Google Maps

Municipio: Viladecans
 Entorno: Industrial urbano
 Régimen de suelo según Planeamiento Urbanístico Refundido del AMB: 9
 Protección de sistemas generales
 Coordenadas: 41°19'21.7"N 2°01'46.2"E



CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

Forma: Circular Superficie: 5674 m2
 Tamaño: Grande Medidas: 85 m x 85 m
 Cubierta: % proporción verde/gris: 95 / 5

NATURALEZA INSTALADA

Césped mal cuidado. Cantidad importante de “malas hierbas”.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS URBANOS

Regulación del agua o escorrentías / Tratamiento de aguas residuales / Polinización y dispersión de semillas

SE que aparecen: 3 de 8

Potenciación del uso del espacio para los SE: Muy Alto

Inundaciones → Estudio de microcuencas y tiempo de concentración: SI



Fecha foto Google: julio 2016
 Fecha última observación: 26/7/17
 Cambios: No
 Rotonda área de estudio: 16 de 21
 Fuente: Google Maps

Municipio: Sant Boi del Ll.
 Entorno: Industrial
 Régimen de suelo según Planeamiento Urbanístico Refundido del AMB: Sin Información.
 Coordenadas: 41°19'21.7"N 2°01'46.2"E



CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

Forma: Circular Superficie: 707 m²
 Tamaño: Mediana Medidas: 30 m x 30 m
 Cubierta: % proporción verde/gris: 70 / 30

NATURALEZA INSTALADA

2 Palmeras (*Phoenix dactylifera*) de más de 10 m. 2 abetos (*Abies*) más de 15 m. Arbustos pequeños que ocupan un espacio < 10% del total.

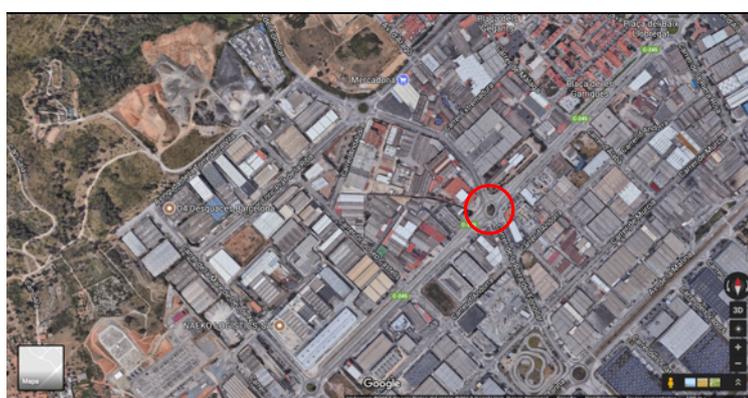
SERVICIOS ECOSISTÉMICOS URBANOS

Polinización y dispersión de semillas
 SE que aparecen: 1 de 8
 Nivel del uso del espacio para que se den SE: Medio
 Inundaciones → Estudio de microcuencas y tiempo de concentración: NO



Fecha foto Google: julio 2016
 Fecha última observación: 26/7/17
 Cambios: No
 Rotonda área de estudio: 17 de 21
 Fuente: Google Maps

Municipio: Sant Boi del Ll.
 Entorno: Industrial
 Régimen de suelo según Planeamiento Urbanístico Refundido del AMB: Sin Información.
 Coordenadas: 41°19'43.5"N 2°02'15.7"E



CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

Forma: Oval Superficie: 687 m2
 Tamaño: Mediana Medidas: 35 m x 25 m
 Cubierta: % proporción verde/gris: 50 / 50

NATURALEZA INSTALADA

Variedad de arbustos pequeños y medianos que ocupan un espacio comprendido entre 40 y 50 % del total.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS URBANOS

Polinización y dispersión de semillas
 SE que aparecen: 1 de 8
 Nivel del uso del espacio para que se den SE: Medio
 Inundaciones → Estudio de microcuencas y tiempo de concentración: NO



Fecha foto Google: julio 2016
 Fecha última observación: 26/7/17
 Cambios: No
 Rotonda área de estudio: 18 de 21
 Fuente: Google Maps

Municipio: Sant Boi del Ll.
 Entorno: Urbano Disperso
 Régimen de suelo según Planeamiento Urbanístico Refundido del AMB: Sin Información.
 Coordenadas: 41°19'58.7"N 2°02'35.4"E



CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

Forma: Circular Superficie: 962 m²
 Tamaño: Mediana Medidas: 35 m x 35 m
 Cubierta: % proporción verde/gris: 90 / 10

NATURALEZA INSTALADA

Césped bien cuidado.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS URBANOS

