

Trabajo de fin de Master

Título:

Interpretación y Evaluación de Servicios Ecosistémicos del Capital Natural en Momentos Históricos:

El caso de Nou Barris 1947 – 2020

Apellidos: Martinez Roca

Nombre: Francisco Alberto

Titulación: Máster en Intervención Sostenible del Medio Construido

ESTAV

Director: Albert Cuchí Burgos

Fecha de lectura: Octubre 2021



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

**Escola Tècnica Superior d'Arquitectura
del Vallès**

Resumen

Muchas de las propuestas y proyectos de intervención en el territorio persiguen generar aportes ambientales y sociales, sin embargo, muchos de estos aportes pueden no estar bien direccionados a las características del territorio debido a la falta de estudio del Capital Natural presente y de los Servicios Ecosistémicos que este aporta o que aportaba en el pasado.

El presente estudio propone la evaluación de tres de las cuatro categorías de los Servicios Ecosistémicos considerados por el Millenium Ecosystem Analysis: a) aprovisionamiento, b) regulación y c) soporte, a través de índices que pueden ser estudiados mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica. Este estudio considera una dimensión más al no solo estudiar el comportamiento y estado de estos Servicios en la actualidad del territorio, sino que también busca mediante la correlación, establecer el estado de estos servicios en el pasado.

El territorio objeto de este análisis es el Distrito de Nou Barris en la ciudad de Barcelona tomando como años de referencia para el estudio de las coberturas a 1947, año en el cual se realizó el primer fotoplano aéreo de la zona, y el año 2020.

La metodología empleada consiste en el análisis de las capas vectoriales de las coberturas de suelo y los Servicios Ecosistémicos atribuidos a estas a través de un Software de Información Geográfica para luego evaluarlas por medio de índices aplicables al caso de estudio. Para la reconstrucción y mapeo de las capas vectoriales de las coberturas de suelo presentes en el pasado, se utilizarán fotoplanos antiguos para identificar las diferentes coberturas de la época y mediante la correlación establecer los atributos de estas.

Finalmente se evaluarán los resultados para poder determinar los cambios en los Servicios Ecosistémicos y como interpretarlos de cara a las futuras intervenciones en el territorio.

Palabras clave:

Capital Natural
Servicios Ecosistémicos
Índices e indicadores de Servicios ecosistémicos urbanos
Sistemas de información Geográfica

Abstract

Many of the proposals and projects related to spatial planning and interventions in the built environment seek to generate environmental and social benefits. However, these contributions may not account for the characteristics of the area. This is attributed to the lack of information about the available Natural Capital and Ecosystem Services and/or about those which were present in the past.

This study proposes how to evaluate three of the four categories of Ecosystem Services considered by the Millennium Ecosystem Analysis: a) provisioning, b) regulation, and c) habitat support. This study not only describes the behavior and status of these Services in the present day, but also establishes the status of these services in the past. The analysis is performed in the Nou Barris District in the city of Barcelona, Spain. The soil cover analysis is carried out in two periods: 1947, the year in which the first aerial photograph of the territory was made, and the year 2020.

The methodology consists of analyzing mapped land cover through Geographic Information Software. The evaluation method derives data from Geographic Information Systems, which is then analyzed using a series of indicators to create an index of available Ecosystem Services at a determined time. The relevant indicators are selected from the Millennium Ecosystem Analysis. To reconstruct the historical land cover layers, a correlation method is used to identify and to map the different types of land cover from that period with the help of historical aerial photographs.

Finally, the results are evaluated in order to determine the changes in available Ecosystem Services. The conclusions suggest how historically and currently available Ecosystem Services should be used for planning future interventions in the area.

Keywords:

Natural Capital
Ecosystem Services
Indicators of urban ecosystem services
Geographic Information Systems

Tabla de contenido

<i>Listado de Imágenes</i>	<i>i</i>
<i>Listado de Capturas</i>	<i>ii</i>
<i>Listado de Tablas</i>	<i>iii</i>
1. Introducción	4
2. Definición de objetivos:	6
3. Estado del Arte	7
4. Metodología	10
4.1 Construcción de capas	13
4.2 Indicadores	13
5. Desarrollo de indicadores	15
5.1 Servicios de Aprovisionamiento	15
5.1.1 Porcentaje de superficie de zonas de cultivo:	16
5.1.2 Rendimiento de producción:	17
5.2 Materias primas	19
5.2.1 Porcentaje de superficie forestal:.....	19
5.2.2 Biomasa forestal	20
5.3 Servicios de Regulación	22
5.3.1 Almacenamiento de Carbono	22
5.3.2 Ratio de secuestro de Co2	24
5.4 Moderación de fenómenos climáticos extremos	26
5.4.1 Inundaciones:.....	27
5.4.2 Sequías:	29
5.4.3 Incendios Forestales	31
5.5 Regulación del ciclo de agua.....	32
5.5.1 Porcentaje de superficies permeables.....	32
5.5.2 Escorrentía superficial y permeabilidad	34
5.6 Prevención de la erosión y mantenimiento de la fertilidad del suelo.....	36
5.6.1 Grado de erosión del suelo	36
5.7 Polinización	37
5.7.1 Control biológico.....	39
5.8 Servicios de Hábitat o Soporte	40
5.8.1 Número de áreas protegidas	40
5.8.2 Índices de Biodiversidad	41
5.9 Evaluación de los en las coberturas presentes Nou Barris.....	43
6. Conclusiones y propuesta	45
7. Referencias:	50

Listado de Imágenes

Imagen1: Distrito de Nou Barris	11
Imagen 2: Distrito de Nou Barris	12
Imagen 3: Can Masdeu desde ortofoto 1947	12
Imagen 4: Can Masdeu Ca. 1930	12
Imagen 5: Turó de la Peira desde ortofoto 1947	13
Imagen 6: Turó de la Peira Ca. 1936.....	13
Imagen 8: Modelo de proyección de días con precipitación menos a 1 mm.....	29
Imagen 9: Living Planet Index.....	41
Imagen 10: Planet Index de Catalunya	41

Listado de Capturas

Captura 1: Capas vectoriales de cobertura de suelo.....	11
Captura 2: Capas vectorial de zonas agrícolas sobre ortofoto de Nou Barris 1947	16
Captura 3: Capas vectorial de zonas agrícolas sobre foto satelital actual Nou Barris 2020	16
Captura 4: Capas vectorial de zonas de coberturas forestales Nou Barris 1947	19
Captura 5: Capas vectorial de zonas de coberturas forestales Nou Barris 2020	19
Captura 6: Capas vectorial de zonas de riesgo de inundación Nou Barris 2020	27
Captura 7: Capas vectorial de zonas de riesgo de inundación sobre ortofoto de Nou Barris 1947	28
Captura 8: Capas de modelo digital de inundaciones Fluvial T:500 sobre fotografía satelital actual	28
Captura 9: Capas cobertura de suelos, agrícola, matorral y forestal 1947	30
Captura 10: Capas cobertura de suelos, agrícola, matorral y forestal 2020	30
Captura 11: Capas cobertura de suelos, agrícola, matorral y forestal 2020	31
Captura 12: Capas zonas de vulnerabilidad de incendio forestal 2020	31
Captura 13: Capas de zonas permeables 1947	33
Captura 14: Capas zonas permeables 2020	33
Captura 15: modelo de escorrentía superficial 2020	34
Captura 16: Capas de coberturas de suelo sobre mapa de áreas de escorrentía 2020.....	35
Captura 17: Mapa de áreas de escorrentía 1947	35
Captura 18: Grados de control de erosión en Nou Barris 2020	36
Captura 19: Capas de zonas control de erosión 1947	37
Captura 20: Modelo de estructura de polinización 2020.....	38
Captura 21: Capas de cobertura de suelo sobre modelo de estructura de polinización	38
Captura 22: Modelo de estructura de polinización 1947.....	39
Captura 23: Teselas correspondientes a índice Shannon-Weaver de biodiversidad funcional	40
Captura 24: índice Shannon-Weaver de biodiversidad singular	42

Listado de Tablas

Tabla 1: Ejemplos de índices de ES.....	9
Tabla 2: Índices aplicados al estudio de los ES en Nou Barris.....	15
Tabla 3: Diferencias en porcentaje de superficie agrícola.....	17
Tabla 4: Rendimientos para diferentes tipos de cultivos asociados al área de estudio.....	18
Tabla 5: Diferencias en porcentaje de zonas forestales.....	20
Tabla 6: Valores asignados a coberturas forestales para cálculos.....	21
Tabla 7: Biomasa potencial total Nou Barris 1947.....	22
Tabla 8: Biomasa potencial total Nou Barris 2020.....	22
Tabla 9: Stock de Carbono Acumulado 1947.....	23
Tabla 10: Stock de Carbono Acumulado 2020.....	23
Tabla 11: Stock de carbono en arbolado urbano Nou Barris 2019.....	24
Tabla 12: Secuestro de Co2 Nou Barris 1947.....	24
Tabla 13: Secuestro de Co2 Nou Barris 2020.....	25
Tabla 14: Captura de Co2 por arbolado urbano Nou Barris 2019.....	25
Tabla 15: Riesgos asociados al clima.....	26
Tabla 16: Eventos climatológicos en Barcelona con base en datos del Apéndice Climatológico (MAPAMA, 1986) y Cuerpo de bomberos de Barcelona.....	27
Tabla 17: Incendios forestales en la proximidad de Nou Barris.....	32
Tabla 18: Porcentaje de superficies permeables en 1947 y 2020.....	34
Tabla 19: Clasificación del grado de erosión.....	36
Tabla 20: Biodiversidad en zona urbanizada.....	42
Tabla 21: Evaluación del cumplimiento de ES en función de las coberturas.....	44
Tabla 22: Valoración de ES por cobertura.....	47
Tabla 23: Puntuación de cumplimiento de ES por cobertura.....	48

1. Introducción

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas las áreas urbanizadas ocupan tan solo un 2% de la superficie habitable del planeta, sin embargo, en ellas se concentran más del 55% de la población mundial al igual que el 70% de las emisiones de Co2 y otros contaminantes. Se estima que estos porcentajes sigan en aumento hasta que las ciudades concentren a más del 68% de la población mundial en 2050 (UNHABITAT 2016).

Este crecimiento y evolución de los modelos de urbanización puede ser visto como una amenaza a la sostenibilidad ambiental ya que tiene como resultado cambios o alteraciones en el Capital Natural. La urbanización no planificada y la mala gestión del territorio pueden causar cambios irreversibles en la cobertura del suelo y por lo tanto alterar el ecosistema presente en sus ciclos naturales y a los servicios ambientales que estos prestan. Tomar a la conservación de estos ecosistemas como un punto de partida para el diseño y desarrollo de las ciudades es vital de cara al futuro y en conformidad a los retos que demanda la adaptabilidad al cambio climático, además de ser parte de los objetivos planteados en la Agenda Global de Desarrollo Sostenible adoptada en 2013, la cual busca construir y desarrollar ciudades más sostenibles en las que los recursos presentes en el territorio sean mejor administrados, protegidos y sobre todo mejorar sus condiciones con la creación de un mayor capital natural en zonas urbanas (UNHABITAT, 2016).

El Capital Natural es el flujo de bienes y servicios de los ecosistemas que son importantes para el bienestar humano y de la economía, este capital además de encontrarse en todas las áreas naturales o de conservación, también se encuentra presente en las zonas urbanas y periurbanas en la forma de parques naturales, en el verde y azul urbano (International Union for Conservation of Nature, 2020).

El Millennium Ecosystem Assessment o Evaluación de Ecosistemas del Milenio (EM) se llevó a cabo entre 2001 y 2005 respondiendo a la demanda de información de los gobiernos, evidenciada en las convenciones internacionales de las Naciones Unidas para Combatir la Desertificación, la Convención Ramsar sobre los Humedales y la Convención sobre Especies Migratorias. El objetivo central de esta evaluación es contar con mejor información para evaluar las consecuencias del cambio de los ecosistemas y su impacto en el bienestar humano, estableciendo una base científica para llevar a cabo las acciones necesarias para mejorar la conservación y el uso sostenible del Capital Natural y de sus contribuciones al bienestar humano.

La EM toma a consideración todos los tipos de ecosistemas, desde los que presentan el grado más mínimo de alteración, como los bosques naturales o reservas, hasta paisajes en los que se evidencian alteraciones en el territorio a consecuencia del accionar humano como los ecosistemas gestionados y modificados intensivamente, un ejemplo de estos son los bosques gestionados o aprovechados, las tierras de uso agrícolas y las áreas urbanas cuya escala de alteración es mayor.

En su marco conceptual la EM asume que las personas son parte integral de los ecosistemas ya que existe una interacción dinámica entre ellas, siendo la condición humana la que impulsa los cambios en este tanto directa como indirectamente, y en consecuencia causando cambios en el bienestar humano.

Los Servicios de los Ecosistemas (ES) o servicios ambientales son los beneficios que las personas obtienen del Capital Natural. De acuerdo con la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio de las Naciones Unidas, estos Servicios Ecosistémicos obtenidos del Capital Natural presente en las ciudades se clasifican en cuatro categorías:

1. **Servicios de aprovisionamiento:** los productos que se obtienen de los ecosistemas (alimentos, recursos genéticos, materias primas, biomasa, agua dulce, etc.)
2. **Servicios de regulación:** todos los beneficios que se obtienen directamente de los ecosistemas sin pasar por procesos de transformación alguna (regulación climática, captación y almacenamiento de Co2, polinización, control de inundaciones, saneamiento de aguas, etc.)

3. **Servicios culturales:** Beneficios no materiales que las personas obtienen del capital natural (turismo, recreación, identidad del lugar, estética, herencia cultural, etc.)
4. **Servicios de hábitat o de soporte:** son los necesarios para la producción de otros servicios de los ecosistemas como biodiversidad, formación de suelos, reciclaje de nutrientes, etc.