-

SE que aparecen: 0 de 8

Nivel del uso del espacio para que se den SE: Muy bajo

Inundaciones → Estudio de microcuencas y tiempo de concentración: NO



Fecha foto Google: julio 2016
 Fecha última observación: 26/7/17
 Cambios: No
 Rotonda área de estudio: 19 de 21
 Fuente: Google Maps

Municipio: Sant Boi del Ll.
 Entorno: Urbano e Industrial
 Régimen de suelo según Planeamiento Urbanístico
 Refundido del AMB: Sin Información
 Coordenadas: 41°20'06.2"N 2°02'44.8"E



CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

Forma: Circular Superficie: 2206 m2
 Tamaño: Grande Medidas: 53 m x 53 m
 Cubierta: % proporción verde/gris: 90 / 10

NATURALEZA INSTALADA

Césped bien cuidado.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS URBANOS

-

SE que aparecen: 0 de 8

Nivel del uso del espacio para que se den SE: Muy bajo

Inundaciones → Estudio de microcuencas y tiempo de concentración: NO



Fecha foto Google: julio 2016
 Fecha última observación: 26/7/17
 Cambios: No
 Rotonda área de estudio: 20 de 21
 Fuente: Google Maps

Municipio: Sant Boi Ll.
 Entorno: Urbano y rural
 Régimen de suelo según Planeamiento Urbanístico Refundido del AMB: 6b Parques y jardines urbano. 22a Suelo industrial.
 Coordenadas: 41°20'29.3"N 2°02'56.7"E



CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

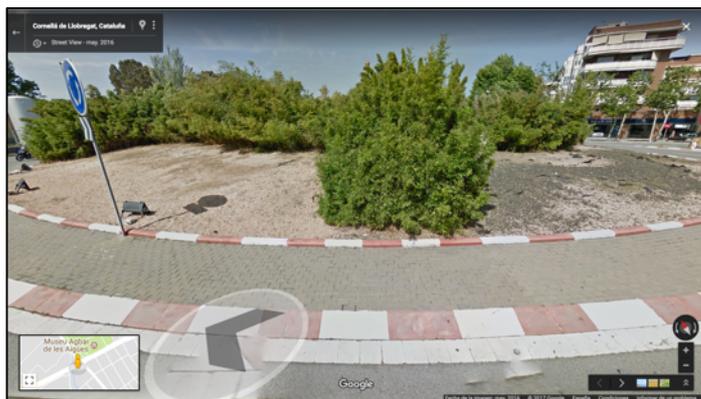
Forma: Circular Superficie: 4778 m²
 Tamaño: Muy grande Medidas: 378 m x 378 m
 Cubierta: % proporción verde/gris: 90 / 10

NATURALEZA INSTALADA

6 Palmeras (Phoenix dactylifera) de más de 10 m. Césped muy quemado.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS URBANOS

Regulación del agua o escorrentías
 SE que aparecen: 1 de 8
 Nivel del uso del espacio para que se den SE: Muy bajo
 Inundaciones → Estudio de microcuencas y tiempo de concentración: SI



Fecha foto Google: mayo 2016
 Fecha última observación: 26/7/17
 Cambios: No
 Rotonda área de estudio: 21 de 21
 Fuente: Google Maps

Municipio: Cornellà del Ll.
 Entorno: Urbano y rural
 Régimen de suelo según Planeamiento Urbanístico Refundido del AMB: Sin Información.
 Coordenadas: 41°21'17.4"N 2°03'47.1"E



CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

Forma: Circular Superficie: 1810 m²
 Tamaño: Mediana Medidas: 48 m x 48 m
 Cubierta: % proporción verde/gris: 50 / 50

NATURALEZA INSTALADA

Arbustos altos del tipo bambú (Bambusoideae) que ocupan un espacio comprendido entre 65 y 70 % del total del espacio verde de la rotonda.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS URBANOS

Filtración del aire
 SE que aparecen: 1 de 8
 Nivel del uso del espacio para que se den SE: Medio
 Inundaciones → Estudio de microcuencas y tiempo de concentración: NO

1.7.2 Delimitación de microcuencas urbanas en el área de estudio con rotondas del como puntos de desembocadura.

Paso 1. Definir los ítems necesarios para empezar a trabajar con Arcmap®.

Descargar las ortofotos (un total de 17) de 25 x 25 cm, que ofrecen una resolución de un pixel cada 25 cm, una resolución muy alta y la necesaria para este trabajo, de esta forma es más fácil trabajar viendo constantemente el área de estudio en el programa.