A partir de la visión de la EM y de la nueva agenda urbana, conocer el estado y la capacidad del territorio de proveer estos servicios ha tomado un mayor rol en el diseño de políticas públicas, por otra parte, el poder identificarlos y medirlos abre una serie de nuevos campos de análisis e interpretación que permite tener una visión más compleja o transversal en la relación con la que la sociedad se beneficia de estos. Es así que la capacidad y los beneficios de los ES, puede ser analizada no solo desde la perspectiva de la biodiversidad sino que también pueden cuantificarse desde un acercamiento netamente económico o bien por otros factores como la mejora en las condiciones de la salud de las personas que se benefician de estos, pudiéndose aplicar indicadores como la esperanza de vida de los habitantes de un determinado territorio o las enfermedades y afecciones más frecuentes, o indicadores con un origen más económico como las ganancias obtenidas producto de la actividad agrícola en el territorio, todos estos indicadores pueden estar relacionados a la carencia, alteración o condiciones de los ES.

El presente trabajo pretende llevar a cabo el análisis de estos servicios en varios momentos del territorio de Nou Barris. En una primera instancia se analizarán los ES presentes aquí, situándose en un primer espacio temporal en el que este territorio se encontraba en transformación hacia un modelo netamente urbano, pero con la particularidad de que las actividades llevadas a cabo en él se encontraban más ligadas con los recursos y características del suelo presente, valiéndose todavía del territorio para obtener los recursos necesarios para subsistir.

En una segunda instancia se analizará el estado del territorio actual, en el que predomina un modelo urbano más desconectado del territorio, pero que a su vez reconoce y busca la forma de transformarse hacia un modelo de sostenibilidad impulsado por contexto global actual. Los resultados de estas comparativas y análisis permitirán visualizar este cambio en la manera de considerar y reconocer estos servicios a través del tiempo, pues la importancia y el rol de estos puede haberse transformado conforme a como las demandas y necesidades de la sociedad fueron cambiando, así como las condiciones del futuro también demandarán cambios en la visión y gestión del territorio.

Teniendo en cuenta las limitaciones de tiempo y recursos disponibles, se debe considerar que los resultados serán estimaciones, utilizando datos e información procedente de otros trabajos para reconstruir los ES presentes en el pasado al igual que para el cálculo de los que hoy no han sido estimados a la escala del distrito. Para realizar el proyecto además de la metodología para el cálculo de los ES que se expondrá más adelante, se utilizarán imágenes satelitales y softwares el Sistema de Información Geográfica (GIS, *Geographical Information System*) principalmente Quantum GIS, para por medio de capas vectoriales clasificar las diferentes coberturas que componen Nou Barris.

Finalmente se pretende que este estudio presente conclusiones o información que pueda servir como una guía a la toma de decisiones o contribuir a otros estudios sobre el futuro o intervenciones en territorio en cuestión con respecto a los Servicios Ecosistémicos.

2. Definición de objetivos:

- El presente estudio busca: determinar mediante el mapeo y cuantificación, la evolución y cambios en el tiempo de los Servicios Ecosistémicos de aprovisionamiento, regulación y soporte presentes en el territorio de Nou Barris en el año de 1947 y 2020.

Para este fin complementariamente se pretende:

- Mapear por medio de la correlación las diferentes coberturas de suelo del distrito de Nou Barris en el año 1947.
- Establecer los indicadores para determinar la medición de los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento, regulación y soporte.
- Determinar el grado de contribución o peso de estos recursos y servicios en el momento histórico del territorio.
- Proponer una línea de análisis y consideraciones a tener para las futuras intervenciones en el área de estudio.

3. Estado del Arte

En este apartado se realizó una revisión bibliográfica sobre temas referentes a:

- A) Capital natural urbano
- B) Indicadores de los servicios ecosistémicos
- C) Análisis de servicios ecosistémicos urbanos

En el caso de estudios previos se analizan estudios referentes al tema en diferentes escenarios siendo el más cercano el de la Área Metropolitana de Barcelona.

El concepto de Capital es tomado de la economía en la cual se describe a este como los bienes, valores y recursos que se poseen para generar nuevos bienes o servicios. Si bien los economistas clásicos y la ciencia económica en sí ponen a los recursos naturales como parte de los bienes o recursos que un estado posee, la valoración de estos en la economía clásica responde únicamente a la capacidad de poseer recursos o materias primas que se pueden vender en el mercado, dejando por fuera los demás servicios que estos ofrecen sin necesidad de ser explotados intensivamente (TEEB, 2009).

No es hasta los finales de los años setenta del siglo XX que los bienes y servicios de la naturaleza dejan de ser únicamente los que se pueden explotar, extraer o comercializar, su rol pasa a tener una relación con el bienestar social, además de formar parte de la discusión política para finalmente llegar a los conceptos de sostenibilidad ambiental. De acuerdo con Nancy Olewiler (2006), el concepto de sustentabilidad generalmente contiene tres elementos; social, económico, político y ambiental. El Capital Natural se ha convertido en la base conceptual para establecer el rol que cumple el medio ambiente en la sostenibilidad de las comunidades. El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos toman a los programas medioambientales en el contexto de Capital Natural. Si no existiesen los servicios provistos por el Capital Natural, las comunidades no podrían prosperar o sobrevivir ya que muchos de estos son esenciales para la subsistencia.

Los espacios verdes en las ciudades, así como también los considerados espacios azules urbanos, también forman parte del este Capital Natural ya integran una red que se entrelazan con los bosques y demás ecosistemas naturales que están fuera de la ciudad además de que también prestan bienes y servicios, por lo tanto, todos estos elementos ecosistémicos presentes pueden considerarse como el Capital Natural Urbano (IUCN 2017).

Cuantificar los Servicios Ecosistémicos del Capital Natural en ciudades se está convirtiendo en una tarea cada vez más común debido a los objetivos y visión de desarrollo urbano actual, el equipo de investigación, compuesto por científicos de la Universidad de Minnesota, The New School, The University of Washington, McGill University, The Nature Conservancy y el Woods Institute on the Environment de la Universidad de Stanford, considera los muchos contextos sociales, ecológicos y tecnológicos que ayudan determinar los beneficios de la naturaleza urbana en ciudades de todo el mundo y establecen como una necesidad real, comprender mejor dónde y cuándo la naturaleza brinda beneficios en las ciudades ya que las soluciones basadas en la naturaleza (árboles urbanos, jardines de lluvia, etc.) se están incrementando en las ciudades sin reconocer los factores contextuales claves que afectan el éxito o fracaso de estos esfuerzos.

Para poder tener un criterio sobre estos efectos es necesario contar con *información*, la cual se obtiene por medio de *datos*, que son el componente base para los *indicadores e índices* y por lo tanto de la *información*. Muchas veces, para comprender o interpretar los cambios en los ecosistemas, se necesita mucho más que simples *datos*, es por esto que los *indicadores* son la herramienta más básica para medir los cambios en la sociedad. Los *indicadores* proveen la información sobre las tendencias y condiciones del desarrollo y permiten generar los aportes necesarios de información para la toma de decisiones (Segnestam, L 2002).

Un gran número de indicadores y herramientas han sido desarrolladas para medir los servicios ecosistémicos, en este contexto el trabajo sobre el Capital Natural y Servicios de los Ecosistemas (e.g., Costanza et al., 1997, Daily, 1997; de Groot et al., 2002, Millennium Ecosystem Assessment, 2005) propone algunas formas más funcionales para comprender una amplia gama de valores ecosistémicos. De forma más reciente la capacidad de utilizar plataformas de información geográfica ha permitido el

mapeo y han ayudado a profundizar la comprensión sobre el espacio, la identificación de ubicaciones de fenómenos particulares y finalmente proporcionan valores que pueden ser cuantificados desde el punto de vista económico o ambiental (Christopher M. Raymond, Brett A. Bryan, Darla Hatton MacDonald, Andrea Cast, Sarah Strathearn, Agnes Grandgirard, Tina Kalivas, 2009).

El Millennium Ecosystem Assessment o Evaluación de Ecosistemas del Milenio (2005) presenta la categorización de los Servicios Ecosistémicos (ES) que se reconoce en la mayor parte de estudios para mediciones y valoración de estos en el ámbito urbano. Las cuatro categorías de los ES (aprovisionamiento, regulación, culturales y de soporte) son valorizadas mediante el uso de indicadores que bien pueden ser de carácter cuantitativos o cualitativos y que permiten describir el flujo de beneficios proporcionados por los componentes del Capital Natural. A diferencia de los indicadores comúnmente utilizados para medir la biodiversidad, los cuales se centran únicamente en estados y tendencias de la diversidad de especies presentes en el área de estudio, los indicadores de los ES contribuyen con una mejor medición y comunicación de los impactos que cambian el ecosistema y su capacidad de contribuir con servicios que afectan el bienestar humano (TEEB, 2009).

Las fuentes de entrada de estos datos variarán de acuerdo con el ES que se este evaluando, debido a que actualmente no existe un acuerdo general sobre cuales son los indicadores exactos para medir las tendencias y los cambios en los ES de una forma generalizada y que cubra o pueda aplicarse a todos los tipos de escenarios. Esto se debe en gran parte debido a las múltiples variables o características del territorio y a los diversos servicios que pueden encontrarse o no encontrarse presentes en estos. Pero es su componente multidimensional y las relaciones entre estos lo que ocasiona un mayor grado de complejidad (TEEB, 2009). A pesar de esto, la aproximación a la medición de los ES valiéndose de indicadores ya existentes y aplicables para evaluar estas áreas, resulta útil para el diseño de instrumentos, políticas y acciones, así como también facilitan conocer su evolución en el tiempo.

En ciertos casos los indicadores cualitativos pueden ser más dependientes de la subjetividad u opinión del grupo al que se aplica, ya que la información puede provenir de la recopilación de datos mediante sondeos, grupos de trabajo, encuestas y opiniones, así como también mediante documentación de carácter legal y de registros históricos, esta particularidad se da principalmente en la evaluación de los ES culturales. Por otra parte, en el estudio de los ES en áreas con cierto grado alteración, los indicadores que se utilizan al momento de evaluarlos pueden provenir de diferentes ámbitos y ciencias como, por ejemplo, un indicador de rendimiento por hectárea cultivada, el cual ayudará a establecer en que medida el capital natural presente contribuye al aprovisionamiento de alimentos.

Tomando nuevamente como referencia clasificación del EM, estos son algunos ejemplos de los indicadores para medir los Servicios Ecosistémicos en el ámbito urbano que se pueden considerar (TEEB, 2009):

Tabla 1: Ejemplos de índices de ES

Servicios de aprovisionamiento	Alimentos	Producción de cultivos: área destinada a cultivos, rendimiento por hectárea Ganadería: Área destinada a ganadería y rendimiento por hectárea Pesca: porcentaje de capturas en zonas dentro de los límites establecidos para el estudio Toneladas y número de especies silvestres utilizadas como alimento Toneladas Animales y plantas silvestres utilizadas como alimento
	Calidad del agua	Total de recursos de agua dulce en millones de m ³
	Materias primas (madera, forraje, biomasa...)	Incremento del área forestal m ³ de madera extraída Pulpa de papel producida Producción de biomasa o bioenergía
	Recursos Genéticos	Número de variedades de cultivos para producción Número de variedades de animales para producción Número de variedades de peces para producción
	Recursos Medicinales	Número de materias primas para la elaboración de medicinas derivadas de especies locales
Servicios de regulación	Calidad del aire	Cantidad de partículas contaminantes en el aire
	Regulación -climática	Secuestro y almacenamiento de carbono, tasa de secuestro de carbono por hectárea y stock de carbono almacenado por hectárea
	Moderación de eventos extremos	Tendencias en el número de desastres naturales Probabilidades de un incidente
	Regulación del flujo del agua	Capacidad de infiltración del suelo, ratio de permeabilidad Porcentaje de superficies permeables en hectáreas Capacidad de almacenamiento de agua en mm/m
	Tratamiento de desechos y de aguas residuales	Captura de nutrientes por medio de humedales (toneladas o porcentajes) Calidad del agua de los ecosistemas acuáticos (sedimentos, turbiedad, fósforo, nutrientes, etc.)
	Prevención de la erosión	Ratio de erosión del suelo por su uso
	Polinización	Abundancia de especies silvestres polinizadoras Rango de esparcimiento de polinizadores en km
	Control biológico (control de plagas...)	Abundancia de especies ricas en control biológico Rango de esparcimiento de especies que ayudan al control biológico en km ² Cambio en la presencia de plagas como resultado del cambio de ecosistemas
Servicios culturales	Recreación y ecoturismo	Número de residentes beneficiados por las amenidades del paisaje
	Turismo Apreciación cultural, el artística y diseño	Número de visitas por año Número de visitas específicamente relacionadas con la cultura, arte o diseño del lugar
	Educativos Conocimiento tradicional	Número de excursiones de carácter educativo, científica, publicaciones, etc. Número de productos cuya marca lleva la identidad de el lugar o su denominación de origen
Servicios de hábitat o de soporte	Hábitat para las especies	Índice de biodiversidad Número de áreas protegidas

. Elaborado por: The Economics of Ecosystems and Biodiversity, 2011

Los anteriores indicadores son parte de un grupo de indicadores básicos considerados en el estudio de *The Economics of Ecosystems and Biodiversity* en 2011, (la totalidad de índices considerados se puede ver en el Anexo 1) y que gozan de un mayor acuerdo por parte de la comunidad científica para la evaluación de los ES, sin ser los únicos que pueden utilizarse para este fin, tanto las condiciones del territorio, así como los objetivos de la investigación pueden valerse de otros indicadores u omitir el uso de algunos debido al contexto en el que se están aplicando.

En cuanto a otras publicaciones referentes al análisis y a la medición de los Servicios Ecosistémicos, algunos de estos indicadores (Tabla 1), se incluyen en la Publicación de la Red de Redes de Desarrollo Local Sostenible elaborada por la Agencia de Ecología de Barcelona y el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural Marino de España, en la que se plantea un *Sistema de indicadores y condicionantes de España para las ciudades grandes y medianas* (Anexo 2), incluyendo los valores o tendencias que estos indicadores deberían cumplir, sin embargo, algunos de los puntos de análisis sitúan a los ES como parte de otros de los objetivos de sostenibilidad considerados para las ciudades es decir que se los integra a otros campos que necesariamente no son exclusivos a lo natural pero no se los evalúa como servicios.

En el ámbito de Cataluña el Instituto de Ciencia y Tecnología Ambientales (ICTA-UAB), el CREAM y la Diputació de Barcelona elaboraron la primera fase de la Cartografía de Servicios Ecosistémicos de la provincia de Barcelona (Anexo 3), en estos mapas digitales se identifican y cuantifican los servicios ecosistémicos considerados de mayor importancia para la provincia como producción de alimentos, la captura de dióxido de carbono o las oportunidades de ocio, en espacios naturales y rurales (UAB, 2016).

Con respecto a análisis referentes a estos servicios fuera del ámbito del territorio actual, la Diputació de Barcelona también llevo a cabo el levantamiento de las cubiertas de suelo presentes en el año 1956, sin embargo, no hace referencia a los ES como tal.

4. Metodología

Lo que se busca con este análisis es conocer el estado de los Servicios Ecosistémicos con las condiciones del Capital Natural presente en el territorio en dos escenarios o momentos determinados. El primero, donde el modelo de urbanización del espacio analizado todavía se encontraba en un proceso de transformación entre lo urbano y rural, y un segundo momento, que se centra en el territorio en su configuración actual, la de un territorio urbanizado y en el que ya se aplican estrategias para mejorar y conservar el Capital Natural presente

El territorio objeto de este análisis lo comprende el Distrito de Nou Barris bajo la administración del Ayuntamiento de Barcelona, por su ubicación y al encontrarse limitando con el parte del Parque Natural del Collserola, es un espacio de interés para la evaluación de los servicios ecosistémicos por su relación con el mismo. Al ser el último Distrito integrado a la ciudad de Barcelona (1984), se encuentra compuesto por diferentes barrios con diferentes configuraciones y cuyo desarrollo responde a las inmigración obrera de los años cincuenta y sesenta del siglo XX (Ver Anexo 4), presentando así diferentes mosaicos urbanos, algunos que se han mantenido desde los primeros registros fotográficos de finales de la década de los años cuarenta, puntualmente 1947, año en el cual se situará el primer momento o fecha de inicio del análisis (Ver Anexo 4).



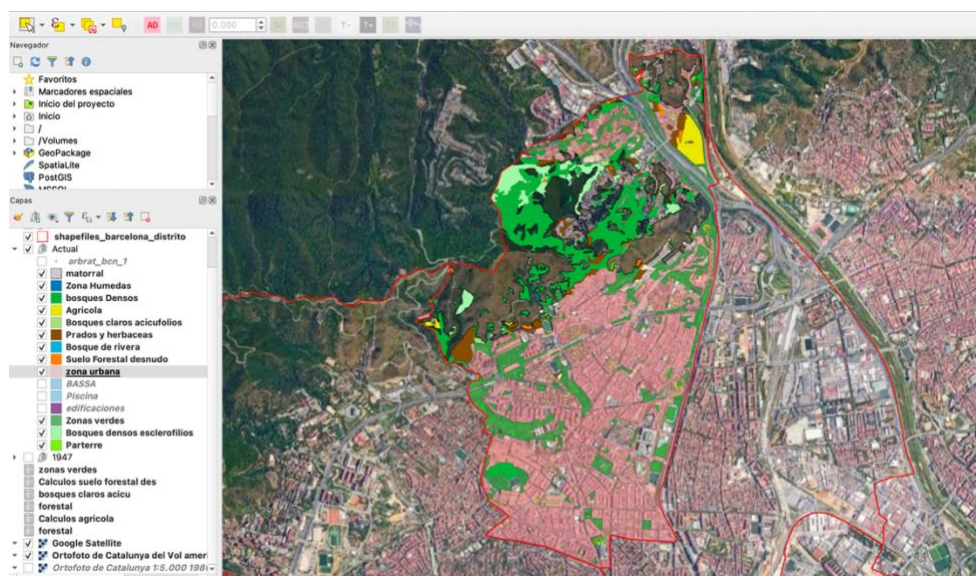
Imagen1: Distrito de Nou Barris

Datos: Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya

A partir del uso de series de registros históricos, ortofotos y mapas que pueden ser consultados de forma abierta, se buscará reconstruir y obtener la información para mapear los diferentes tipos de cobertura de suelo presentes en el sitio en la década de los años cuarenta del siglo XX. Para el análisis de su evolución y los servicios ecosistémicos presentes, se utilizarán imágenes satelitales actuales junto a las ortofotos históricas, las cuales serán analizadas mediante el uso de software de Sistemas de Información Geográfica (GIS, *Geographical Information System*): Quantum Gis comercialmente conocido como “Qgis”.

La metodología del análisis de los ES consiste en utilizar la información abierta y mapeada por el Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya, la Diputació de Barcelona, Generalitat de Catalunya y otras instituciones, en forma de polígonos vectoriales que diferencian o clasifican las diferentes capas o tipo de cobertura de suelo que se encuentran presentes en el área de análisis y que son compatibles con el Sistema de Información Geográfica para así poder asignar los diferentes ES asociados a estas.

Las capas presentes en el espacio y que tienen relevancia para el estudio son: **1) Matorral, 2) Bosques densos, 3) Zona de uso agrícola, 4) Bosques claros acicifolios, 5) Prados y herbáceas, 6) Bosque de ribera, 7) Suelo forestal desnudo, 8) Zona urbanizada, 9) Bosques densos esclerófilos, 10) Zonas verdes y parterres (Anexo 5).**



Captura 1: Capas vectoriales de cobertura de suelo
Datos: Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya

Todas estas capas se encuentran georreferenciadas y pueden ser utilizadas o “montadas” sobre una imagen satelital actual, además de ser capas visuales también contienen información de acuerdo al servicio o características de la cobertura que ese está analizando, como fondo o imagen base para este estudio se tomó una fotografía satelital proveniente del satélite de Google correspondiente a la fecha.

Para el mapeo de las capas de suelo en 1947 se utilizará como base la ortofoto más antigua de la zona la cual reposa en la cartoteca digital del Institut Cartogràfit i Geològic de Catalunya como parte de la colección de Fotoplanos de ciudades catalanes (1945-1966), esta imagen corresponde al año 1947 y tiene una escala de 1:10 000, y fue realizada por la Compañía Española de Trabajos Fotogramétricos Aéreos (Anexo 6). Una vez georreferenciada para coincidir con las coordenadas del sitio y cargada a la plataforma Quantum Gis, se procederá al mapeo de capas vectoriales de los diferentes tipos de cobertura de suelo manteniendo la clasificación anterior. En los casos en los que la calidad de la imagen no permita diferenciar con claridad el tipo de cobertura terrestre presente al momento, se procederá a clasificar a la superficie de suelo a la clasificación más acorde a las condiciones basándose en la actualidad del sitio.

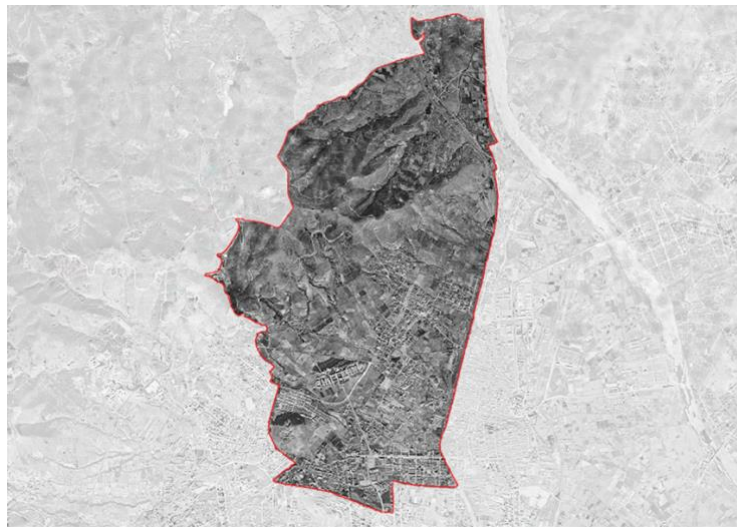


Imagen 2: Distrito de Nou Barris

Fuente: Cartoteca Digital, Institut Cartogràfit i Geològic de Catalunya

A fin de tener una mejor aproximación sobre el tipo de suelos existentes se utilizarán otras imágenes fotográficas de la zona y mapas que puedan ayudar a dar alguna referencia más cercana y clara sobre el tipo de cobertura presente al momento.

Ejemplos de comparativa entre fotoplano aéreo y fotografías referenciales de la época:



Imagen 3: Can Masdeu desde ortofoto 1947



Imagen 4: Can Masdeu Ca. 1930



Imagen 5: Turó de la Peira desde ortofoto 1947



Imagen 6: Turó de la Peira Ca. 1936

Fuente: Cartoteca Digital, Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya

Las fotografías históricas pueden proporcionar contexto y perspectiva para apoyar el análisis con sistemas de Información Geográfica, permitiendo localizar el mismo lugar fotografiado hace un indeterminado número de años y fotografiarlo de nuevo para comparar las imágenes y ver lo que ha cambiado, tal y como lo hizo el proyecto Repeat Photography del USGS (Servicio Geológico de los Estados Unidos) a lo largo del río Colorado.

4.1 Construcción de capas

Esta metodología para el análisis de los servicios ecosistémicos presentes se basa en el concepto de la relación de la cobertura del suelo y de las condiciones del sitio en la capacidad de proveer los servicios. Si bien existen obvias limitaciones para conocer con precisión el verdadero estado y condiciones del territorio del pasado, la información actual sobre los servicios atribuidos a los diferentes elementos en el paisaje, permiten realizar una reconstrucción bastante aproximada sobre la extensión y rol de estos en el territorio de 1947.

La Universidad de Connecticut en los Estados Unidos llevó a cabo el proyecto *Changing Landscape*, el cual es un estudio de cobertura terrestre basado en imágenes satelitales que trazan los cambios del paisaje en el estado de Connecticut y partes de Nueva York. Cubre el período de 25 años de 1985 a 2010 e incluye información sobre la cobertura terrestre básica, así como análisis subsidiarios de la cobertura terrestre de los corredores ribereños, la cobertura impermeable y el análisis de suelos y campos agrícolas (Center for Land Use Education and Research, 2010). Para resolver el vacío de información correspondiente a imágenes de determinados periodos del análisis, se utilizó un análisis de correlación cruzada como también se pretende llevar a cabo en este trabajo.

Para conocer más acerca de como se realizó el análisis de las diferentes coberturas y la determinación de estas para el periodo de análisis del año 1947, se puede remitir a los Anexos 6 y 7 del presente estudio.

4.2 Indicadores

Finalmente, para el presente estudio se mantendrá el esquema de los EM, seleccionando los indicadores que puedan ser aplicados al caso. El objetivo se centrará más en tener una visión general que permita comparar los estados de los ES en los momentos mencionados (1947 – 2020), y más no el análisis intensivo o la recopilación exacta de cada uno de los índices de los ES. Al tratarse de un análisis histórico de más de 70 años, es evidente que no se podrá contar con la suficiente información de entrada que permita elaborar un acercamiento de carácter exacto a cada servicio, esto debido en parte no solo a la falta de registros, sino que para lograr dicha exactitud se requieren pruebas in situ o análisis más detallados.

Con la finalidad de poder realizar dicha comparación se utilizarán valores generales de otros estudios y se tomarán en cuenta ratios o valores preestablecidos que se aproximen o se puedan aplicar a las condiciones territoriales del Capital Natural y sus Servicios Ecosistémicos en el área de estudio.

Los ES a ser evaluados serán considerados por la importancia que ejercen en el momento del análisis, pero también por la importancia que pueden llegar a tener en el futuro del territorio y su relación con otros de los servicios como se explica a continuación:

Servicios de aprovisionamiento: en el caso de estos servicios el estudio se centrará en aprovisionamiento de alimentos y materias primas respondiendo a la relación que el área de estudio tuvo con la producción agrícola en la década de los años 40, y que aún se mantiene en una proporción menor del territorio, así como también al aprovechamiento de los recursos forestales o el cambio en estos debido a la presencia del área de conservación del Parc Natural del Collserola. Por sus cualidades estas coberturas también se relacionan con los otros servicios como uso de agua, las escorrentías y el porcentaje de superficies permeables y por último, las áreas forestales además de proveer de materias primas y de servicios de hábitat y soporte, en este caso también pueden ser analizadas como depósitos carbono el cual se asocia los servicios de regulación climática.

Servicios de regulación: la selección de los indicadores en esta categoría nuevamente responde a la relación del área de estudio con las actividades agrícolas y cercanía a un área natural cuyas características tienen un impacto directo en la regulación de eventos climáticos, la erosión, flujo del agua controles biológicos. De cara al futuro estos servicios han tomado mayor relevancia a la hora de intervenir en el territorio debido al enfoque de sostenibilidad que el desarrollo urbano ha adoptado, el cual busca mejorar y cerrar los flujos y ciclos metabólicos presentes en este, así como transformarlo para cumplir otras funciones como la captura y el almacenamiento de Co2 que se cumplen en la cobertura forestal presente.

Servicios de hábitat y soporte: esta categoría de servicios es considerada principalmente por la característica del territorio y su interacción con parte del Parc Natural del Collserola y en segunda instancia por el cómo las áreas intervenidas (zonas urbanas, agrícolas, bosques y verde urbano) han tenido alguna influencia en estas funciones o por cómo han afectado el estado de la biodiversidad.

Servicios culturales: estos servicios son directamente ligados a los beneficios sociales los cuales pueden ser cuantificados o analizados desde un punto de vista socioeconómico, si bien estos servicios también guardan relación con las categorías mencionados anteriormente su existencia o falta de esta, no siempre estará condicionada por la presencia de las demás categorías. Por el tipo y el objetivo del análisis de este trabajo, estos servicios no serán considerados.

En la siguiente tabla se presentan los ES y sus campos de análisis junto al indicador a ser aplicado, los motivos para el uso de los indicadores presentes también se basan en la capacidad de poder analizarlos por medio de la información disponible en las capas vectoriales, así como también que su análisis puede realizarse con base a valores ya establecidos y por último se ha buscado mantener el énfasis en los ES que mantengan una relación entre sí, como se explicará más adelante en el estudio.

Tabla 2: Índices aplicados al estudio de los ES en Nou Barris.