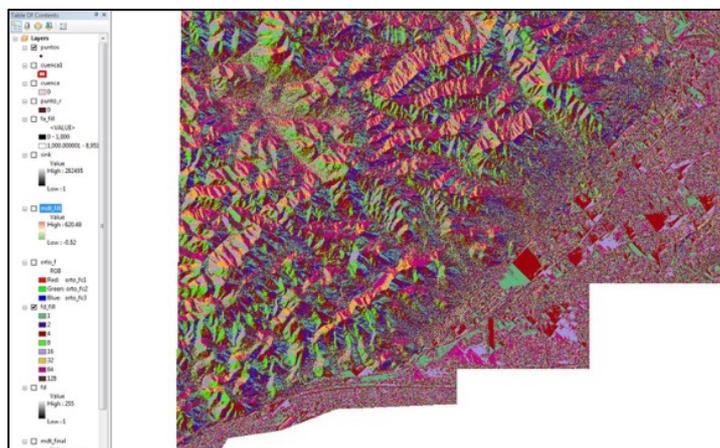
- Juntar todas las ortofotos con la herramienta de análisis espacial (Spatial Analyst Tools) **Mosaic to New Raster** utilizando el Model Builder.

Los estudios de escorrentías superficial en SIG necesitan de MDE o MDT como elementos principales. Para ello hay dirigirse al portal web del ICGC (Vissir 3) y descargar los del tipo MDE 2X2 que es el que ofrece mayor detalle para áreas de estudio relativamente pequeñas como la nuestra, hemos necesitado descargar 17 MDT desde ICGC.

- Transformar todos los MDT con la herramienta **ASCII to New Raster** utilizando el Model Builder.
 - o Juntas todos los MDT ya rasterizados con la herramienta de análisis espacial Mosaic to New Raster, el output es :mdt_final

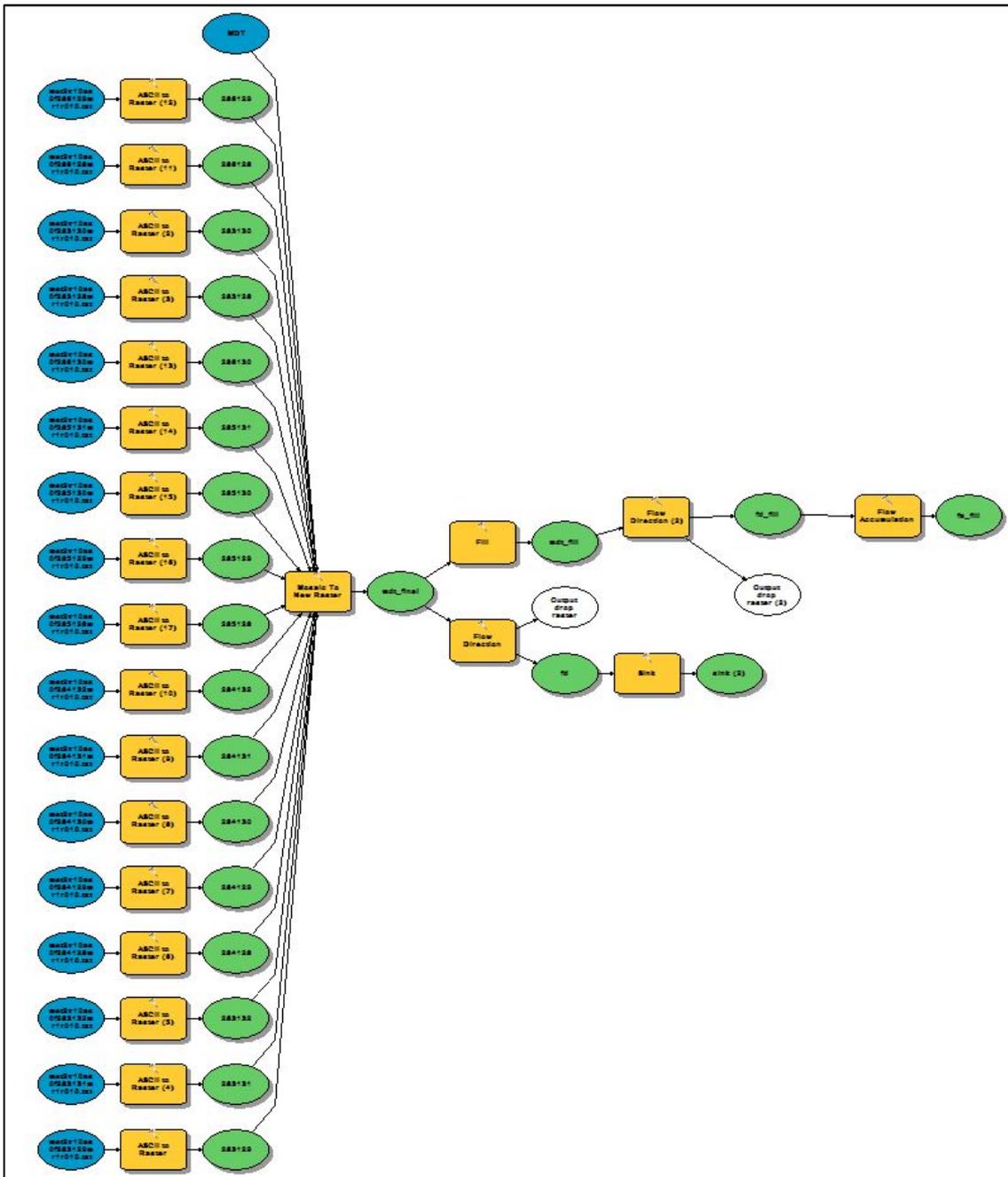
Paso 2. En base al mdt_final, corregir el MDT, calcular dirección del flujo y la acumulación del flujo.