		Campo de análisis	Indicador
Servicios de aprovisionamiento	Alimentos	Producción de cultivos: área destinada a cultivos	% Superficie de suelo Agrícola
		Rendimiento por hectárea	Rendimiento de producción en Kg/ha
Servicios de regulación	Materias primas (madera, forraje, biomasa...)	Incremento del área forestal	% Superficie de suelo forestal
		Producción de biomasa o bioenergía	t/ha de biomasa
	Regulación -climática	Secuestro y almacenamiento de carbono, tasa de secuestro de carbono por hectárea y stock de carbono almacenado por hectárea	Almacenamiento de carbono tC/ha Ratio de secuestro t C/año
		Tendencias en el número de eventos extremos	Número de eventos naturales extremos registrados
	Moderación de eventos extremos	Probabilidades de un incidente	Aumento o disminución de factores de riesgo y vulnerabilidad
		Regulación del flujo del agua	Capacidad de infiltración del suelo
	Prevenición de la erosión y mantenimiento de la fertilidad del suelo		Porcentaje de superficies permeables en hectáreas
Servicios de hábitat o de soporte	Hábitat para las especies	Ratio de erosión del suelo por su uso	Grado de Prevención de erosión del suelo
		Abundancia de especies silvestres polinizadoras	Shannon-Weaver especies funcionales
	Control biológico (control de plagas...)	Abundancia de especies ricas en control biológico	Biodiversidad funcional / Shannon Weaver
Servicios de hábitat o de soporte	Hábitat para las especies	Índice de biodiversidad	Live Planet index / Shannon-Weaver
		Numero de áreas protegidas	Número de áreas protegidas

Tabla 2: Índices aplicados al estudio de los ES en Nou Barris.

Elaboración: Propia

5. Desarrollo de indicadores

5.1 Servicios de Aprovisionamiento

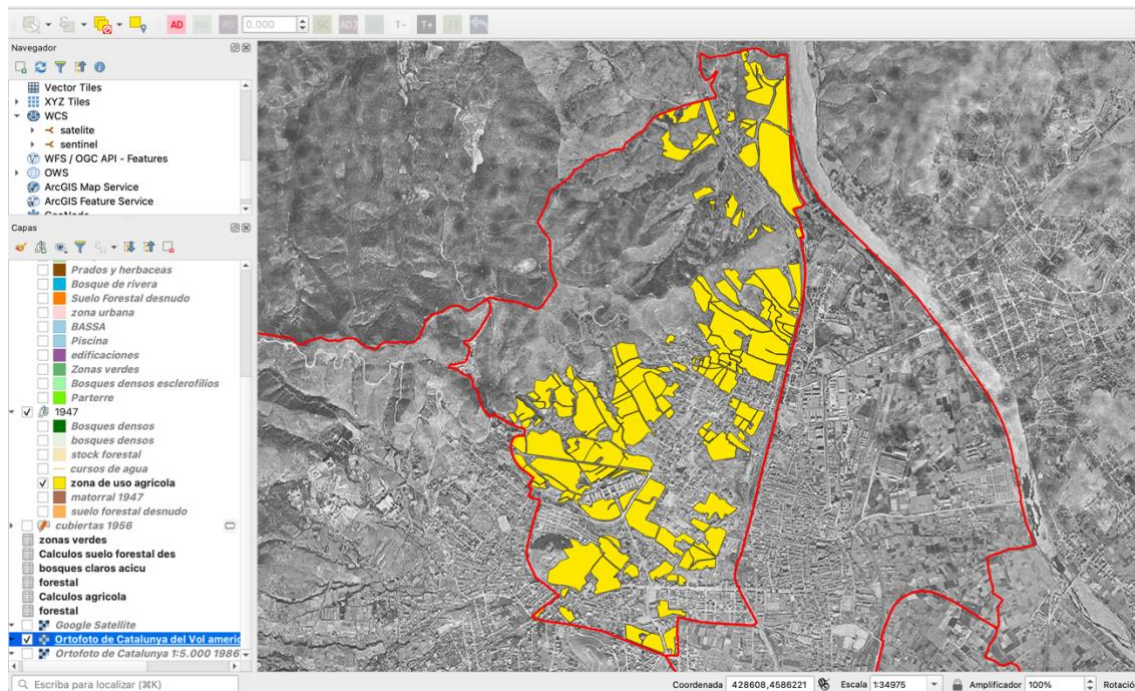
Para el calculo de este servicio ecosistémico se establecerán como bienes provistos por los servicios ecosistémicos a los alimentos y recursos forestales. Al referirse a los alimentos se considerarán únicamente los cultivos producidos en suelo y en el caso de los recursos forestales se calcularán en referencia al stock de estas materias primas presente en el espacio más no a los recursos forestales explotados.

Para el calculo de la categoría de alimentos se utilizarán dos indicadores, el primero para calcular el porcentaje de superficie en hectáreas destinado a zonas de producción de cultivo y el segundo establece el rendimiento por hectárea de cultivo o rendimiento de la producción en kilogramos por hectárea (kg/ha).

5.1.1 Porcentaje de superficie de zonas de cultivo:

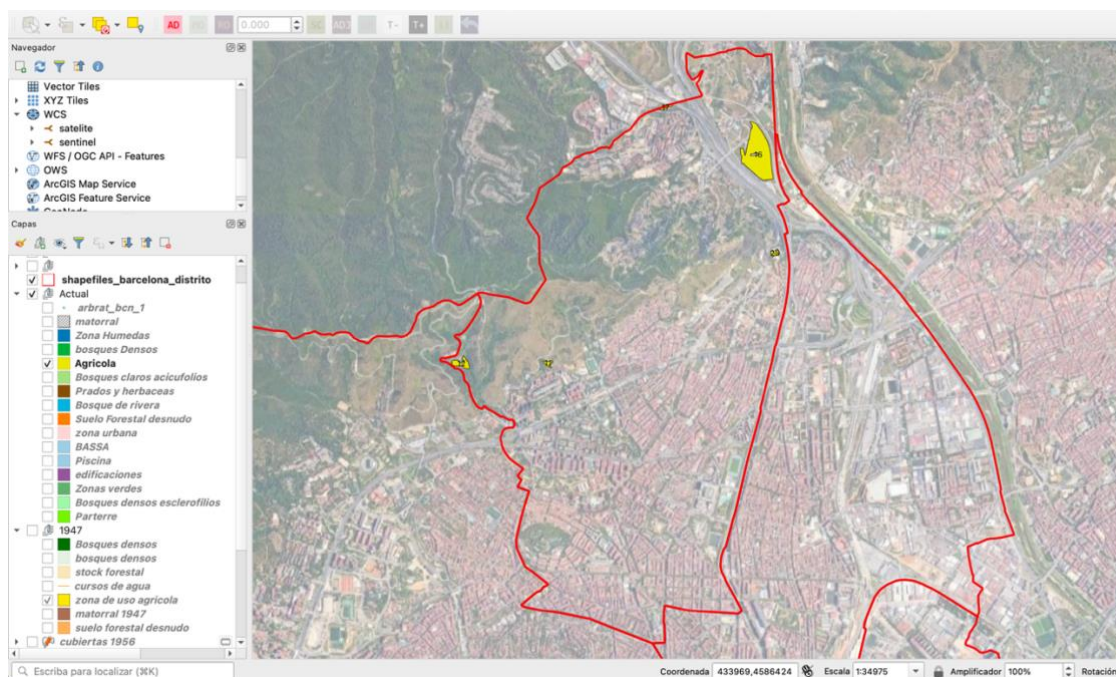
El cálculo del porcentaje de superficie de zonas de cultivo en el territorio permite identificar la variación en la presencia de estas actividades en el territorio, a esto se lo denomina como extensificación, la cual hace referencia al incremento de la producción debido a la variación del área de producción de cultivos por el uso de nuevas tierras, lo cual conlleva a cambios en el uso de suelo (FAO, 2014).

La metodología empleada para este cálculo en el territorio de 1947 se basó en la medición de las parcelas de terrenos de uso agrícolas por medio del software de Qgis (Anexo 8).



Captura 2: Capas vectorial de zonas agrícolas sobre ortofoto de Nou Barris 1947

Para la estimación de terrenos agrícolas actuales se utilizaron los datos vectoriales del Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya.



Captura 3: Capas vectorial de zonas agrícolas sobre foto satelital actual Nou Barris 2020

Datos: Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya

Una vez dibujados los polígonos de “zona de uso agrícola” sobre los terrenos que presentaron las características de la clasificación, se utilizó la función “calculadora de campos” dentro del programa QGis, para calcular el área de los polígonos trazados. El mismo procedimiento se llevo a cabo con los polígonos actuales trazados por el Intitut Cartogràfit i Geològic de Catalunya. Por último se sumaron los resultados para obtener el valor total del área de uso agrícola para luego calcular el porcentaje de cobertura del territorio destinado a este uso.

Tabla 3: Diferencias en porcentaje de superficie agrícola.

Porcentaje de superficie de zonas de cultivo		
Año	1947	2020
Superficie total Nou Barris (hectáreas)	804.14	804.14
Zonas de uso agrícola (hectáreas)	224.91	8.34
Porcentaje de suelo agrícola	27.98%	1.04%

Elaboración: Propia

5.1.2 Rendimiento de producción:

Para el establecer este indicador se utilizaron los mismos datos del rendimiento de producción por hectárea para diferentes cultivos en Barcelona, Cataluña o España que se encuentran en estudio de la Encuesta sobre Superficies y Rendimientos Cultivos (ESYRCE), del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación del Gobierno de España además de los datos del Instituto de Estadística de Cataluña. En el caso de la serie de datos referentes al año de 1947, se tomaron como referencia diferentes estudios y publicaciones, entre ellas la de Miguel Bringas Gutiérrez (2000), titulada “*La Productividad de los Factores en la Agricultura Española (1752-1935)*” la cual incluye información sobre los rendimientos generales de producción de cultivos en España.

A fin de contar con la mayor cantidad de datos posibles que se aproximen al área de análisis, se tomaron en cuenta también series históricas de las décadas de los años treinta hasta los años cincuenta.

Por otra parte debido a que en el área de estudio aún se realizan actividades de carácter agrícola, se han incluido los rendimientos correspondientes a los productos que constan como cultivados en el lugar, basándose nuevamente en la información de la ESYRCE y del Instituto de Estadística de Cataluña para utilizarlos como referencia de los rendimientos de los productos que constan en la información suministrada en los sitios web de las entidades gestoras de estas tierras, sin embargo al realizar la búsqueda de datos para el rendimiento de estos mismos productos en el primer momento histórico, no se encontraron fuentes fiables de información o estadísticas que puedan ayudar al análisis, lo que podría atribuirse también a los cambios en la escala y del tipo de productos o cultivos en el área de estudio, esto se puede corroborar también con información histórica de la situación correspondiente al comercio, cultivo, ocupación y consumo de la época del análisis (M. Camps Calvet, S. Gorostiza, D. Saurí, 2021).

La Encuesta sobre Superficies y Rendimientos Cultivos (ESYRCE) mide a los rendimientos de los cultivos en kilogramos/hectárea (kg/ha), mientras que los datos del Instituto de Estadística de Cataluña son presentados en apartados diferentes, por un lado las hectáreas del tipo de cultivo por provincia y por el otro los rendimientos de estas en toneladas en cada provincia, el periodo de referencia para ambas estadísticas se basa en la operación anual de los datos correspondientes a la distribución de los cultivos, cubiertas de suelos y rendimiento de cultivos existentes en las tierras cultivadas durante el año.

También se consideraron dos entradas de datos para la serie de Tipo de Producto correspondiente a 2018 – 2020, estas corresponden al tipo de cultivo llevado a cabo siendo de *Secano o Riego*.

Tabla 4: Rendimientos para diferentes tipos de cultivos asociados al área de estudio

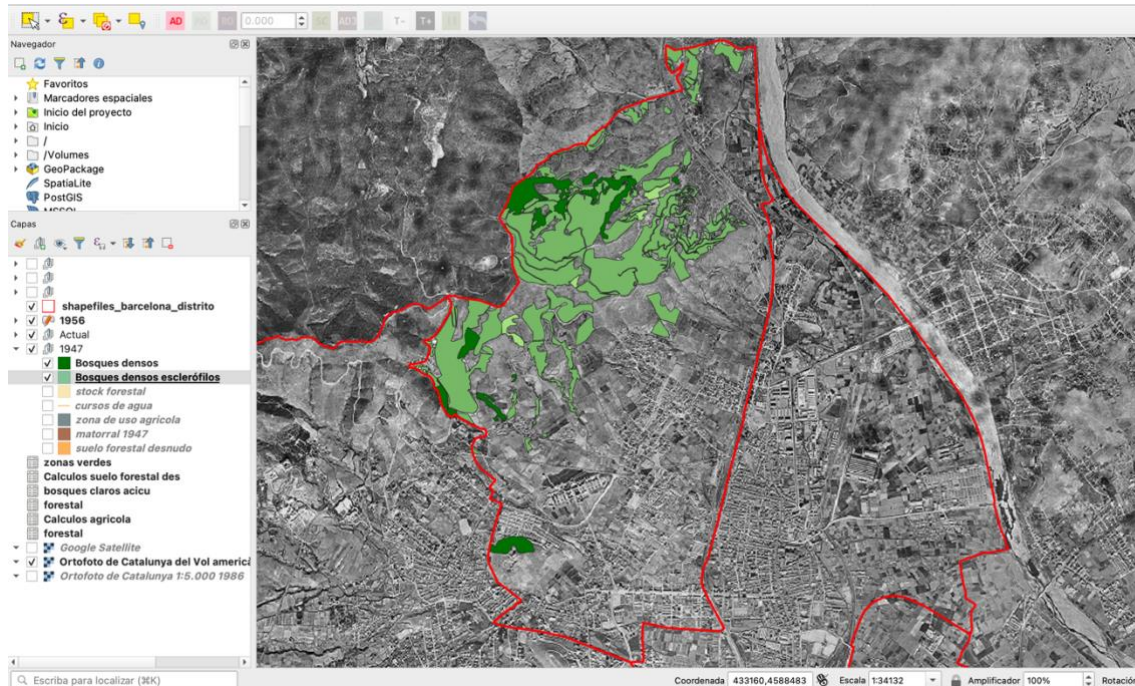
Rendimiento de Producción de Cultivos			
AÑO	1935 - 1950	2018 - 2020	
	kg/ha	kg/ha	
Tipo de Producto	Secano	Secano	Riego
Trigo Blando	940*	4399	3500
Cebada	1330*	3655	S/D
Centeno	760*	1914	5000
Avena	790*	3441	S/D
Maíz	1690*	10526	11961
Garbanzos	480*	1000	S/D
Habas	880*	3500	7000
Judías Secas	560*	1506	S/D
Guisantes Secos	660*	3324	S/D
Algarrobos	570*	S/D	S/D
Alverjones	660*	19591*	S/D
Almortas	530*	S/D	S/D
Yeros	540*	999*	S/D
Vino	1490*	7617	S/D
Olivar, aceituna de almazara	170*	3008	3093
Colza	S/D	2499	2900
Pimiento	S/D	S/D	29639
Tomate	S/D	S/D	32515
Patata	S/D	S/D	24647
Calabacín	S/D	40000	35908
Acelga	S/D	S/D	25482
Col	S/D	S/D	22305
Berenjena	S/D	S/D	30000
Cebolla	S/D	S/D	40300
Alcachofa	S/D	S/D	15000
Lechuga	S/D	S/D	23931
Zanahoria	S/D	S/D	25026
*: Promedio Kg/ha España S/D: No hay datos disponibles			