- Este MDT final puede tener irregularidades en forma de depresiones que se deben corregir, primero hacer: Spatial Analyst tools > Hydrology > **Sink**, el output es: mdt_sink
 - o Corregit las depresiones identificadas: Spatial Analyst tools > Hydrology > **Fill**, el output es: mdt_fill
- Todas las celdas tienen que fluir hacia el mar, Dirección del flujo: Spatial Analyst tools > Hydrology > **Flow Direction**, el output es: fd_fill



- Acumulación del flujo: Spatial Analyst tools > Hydrology > **Flow Accumulation**, el output es: fa_fill

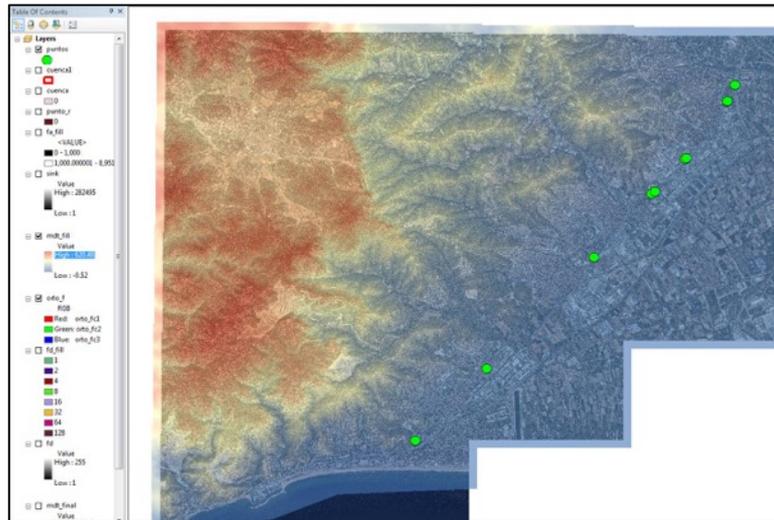
Model Builder con todos los pasos realizados hasta ahora descritos.



Fuente: Elaboración propia

Paso 3. Crear un archivo shapefile de tipo puntos para identificar los puntos de desembocadura deseados.

En este caso, mirando las ortofotos y el fa_fill, se ha decidido que son cinco los puntos a crear encima de rotondas que pueden ser utilizadas como balsas de laminación, el output es: puntos.shp



Delimitar la red de drenaje que pretendemos para cada punto de desembocadura:

La primera rotonda o punto que vemos en la imagen, más próxima al mar (Castelldefels), observamos con el fa_fill que el flujo no va directamente hacia la rotonda. Para ver acumulaciones de flujo más pequeñas se tuvo que cambiar el intervalo de datos en la clasificación, de forma manual, en las propiedades del fa_fill.

El punto no pudo colocarse justo en la rotonda porque está elevada (lo hemos visto con el identificador cambiado identify from: mdt_fill). El punto será el identificado unos 65 metros más arriba. En los casos de Viladecans y Sant Boi incluso han sido necesarios más de un punto porque la acumulación del flujo se daba a ambos lados de la rotonda, de esta forma la identificación de la microcuenca es más real.