Elaboración: Propia. Datos: ESYRCE 2018, 2021; M. Bringas Gutiérrez, 2000; Instituto de Estadística de Cataluña

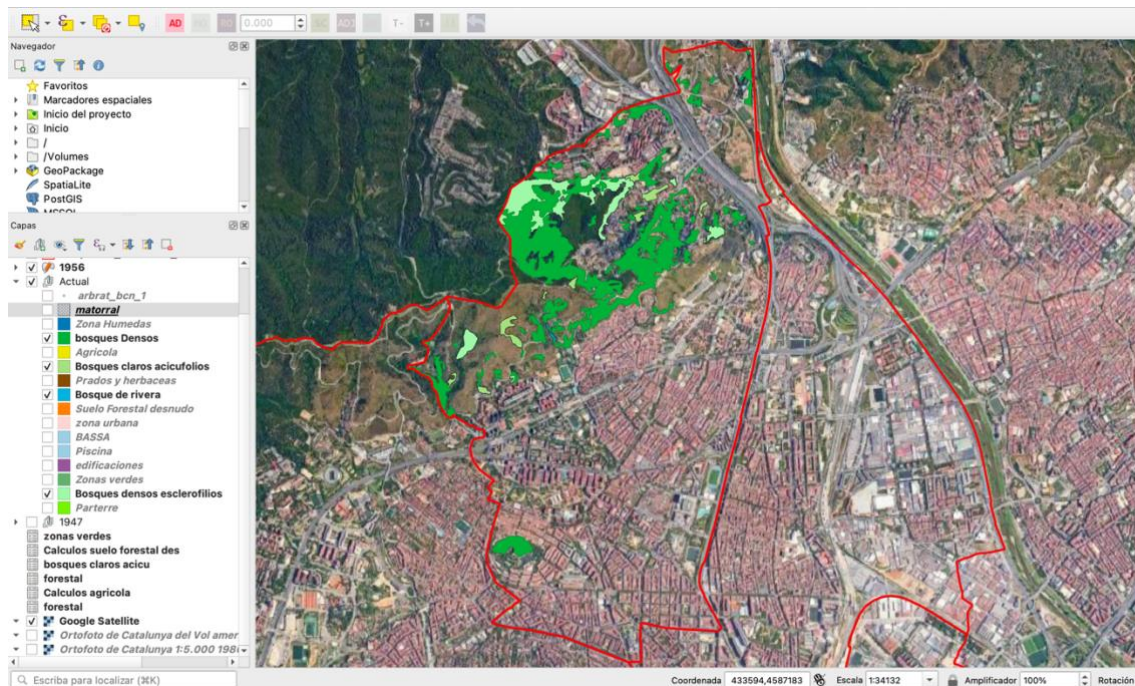
5.2 Materias primas

5.2.1 Porcentaje de superficie forestal:

Para el cálculo del porcentaje de zonas forestales se utilizó la misma metodología empleada en el apartado de "Porcentaje de superficie de zonas de cultivo", para este cálculo se consideraron como áreas forestales a las coberturas de suelo categorizadas como: a) bosques de ribera, b) bosques claros acicufilios, c) bosques claros esclerófilos y d) Bosques densos. Los datos de la superficie actual constan en los archivos de la Generalitat de Catalunya.



Captura 4: Capas vectorial de zonas de coberturas forestales Nou Barris 1947



Captura 5: Capas vectorial de zonas de coberturas forestales Nou Barris 2020

Datos: Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya

Tabla 5: Diferencias en porcentaje de zonas forestales

Porcentaje de superficie forestal				
		AÑO	1947	2020
		Sup. Nou Barris (hectáreas)	804.14	804.14
		Total Sup. Forestal (hectáreas)	161.29	92.47
Cobertura de suelo	Bosque de ribera		-	0.23
	Bosques claros acicufolios		3.38	1.73
	Bosques esclerófilos		136.81	17.08
	Bosques densos		21.1	73.43
		Porcentaje de superficie forestal	20.06%	11.50%

Elaboración: Propia

5.2.2 Biomasa forestal

Existen diferentes tipos de cálculos para la estimación de la biomasa forestal dependiendo el propósito del análisis a ser realizado, en este caso lo que se pretende conocer es el potencial de biomasa forestal total presente en el área de análisis, ya que este cálculo puede ser aplicado a los dos escenarios.

“La biomasa potencial total es aquella resultante de considerar el aprovechamiento de toda la superficie forestal arbolada nacional en la que se encuentran las especies consideradas de interés forestal. Para cálculo se tiene en cuenta la superficie potencial total neta, la posibilidad media de cada especie a lo largo del turno referidas a toneladas anuales y la calidad de estación, la cual mayorará o minorará la posibilidad media” (IDAE-Aranzada GF-Argongra-ETSI de Montes-ITG Agrícola, 2000).

A partir de lo que se establece como superficies forestales de España, la Superficie Forestal Arbolada consiste en terrenos en los que dominan las poblaciones de especies forestales arbóreas cuya fracción de cabida cubierta (FCC) es superior o igual al 10%. Cuando existen valores de FCC superior a 20% se considera como Monte Arbolado mientras que cuando la FCC es igual al 10% o menor al 20% se considera Monte Arbolado Ralo, esta clasificación incluye especies de matorral o pastizal natural como manifestación vegetal dominante, pero con árboles entre el 10 y 20%.

De acuerdo con los datos del Mapa de Cubiertas Forestales de España (MFE50), el tipo de superficie presente en Nou Barris corresponde a un Monte Arbolado y un Monte Arbolado Ralo con FCC entre el 10 al 80% compuestos por especies mixtas.

El otro factor a tener en consideración es que la capacidad de producción de biomasa es variable de acuerdo a la estación de cada zona y las condiciones del suelo y clima, para esto nuevamente se utilizará el mapa de Productividad Potencial Forestal el cual sitúa el área de análisis bajo la clase “IIIa” cuyo valores de productividad se encuentran entre los 5.25 a 6.00 m³/ha/año, para este análisis se utilizará el valor menor.

Para establecer la productividad de biomasa del conjunto de especies de matorral se utilizarán los valores del estudio sobre *Producción de biomasa y fijación de carbono por los matorrales españoles y por el horizonte orgánico superficial de los suelos forestales* (G. Montero; C. López-Leiva; R. Ruiz-Peinado; E. López-Senespleda; R. Onrubia; M. Peraladosel, 2020)

La determinación de la productividad de especies forestales se realizará tomando la información en los metadatos del Mapa Forestal de España en la que se determinan la especie característica del bosque analizado, su Fracción de Cabida Arbolada Cubierta (TFCCARB), y la ocupación de la especie característica del bosque. Los valores asignados a la tasa promedio de acumulación son tomados del Estudio Técnico para la Diversificación de la Energía titulado *Evaluación del Potencial Energético de la Biomasa 2011-2020*. Las tablas con información de valores, especificaciones de los mapas forestales e información con respecto a las especies se pueden encontrar en el Anexo9.

En la siguiente tabla se presentan los valores asignados a los diferentes tipos de cobertura a ser calculados:

Tabla 6: Valores asignados a coberturas forestales para cálculos

Cobertura	FCC	% TFCCARB	Numero de identificación de especie	Especie Dominante	Ocupación	Posibilidad Producción de biomasa en m3/año
Matorral	30	30	68	<i>Arbusto unedo</i>	0.3	0.83
Bosque de ribera	80	80	23	<i>Pinus pinea</i>	0.81	4.9
Bosques claros acicufolios	30	30	23	<i>Pinus sylvestris</i>	0.4	3.11
Bosques esclerófilos	30	30	45	<i>Quercus ilex</i>	0.4	2.9
Bosques densos	75	75	24	<i>Pinus halpensos</i>	0.75	1.45

Elaboración: Propia

Finalmente para conocer la biomasa potencial se utilizará la siguiente fórmula:

$$BT \text{ (t/año)} = [\sum (Ppot_i * (O_i))] * Fcc_a * S_t * MPPF$$

BT: la biomasa potencial total para el aprovechamiento de restos y árboles completos

Ppot_i: la productividad de biomasa del área de bosque.

O_i: la ocupación de la especie *característica del bosque*.

Fcc_a: la fracción de cabida cubierta arbolada del área de bosque.

S_t: es la superficie del área de bosque analizada.

MPPF: el coeficiente de productividad potencial forestal en el área de estudio.

Tabla 7: Biomasa potencial total Nou Barris 1947

Biomasa Potencial (BPT) 1947							
Tipo de Tesela	Superficie	FCC	Promedio de acumulación biomasa en especies m ³ /ha	Ocupación	MPPF m ³ /ha	BPT m ³ /año/ha	BPT por Cobertura
Bosque de ribera	S/D	-	-	-	-	-	-
Bosques claros acicufolios	3.38	30	3.11	0.40	5.25	195.93	662.24
Bosques esclerófilos	136.81	30	2.9	0.4	5.25	182.70	24995.19
Bosques densos	21.1	75	1.45	0.75	5.25	428.20	9035.09
						m³ Biomasa Potencial Total:	34692.52

Elaboración: Propia

Tabla 8: Biomasa potencial total Nou Barris 2020

Biomasa Potencial (BPT) 2020							
Tipo de Tesela	Superficie	FCC	Promedio de acumulación biomasa en especies m ³ /ha	Ocupación	MPPF m ³ /ha	BPT m ³ /año/ha	BPT por Cobertura
Bosque de ribera	0.23	30	0.83	0.7	5.25	91.51	13236.58
Bosques claros acicufolios	1.73	80	4.9	0.81	5.25	383.41	88.18
Bosques esclerófilos	17.08	30	3.11	0.40	5.25	195.93	338.96
Bosques densos	73.43	30	2.9	0.4	5.25	182.70	3120.52
						m³ Biomasa Potencial Total:	34990.61

*S/D: Sin datos

Elaboración: Propia

5.3 Servicios de Regulación

5.3.1 Almacenamiento de Carbono

Este apartado incluye a las toneladas de carbono (C) acumulado en las masas forestales, arbolado y en el horizonte de suelo.

Para el cálculo del “*Stock de Carbono*” acumulado en las masas forestales se tomarán en cuenta los datos obtenidos en el cálculo de la biomasa potencial total (BPT), conforme a lo aceptado por Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), el contenido de carbono de la biomasa puede ser considerado como el 50% de esta, es así que, esta será la relación que se aplicará para obtener las toneladas de carbono acumulado en estas formaciones. Mientras que en el cálculo del stock de carbono acumulado en el arbolado urbano se utilizará los datos obtenidos en el trabajo *de Mapeo de los Servicios Ecosistémicos de una Ciudad compacta: el caso de Barcelona* (R. Porcar, 2019).

Por último, el cálculo del Co₂ acumulado en el horizonte de suelo se realizará mediante el uso del valor medio para suelos de vegetación mixta equivalente a 7.39 kg/m² y prados equivalente a 7.88 kg/m² establecidos en el estudio *Soil carbon stocks and their variability across the forests, shrublands and grasslands of peninsular Spain* (E. Doblas-Miranda, P. Rovira, L. Brotons, J. Martínez-Vilalta, J. Retana, M. Pla, and J. Vayreda, 2013).

Tabla 9: Stock de Carbono Acumulado 1947

Stock de Carbono Forestal 1947			
Cobertura forestal	Biomasa Potencial m³/año/ha	BPT	t C acumulado
Matorral	39.22	4004.89	2002.45
Bosque de ribera	-	-	-
Bosques claros acicufolios	195.93	662.24	331.12
Bosques esclerófilos	182.70	24995.19	12497.59
Bosques densos	428.20	9035.09	4517.54
Total t Co2 acumulado:			19348.70 t
Carbono Acumulado en Horizonte de suelo			
Suelos	ha 1947	t C/ha	Total t/ha
Matorrales Mixtos	263.41	73.9	19466.00
Pastos y cultivos	224.91	78.8	17722.91
Total tn Co2 acumulado:			37188.91

Stock de Carbono total: 56537.61 t

Elaboración: Propia

En el caso del Stock de carbono correspondiente al arbolado urbano para 1947, no se cuentan con los datos necesarios para este cálculo. En la siguiente tabla correspondiente al 2020 se presentarán estos datos solo con fines informativos que permiten conocer mejor la situación actual, sin embargo en caso de realizarse comparaciones entre los dos momentos de análisis, se dejarán por fuera estos datos.

Tabla 10: Stock de Carbono Acumulado 2020

Stock de Carbono Forestal 2020			
Cobertura forestal	Biomasa Potencial m³/año/ha	BPT	t C acumulado
Matorral	39.22	5672.82	2836.41
Bosque de ribera	383.41	88.18	44.09
Bosques claros acicufolios	195.93	338.96	169.48
Bosques esclerófilos	182.70	3120.52	1560.26
Bosques densos	428.20	31442.96	15721.48
Total de Co2 acumulado:			20331.72 t
Carbono Acumulado en Horizonte de suelo			
Suelos	ha 2020	t C/ha	Total t C/ha
Matorrales Mixtos	237.12	73.9	17523.05
Pastos y cultivos	23.75	78.8	1871.23
Total tn Co2 acumulado:			19394.29
Total tn Co2 acumulado en arbolado urbano:			(13275.00)
Stock de Carbono total:			39726.00 t

Elaboración: Propia

Tabla 11: Stock de carbono en arbolado urbano Nou Barris 2019

Stock de Carbono Forestal (arbolado urbano)

Barrio	t Carbono acumulado por Barrio
Vallbona	321
Ciudad Meridiana	595
Torre Baró	4127
Canyelles	1293
Les Roquettes	824
Trinitat Nova	706
La Guinaueta	1372
Verdum	357
La Prosperitat	743
Can Penguera	150
Porta	1251
Turó de la Peira	757
Torre Llobeta	779

Total Stock de C arbolado urbano: 13275

Datos: R. Porcar 2019

5.3.2 Ratio de secuestro de Co2

El ratio de secuestro de carbono se calculó de acuerdo con la metodología de la "Guía para la estimación de absorciones de dióxido de carbono" del Ministerio para la Transición Ecológica de España, utilizando el cálculo ex post, el cual se trata de estimaciones en el momento en que las absorciones están teniendo lugar, tomando en cuenta el peso de la biomasa forestal seca, es así que se podrán utilizar los datos de biomasa potencial total obtenidos en apartado de "biomasa forestal".

Una vez determinado el peso de la biomasa forestal y el peso del carbono fijado en el apartado anterior se procederá con la conversión del carbono a dióxido de carbono (Co2) a partir de la relación de los pesos moleculares, multiplicando el valor de carbono acumulado o fijado por 44/12 correspondiente al peso molecular del Co2.

Tabla 12: Secuestro de Co2 Nou Barris 1947

Ratio de secuestro de Co2 por año 1947

Cobertura	Kg/ha de C acumulado	Kg/ha Captación de Co2 por año	Captación de Co2 t/ha año
Matorral	2002445.55	732895.07	732.90
Bosque de ribera	0.00	0.00	0.00
Bosques claros acicufolios	331121.70	121190.54	121.19
Bosques esclerófilos	12497593.50	4574119.22	4574.12
Bosques densos	4517542.97	1653420.73	1653.42

Total t/Co2 capturado por año: 7441.41 t

Elaboración: Propia

Tabla 13: Secuestro de Co2 Nou Barris 2020

Ratio de secuestro de Co2 por año 2020			
Cobertura	Kg/ha de C acumulado	Kg/ha Captación de Co2 por año	Captación de Co2 t/ha año
Matorral	2836410.37	1038126.20	1038.13
Bosque de ribera	44091.62	16137.53	16.14
Bosques claros acicufolios	169479.45	62029.48	62.03
Bosques esclerófilos	1560258.00	571054.43	571.05
Bosques densos	15721477.73	5754060.85	5754.06
Total t/Co2 capturado por año:			7441.41
Total t Co2 acumulado en arbolado urbano:			(265)
t/Co2 captadas por año:			7666.41 t

Elaboración: Propia

En el caso del ratio de secuestro del arbolado urbano al igual que en el apartado de “stock de carbono forestal” se tomarán los datos obtenidos en el trabajo *de Mapeo de los Servicios Ecosistémicos de una Ciudad compacta: el caso de Barcelona* (R. Porcar, 2019), en cual se utilizó la media de Rowntree & Nowak (1991) para establecer el ratio de secuestro de las especies presentes, esta media corresponde a 0.082 kg C/m²*año. Como ocurrió en el caso del stock de carbono, no se cuentan con los suficientes datos para establecer el ratio de secuestro del arbolado urbano para el escenario de 1947, por lo tanto su cálculo no se tomará en cuenta para comparaciones.

Tabla 14: Captura de Co2 por arbolado urbano Nou Barris 2019

Captura de Co2 (arbolado urbano)	
Barrio	t Carbono acumulado por Barrio
Vallbona	5
Ciudad Meridiana	12
Torre Baró	78
Canyelles	15
Les Roquettes	14
Trinitat Nova	24
La Guinaueta	30
Verdum	8
La Prosperitat	16
Can Penguera	3
Porta	16
Turó de la Peira	27
Torre Llobeta	17
Total t/Co2 capturado por año:	265

Datos: R. Porcar 2019

5.4 Moderación de fenómenos climáticos extremos

Los fenómenos climáticos extremos son el resultado de la ocurrencia de un valor de una variable meteorológica o climática por encima o por debajo de un valor más cercano al extremo superior o inferior de los comportamientos habituales de la misma. Estas alteraciones suponen a su vez riesgos de desastres, lo cual está definido *“como la probabilidad de que, durante un periodo específico de tiempo, ocurran alteraciones graves del funcionamiento normal de una comunidad o una sociedad debido a los fenómenos físicos peligrosos que interactúan con condiciones sociales vulnerables”* (IPCC 2012).

Los desastres naturales tienen como consecuencia efectos negativos en las condiciones de la población afectada por los mismos, efectos que van desde la pérdida humana o de su calidad de vida, además de pérdidas materiales, económicas y ambientales. Todas estas condiciones adversas a su vez requieren de la intervención y acción de organismos u organizaciones para solventar las necesidades esenciales de la población.

Para evaluar si un fenómeno climático representa un riesgo de desastre, se debe evaluar la exposición de las personas, bienes materiales, recursos naturales y todo activo que influye en el desarrollo de la sociedad a un fenómeno de este tipo, una vez determinada la exposición se establecerá la vulnerabilidad para conocer la predisposición y propensión de verse afectado ante un desastre (IPCC 2012).

Por otra parte el cambio climático es otro factor que incide en el aumento de un riesgo ya que este se atribuye ser la principal causa de las variaciones no previstas o de los eventos extremos, a nivel de España, el Ministerio para la Transformación Ecológica y Reto Demográfico ha considerado como riesgos asociados al clima a:

Tabla 15: Riesgos asociados al clima

Inundaciones	Precipitaciones extremas e inundaciones
	Fenómenos costeros
Incendios forestales	Incendios forestales
Fenómenos meteorológicos adversos	Sequías
	Vientos extremos
	Olas de calor (mortalidad asociada)

Elaboración: Ministerio para la Transformación Ecológica y Reto Demográfico

A más de eventos extraordinarios, las consecuencias del cambio climático pueden ser progresivas como el aumento gradual de la temperatura y la subida del nivel del mar, los cuales incidirán en mayores riesgos de sequías, inundaciones o incendios forestales (Marco eficaz de gestión del riesgo de catástrofes en España, 2021).

Con respecto a las acciones para la moderación de estos riesgos por parte de los ES, no se dispone de datos sobre desastres ni sobre reducción de los riesgos de desastres a escala local, lo que puede limitar las mejoras en las intervenciones para la reducción de la vulnerabilidad local debido a que a la fecha, *“existen pocos ejemplos de sistemas nacionales de gestión de riesgos de desastres y medidas conexas de gestión de riesgos que integren explícitamente los conocimientos y las incertidumbres en relación con los cambios proyectados en la exposición, la vulnerabilidad y los fenómenos climáticos extremos”* (IPCC, 2012). Es decir que las estrategias empleadas, no han podido mostrar su eficacia, en parte debido a que no han sido expuestas a escenarios de desastres climáticos para luego poder evaluar su comportamiento o el grado de moderación que tuvieron.

En el caso de los servicios ecosistémicos si existen precedentes de como la alteración de las condiciones naturales o la eliminación de estos puede tener consecuencias negativas aumentando la exposición y vulnerabilidad de las ciudades a estos (PNUMA, 2001).

Durante la búsqueda de cartografía referente a inundaciones u otros eventos climatológicos en el año de partida del análisis, no se logró encontrar documentos que cumplan con estas características, sin embargo

de manera general y en la escala de Barcelona, se identificaron varios eventos históricos relacionados a inundaciones y otros fenómenos climatológicos entre los que se destacan con mayor frecuencia las sequías e inundaciones como los eventos climáticos más relevantes y que han afectado al área de estudio.

Eventos extremos registrados en el territorio de Barcelona 1947-2009

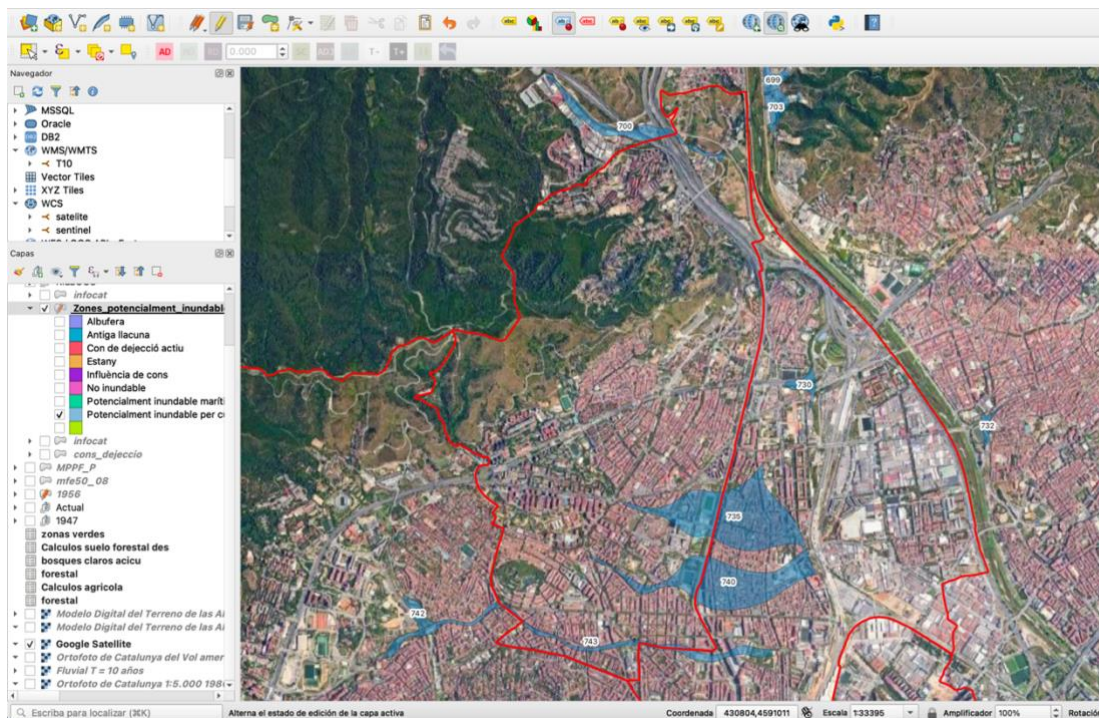
Tabla 16: Eventos climatológicos en Barcelona con base en datos del Apéndice Climatológico (MAPAMA, 1986) y Cuerpo de bomberos de Barcelona.

1947	Durante verano y otoño se registraron importantes tormentas locales que causaron daños graves sobre todo a la agricultura al venir acompañadas de pedrisco. Por ultimo las lluvias en octubre originaron inundaciones en Barcelona
1954	Ultimo año del periodo de sequias prolongadas que afecto al país desde 1944
1967	Marcado por las inundaciones más catastróficas que se han registrado, conocidas como las del mes de septiembre del Vallés, finalizando este año con la mayor nevada tras una intensa ola de frío en el mes de diciembre
1970	Graves inundaciones en Cataluña al iniciar el año e inicio de una ola de frío
1973	Inundaciones en el mes de septiembre en el bajo Llobregat y el Maresme
1974	Intensas tormentas en verano que afectaron Cataluña, especialmente Sabadell
1980	Inicio de la ola de calor de los años ochenta
1981	Ola de calor más intensa del siglo
2003	Sobre mortalidad a consecuencia de la ola de calor
2009	Temporal de viento de prolongada duración

Elaboración: Propia

5.4.1 Inundaciones:

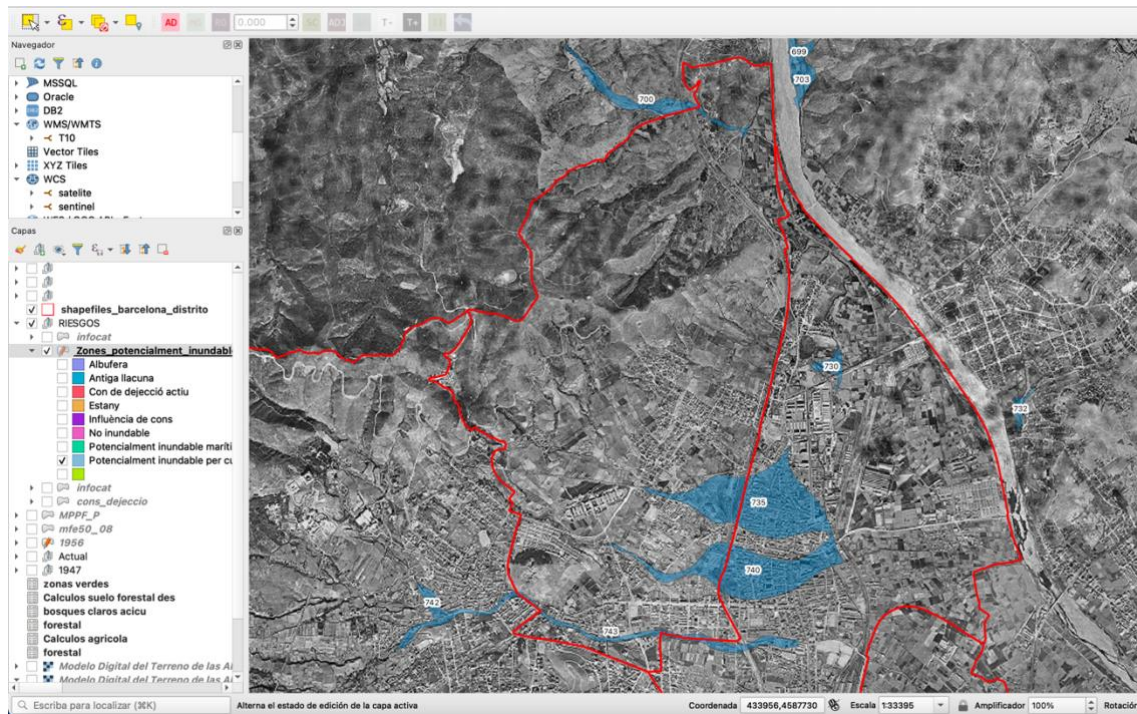
Para realizar la estimación de la moderación de eventos climáticos se utilizarán la información disponible de la Generalitat de Catalunya, en la que constan las zonas expuestas a estos desastres además de los planos y modelos del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables.