Paso 4. Pasar los puntos de vector a raster con la herramienta:

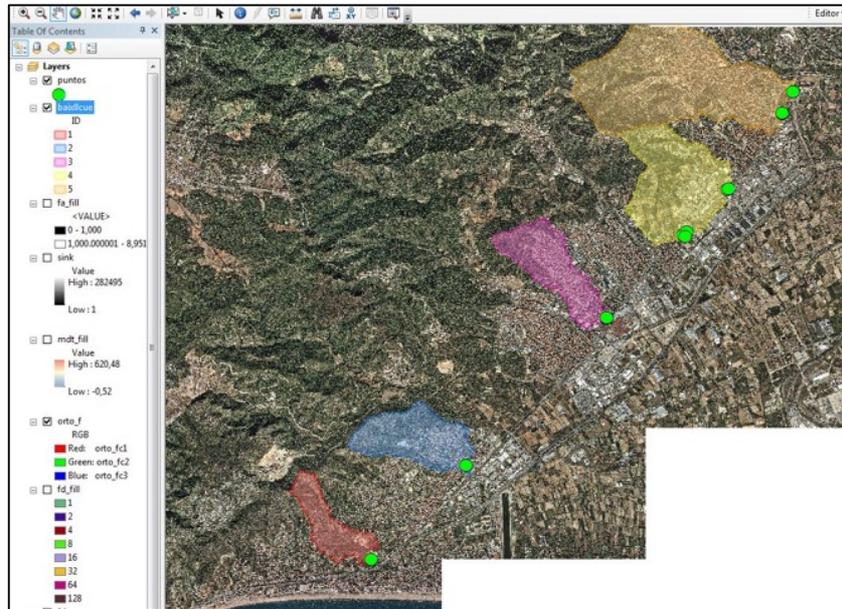
- Spatial Analyst tools > Hydrology > **Snap Pour Point**.

Paso 5. Delimitar las microcuencas para cada rotonda con la herramienta:

- Spatial Analyst tools > Hydrology > **Watershed**, el output es: bxcuencas

Paso 6. Para observar las microcuencas encima de la ortofoto mejor pasar el archivo raster bxcuencas a vector con la herramienta:

- Conversion Tools → From Raster → **Raster to Polygon**, el output es: cuencaspm

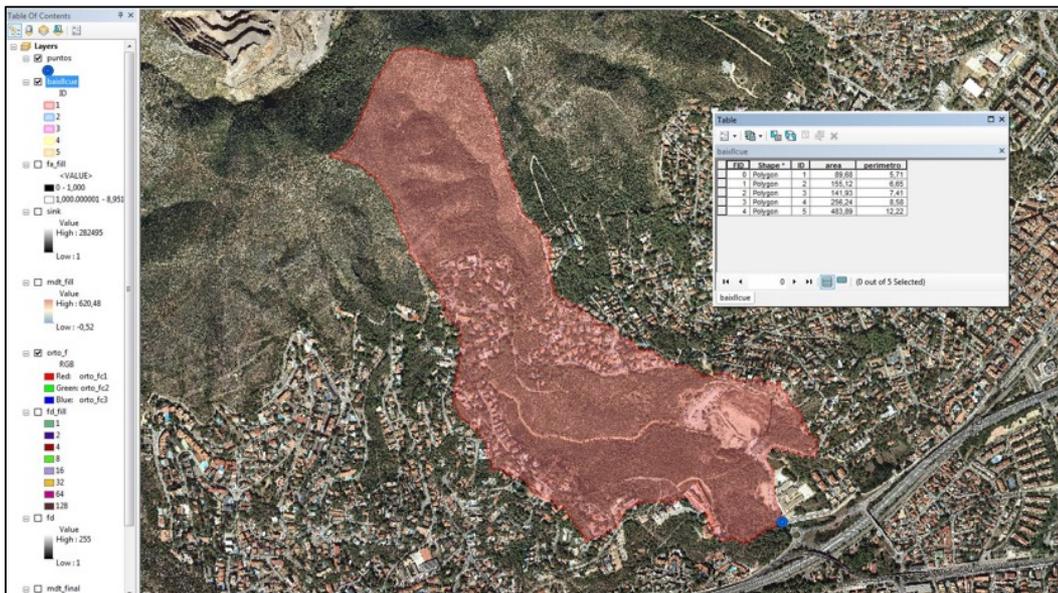


En la tabla de atributos con el editor activado, se ha puesto el mismo ID para todas las microcuencas que desembocan en cada rotonda y así a través del ID poder unir las microcuencas de la misma rotonda, como vemos en la anterior captura de imagen.