Captura 6: Capas vectorial de zonas de riesgo de inundación Nou Barris 2020

Datos: Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya, Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables

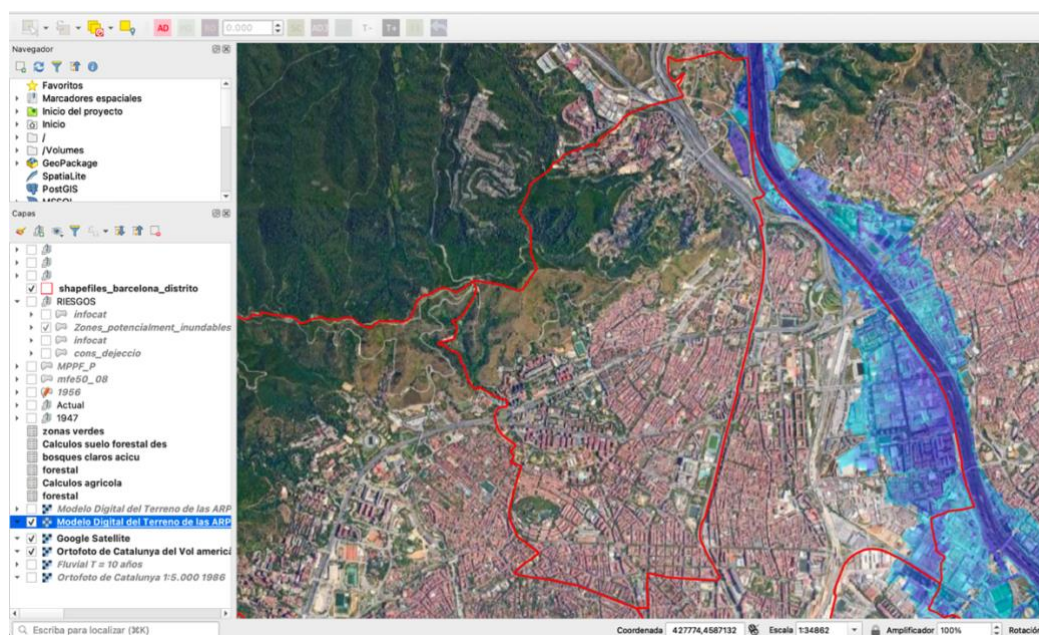
En el caso de las zonas de riesgo de inundación, al menos 4 zonas del territorio se encuentra en riesgo debido a la geomorfología del mismo en concordancia con los mapas de riesgos de Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables.



Captura 7: Capas vectorial de zonas de riesgo de inundación sobre ortofoto de Nou Barris 1947

Datos: Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya, Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables

Al contraponer estas capas vectoriales en la ortofoto de 1947 se puede observar que las áreas de inundación 735 y 740 ya se encontraban ocupadas por edificaciones, por lo tanto existía exposición ante este riesgo, sin embargo la vulnerabilidad podría haber estado reducida debido a la mayor cantidad de zonas permeables y de infiltración de los suelos. En cuanto a las áreas 700 y 743, estas zonas estaban constituidas por vertientes abiertas que posterior a la fecha del análisis fueron canalizadas, si bien estas vertientes representan un riesgo por su proximidad a las zonas más pobladas, su condición en este momento también pudo contribuir a una mejor permeabilidad e infiltración, reduciendo la vulnerabilidad ante inundaciones.



Captura 8: Capas de modelo digital de inundaciones Fluvial T:500 sobre fotografía satelital actual

Datos: Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya, Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables

La anterior captura es el modelo de inundación fluvial en un periodo a futuro de 500 años, como se puede observar, el área del territorio analizado expuesta a este riesgo está compuesta actualmente por terrenos de uso agrícola y equipamientos, por lo tanto la afectación en este escenario y con las condiciones presentes representaría un riesgo mayor para estas actividades y al servicio de aprovisionamiento que presta esta zona.

Si bien este es un análisis que necesitaría de mucha más información y datos para proveer una mayor precisión sobre la vulnerabilidad a los desastres, la comparativa permite establecer las variaciones en la exposición, que al día de hoy, al existir un mayor número de edificaciones, habitantes y equipamientos sería mayor a la presente en 1947. Por otra parte la vulnerabilidad podría haberse incrementado debido a la mayor presencia de superficies poco permeables lo cual se relaciona con la capacidad del territorio de ofrecer estos servicios de regulación y en este caso la moderación del fenómeno mediante la infiltración o control del flujo de agua.

5.4.2 Sequías:

Las sequías son otro de los eventos que pueden afectar sistemáticamente al territorio ocasionando problemas socioeconómicos y sobre todo pueden afectar a otros de los servicios ecosistémicos presentes (Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico, 2021).

Como se pudo observar en la tabla sobre los eventos climáticos observados en el territorio, las sequias también han sido parte de los riesgos a los que el distrito de Nou Barris esta expuesto. Para este análisis nuevamente se utilizarán los criterios de exposición y vulnerabilidad presentados anteriormente.

Modelo de días con precipitación menor a 1mm en Cataluña en el rango de 100 años

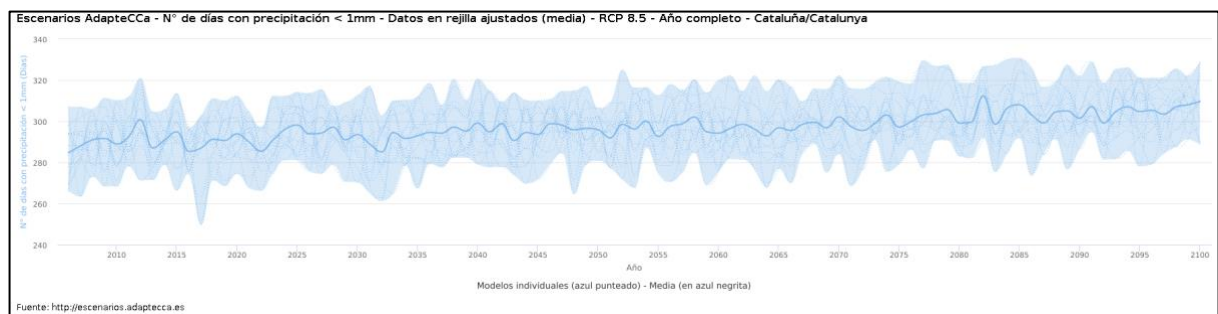


Imagen 7: Modelo de proyección de días con precipitación menos a 1 mm

Elaboración: Visor de Escenarios de Cambio Climático

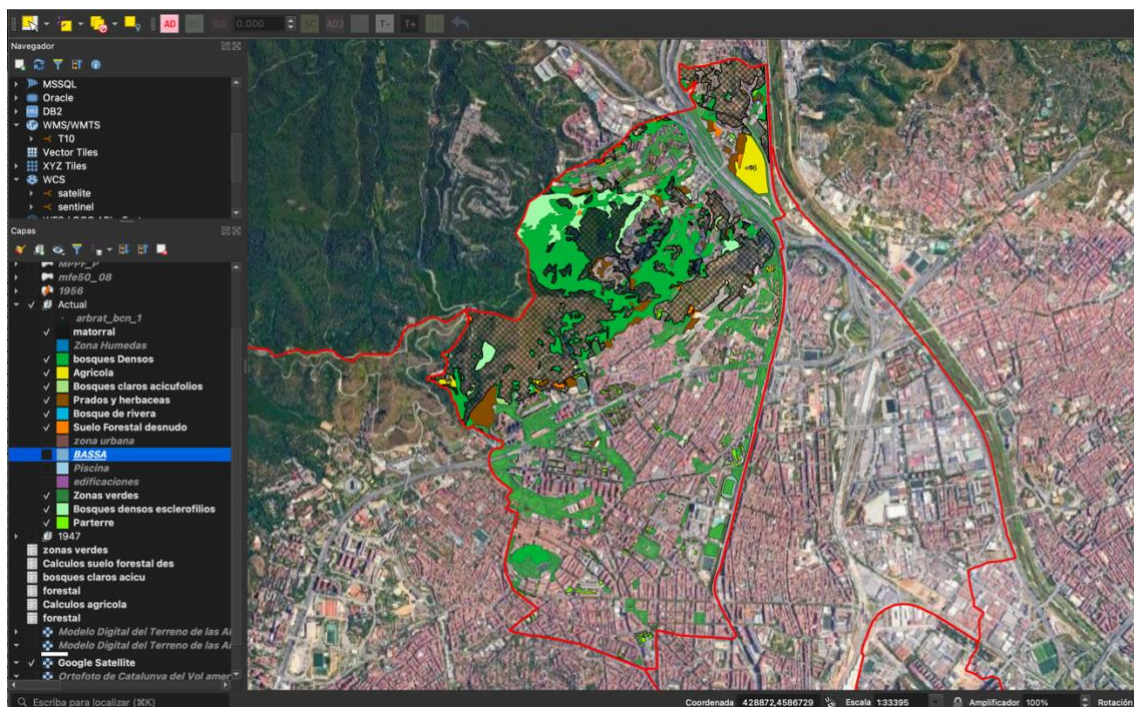
El gráfico anterior muestra la tendencia hacia el aumento de días de sequía en Cataluña en un rango de los próximos 80 años basándose en el modelo histórico, esta tendencia también se muestra en el modelo incremento de días consecutivos con precipitaciones menores a 1 mm pero en menor medida.

Para fines de analizar el rol de los servicios ecosistémicos presentes ante este fenómeno se compararán las condiciones presentes en el territorio en los dos momentos de análisis tal y como se lo hizo en el apartado anterior, considerando la exposición y vulnerabilidad.



Captura 9: Capas cobertura de suelos, agrícola, matorral y forestal 1947

Los periodos prolongados de sequías afectan principalmente a las actividades agrícolas que dependen de la lluvia, por la configuración del territorio en 1947, en el cual el más del 27% esta compuesto por zonas de uso agrícola, la exposición a este riesgo puede ser considerada alta ya que afectaría en mayor medida a los servicios de aprovisionamiento presentes en este. La existencia de infraestructura de riego, reservorios o embalses podrían reducir la vulnerabilidad ante estos fenómenos pero por un tiempo limitado debido a que este fenómeno también pone en riesgo el abastecimiento de agua para este fin.



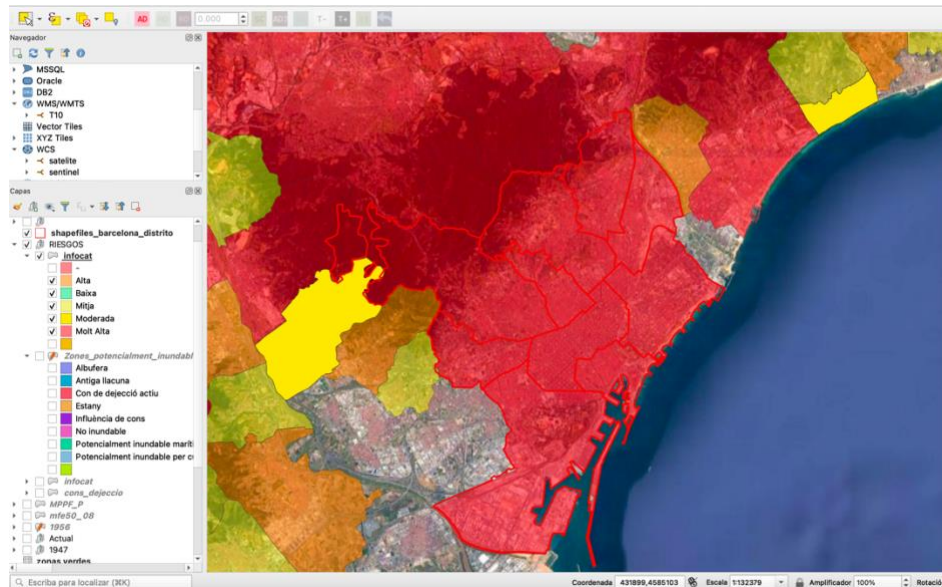
Captura 10: Capas cobertura de suelos, agrícola, matorral y forestal 2020
Datos: Institut Cartogràfit i Geològic de Catalunya

Por otra parte, en el territorio actual la situación es diferente ya que la exposición a este riesgo por parte del sector productivo es mínima por la poca presencia de zonas agrícolas, el riesgo causado por la sequía en este caso estaría más vinculado a no poder satisfacer la demanda hídrica de la población y de las infraestructuras presentes que requieran de agua de lluvia, sin embargo por la forma en como el distrito

se abastece de agua, habría que enfocar el análisis hacia la vulnerabilidad y exposición del territorio de donde se obtienen los recursos hídricos para satisfacer la demanda local.