- Data Management Tools → Generalization → **Dissolve**

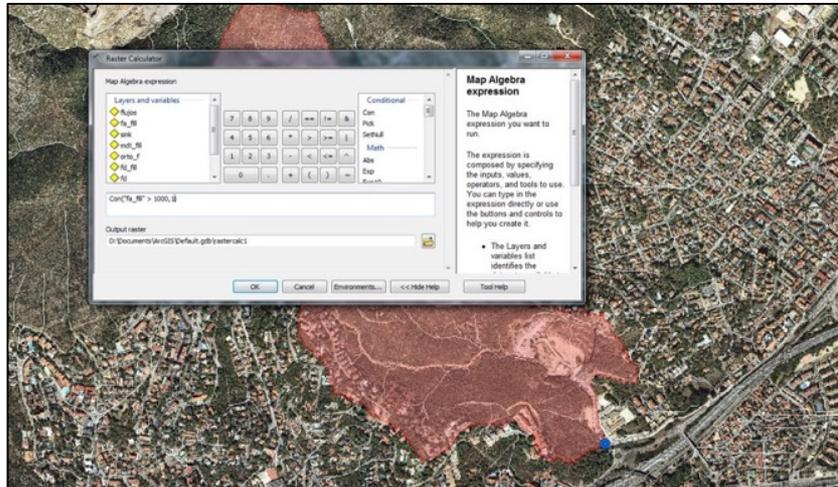
Paso 7. Crear una nueva capa shape de polígono para cada cuenca.

- Analysis Tools → Extract → **Clip**, el output es el nombre de cada rotonda para cada polígono.
- Calcular Área y Perímetro de cada cuenca: con la tabla de atributos abierta y clicando con el botón derecho sobre las columnas de nueva creación: **Calculate Geometry**, seleccionamos área y km2 para la columna de Área, y perímetro y km para la columna de Perímetro.



Paso 8. Definición de la red de drenaje a partir del fa_fill y convertir en vectores la red de canales.

- Spatial Analyst Tools → Map Algebra → **Raster Calculator**, se utiliza en la fórmula, el valor de clasificación de 1000.

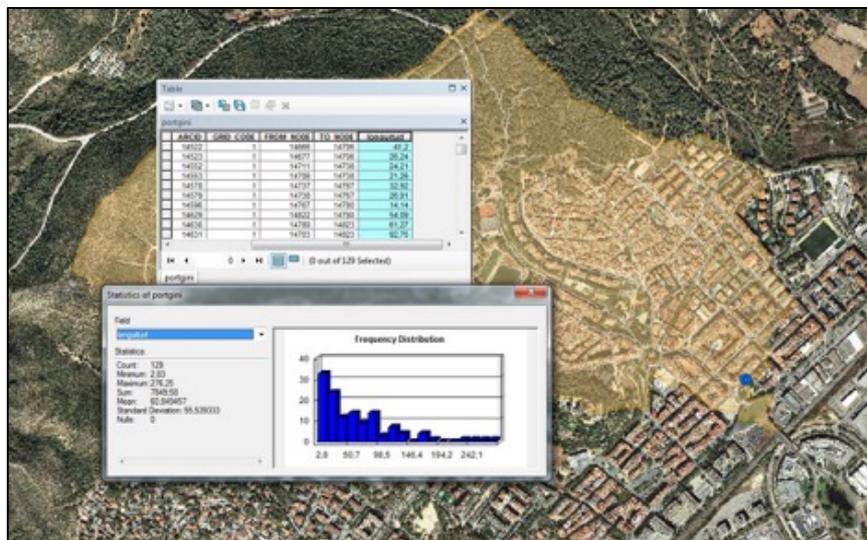


- Spatial Analyst Tools → Hydrology → **Stream to Feature**, el output resultante es la red de canales: canales.shp
- Analysis Tools → Extract → **Clip**, para cada cuenca y solo ver la red de drenaje de cada cuenca, el output es el nombre de la cuenca y red, por ejemplo: red_stboi.

Paso 9. Calcular la densidad de la red de drenaje.

En cada archivo .shp de líneas de la red de canales, de cada microcuenca, se tiene que crear una columna que se llame longitud. Con la tabla de atributos abierta y clicando con el botón derecho sobre las columnas de nueva creación: **Calculate Geometry**, seleccionamos Length y km.

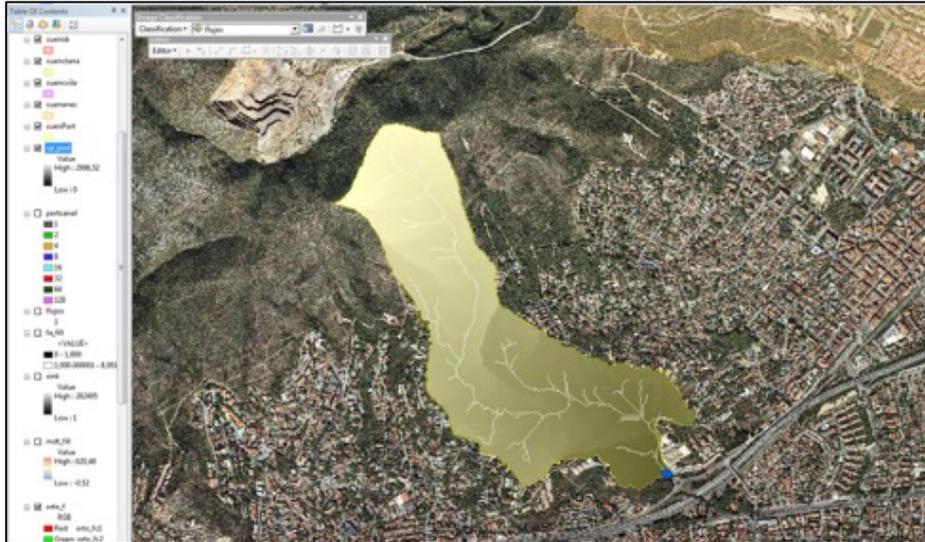
- Clic columna longitud con botón derecho → Statistics de capa .shp de canales de cada cuenca y apuntar la suma de la longitud total de los canales:



Paso 10. Obtener la longitud del canal principal para cada cuenca.

Este es el procedimiento más costoso ya que hay que hacerlo de forma manual para cada cuenca después de estos siguientes procedimientos:

- Spatial Analyst Tools → Extraction → **Extract by Mask**
- Spatial Analyst Tools → Hydrology → **Flow Length**, el output es: fl_ y nombre de cada cuenca.



Con esta herramienta se puede observar el punto más alejado de cada microcuenca, hay que crear una nueva columna a la derecha de la de longitud, para cada .shp de canales de las cuencas, titulada CANAL_PRINC.

Al abrir el editor, seleccionando la capa de red_ (hídrica) de cada microcuenca, y guiándonos por el fl_ hay que ir seleccionando todos los tramos del canal principal desde el punto más alejado en color más claro hasta la desembocadura o rotonda. Cada vez que se selecciona un tramo se tiene que cambiar en la columna CANAL_PRINC el 0 por el 1 como número identificador.

- Data Management Tools → Generalization → **Dissolve**, el output es prin_ (de principal) y nombre de la cuenca. Hay que hacerlo para cada cuenca.
 - o Con el editor en start encima de estas nuevas capas .shp en la tabla de atributos, se puede borrar todos los tramos que tienen el ID 0 y sólo quedarse el de ID que identifica el canal principal, a continuación se observa cómo se identifica el canal principal en una captura de imagen.

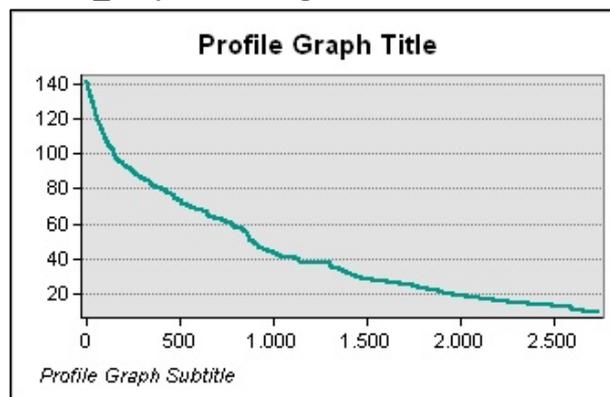


Paso 11. Perfil longitudinal del canal principal.

Para los cálculos de tiempo de concentración se necesita la media de altitud del canal principal, para ello realizando un perfil longitudinal y exportando los datos a Excel, es suficiente, además sirve para observar si la pendiente es pronunciada o no, ya que todo está relacionado.

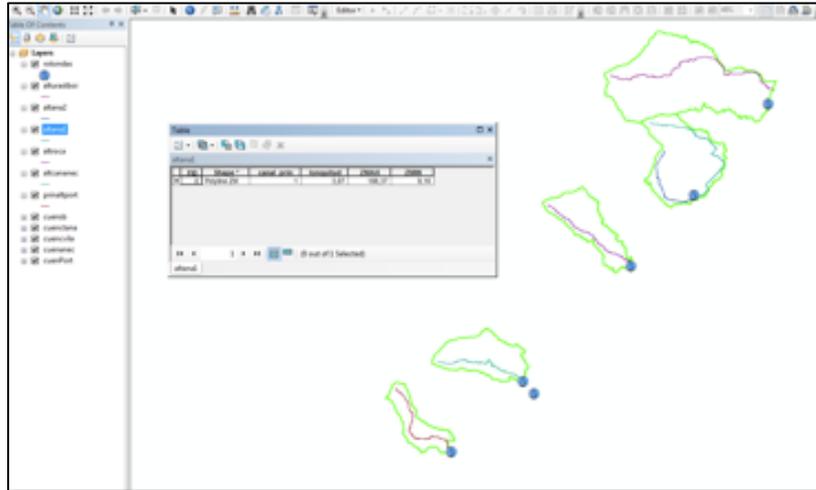
- 3D Analyst Tools → Functional Surface → **Interpolate Shape**, el output es: alt_ y nombre de cada cuenca.

Cuando se tiene la capa de alt_ seleccionada hay que abrir la barra de herramientas 3D y seleccionar el icono de gráfico de perfil longitudinal, la capa denominador o de cruce tiene que ser mdt_fill y nos da el perfil:

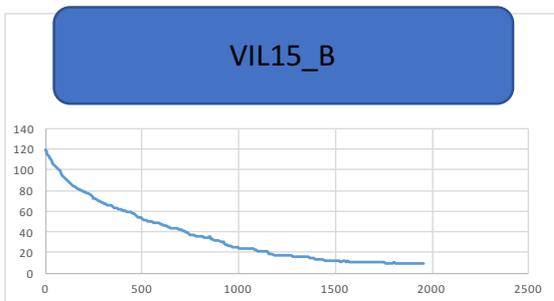
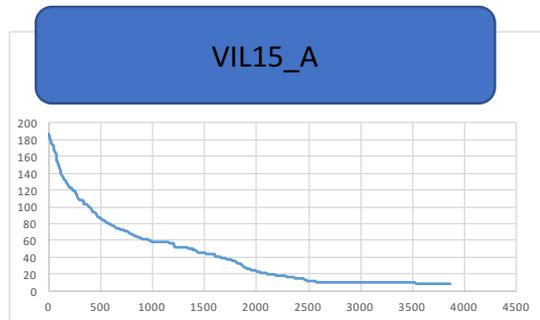
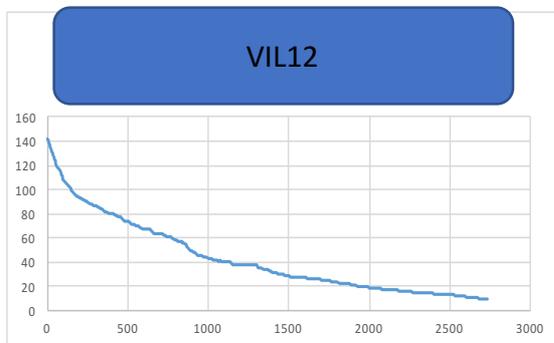
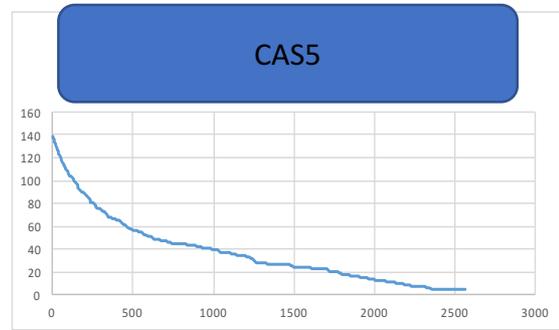
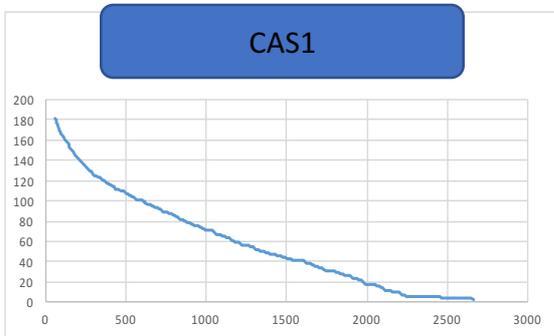


Paso 12. Altura máxima y mínima del canal principal.

En cada archivo alt_ (perfil) de cada cuenca se crea una columna que se llame z_max y otra a la derecha que se llame z_min. Con la tabla de atributos abierta y clicando con el botón derecho sobre las columnas de nueva creación: **Calculate Geometry**, seleccionamos Z_max y Z_min.



Perfiles longitudinales de los canales principales de cada microcuenca estudiada.



Para todos los perfiles, hechos con Excel, el eje vertical izquierdo señala la altura en metros, en cambio, el eje longitudinal inferior señala la distancia, también en metros.