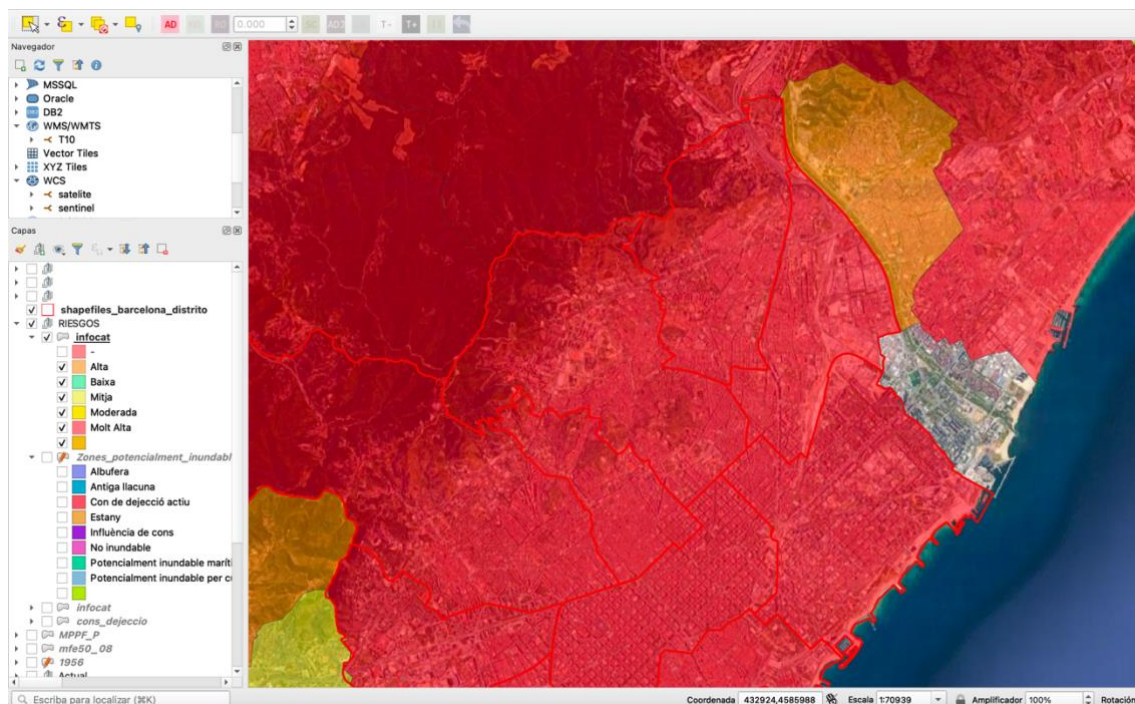
5.4.3 Incendios Forestales

Para la medición del riesgo de incendios forestales se tomará a los mapas de riesgo de incendios forestales de la Generalitat de Catalunya, los cuales ubican a toda el área de estudio dentro de la categoría de riesgo alto ante incendios forestales al igual que gran parte del territorio de Barcelona.



Captura 11: Capas cobertura de suelos, agrícola, matorral y forestal 2020
Datos: Generalitat de Catalunya

La vulnerabilidad también coincide con la exposición o riesgo ubicando a esta zona en la categoría de vulnerabilidad muy alta.



Captura 12: Capas zonas de vulnerabilidad de incendio forestal 2020
Datos: Generalitat de Catalunya

En cuanto a referentes históricos la información del visor de *Foc al Bosc (Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya, 2018)* recopila todos los eventos de incendios forestales registrados en Barcelona en el periodo de 1986 a 2017. Basándose en esta información se puede observar que en el distrito de Nou Barris existieron 5 incendios forestales en el lapso de 27 años, afectando alrededor de 96 hectáreas.

Incendios forestales registrados en Nou Barris

Tabla 17: Incendios forestales en la proximidad de Nou Barris

No	Año	Lugar (proximidad)	ha afectadas
1	1990	Can Rius/ Turó de Segarra	19
2	1994	Can Masdeu	38
3	2005	Turó Roquetas Alta	9
4	2012	Parc Torre Baró	10
5	2015	Mirador de Mundet	20

Elaboración: Propia Datos: *Foc al Bosc* Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya, 2018

Si bien la causa de estos incendios forestales no siempre tiene su origen en un fenómeno natural sino en el accionar humano, los factores climatológicos como la sequia aumentan la dimensión de los mismos y por lo tanto la exposición y vulnerabilidad ante estos.

Conforme a estos datos y por las características del territorio en 1947, en el cual la cobertura forestal representaba el 20%, se podría considerar que estos servicios ecosistémicos, representan un factor de aumento a la exposición a este tipo de fenómeno. Por otra parte la distancia entre las zonas urbanizadas y esta área natural era mayor lo cual significaría una menor vulnerabilidad de estas frente a este fenómeno, situación contraria en lo que respecta a las zonas agrícolas que sí se encuentran en la proximidad a la cobertura forestal, pudiendo ser también un vector de incendios forestales causados por actividades asociadas a la agricultura o su vez verse afectadas por los incendios forestales, ya sea por cualquiera de estos motivos la vulnerabilidad de estas zonas para 1947 puede considerarse como alta.

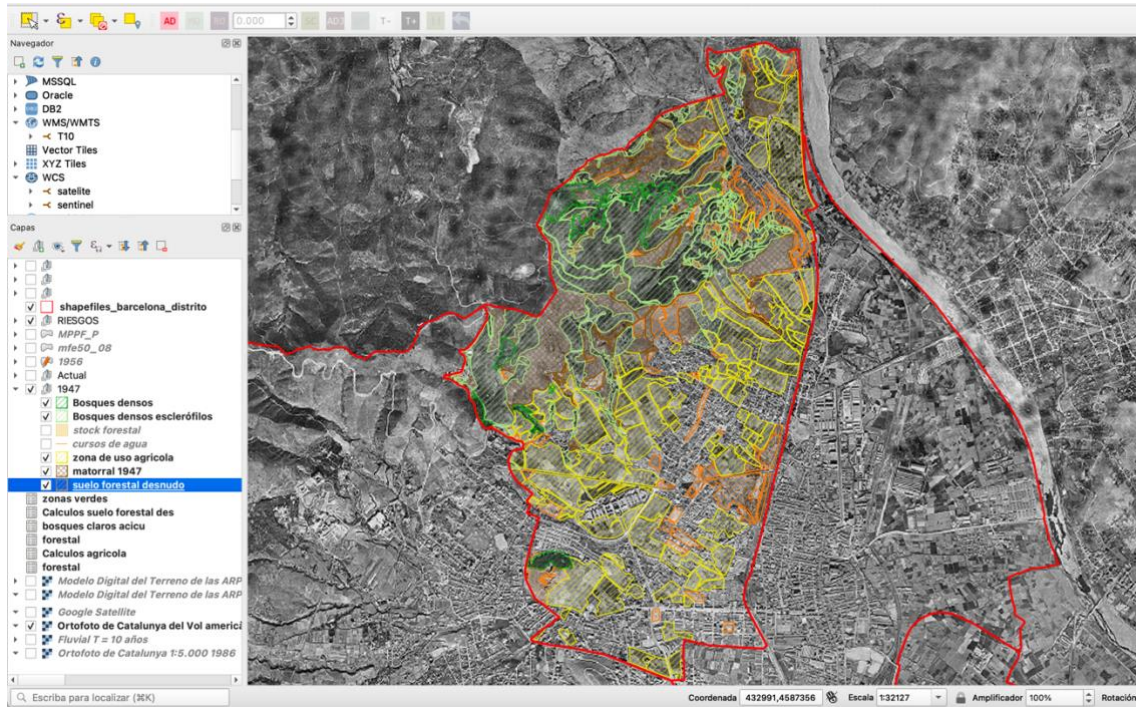
5.5 Regulación del ciclo de agua

5.5.1 Porcentaje de superficies permeables

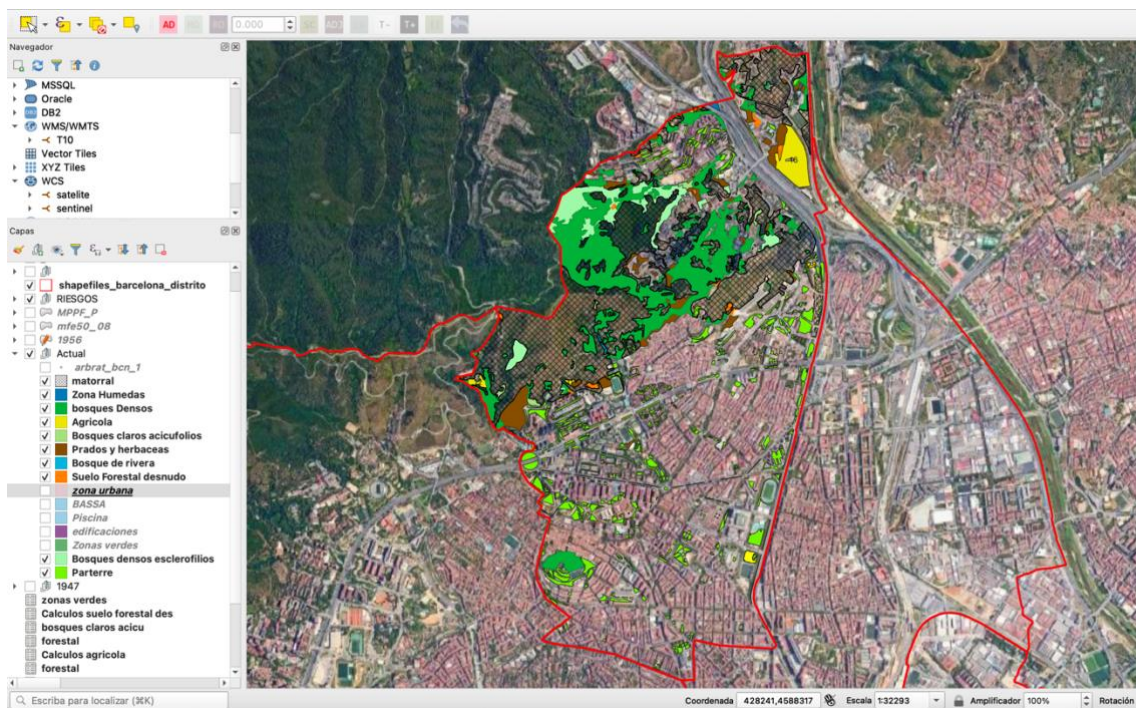
Las superficies permeables son aquellas que permiten la infiltración de agua al suelo subyacente, estas zonas permeables incluyen a todas las capas vegetales, céspedes, cubiertas de abono, superficies con plantas, azoteas verdes, pavimento permeable y quedando por fuera de esta clasificación toda superficie de terreno que no permite la infiltración de agua, como las cubiertas de edificios, pavimentos convencionales, piscinas, aceras, asfaltos y cualquier otro material que tenga estas características (DC Zooning Handbook, 2021).

Para el cálculo del porcentaje de superficies permeables se utilizará nuevamente la función del programa QGis para trazar las capas vectoriales correspondientes a cubiertas vegetales o superficies permeables presentes en el terreno en 1947, mientras que para el caso del escenario actual se utilizarán nuevamente las capas vectoriales trazadas por el Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya.

La estimación de las superficies permeables se realiza mediante la suma del total de superficies permeables encontradas en el territorio para luego establecer el porcentaje del total del territorio que estas ocupan.



Captura 13: Capas de zonas permeables 1947



Captura 14: Capas zonas permeables 2020
Datos: Generalitat de Catalunya

Tabla 18: Porcentaje de superficies permeables en 1947 y 2020

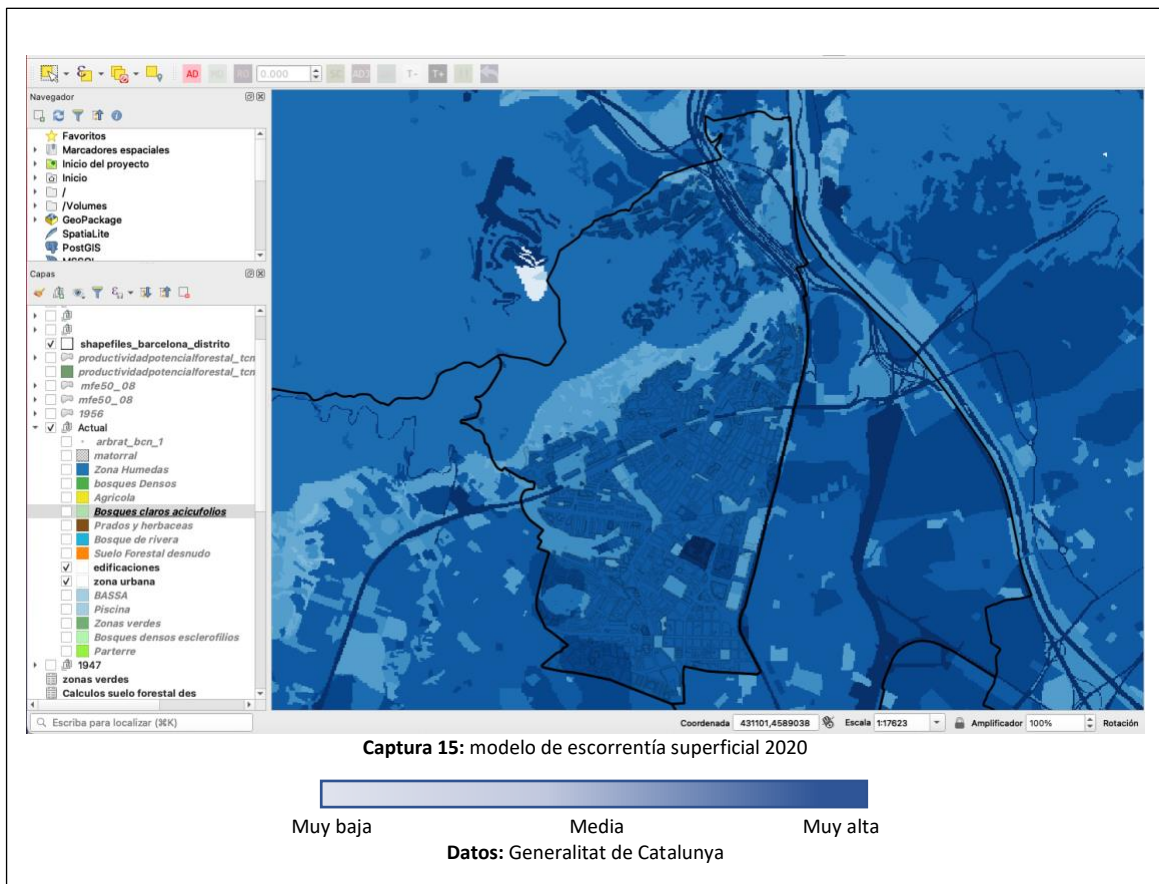
Porcentaje de superficie permeable				
		AÑO	1947	2020
Sup. Nou Barris (hectáreas)			804.14	804.14
Total Sup. Permeables (hectáreas)			553.53	303.16
Cobertura de suelo	Suelo de producción agrícola		224.91	8.34
	Matorral		102.12	144.65
	Suelo forestal desnudo		65.21	2.11
	Prados y Herbáceas		-	15.41
	Zonas verdes		-	40.19
	Bosque de ribera		-	0.23
	Bosques claros acicufolios		3.38	1.73
	Bosques esclerófilos		136.81	17.08
	Bosques densos		21.1	73.43
		Porcentaje de superficie permeable	68.84%	37.70%

Elaboración: Propia

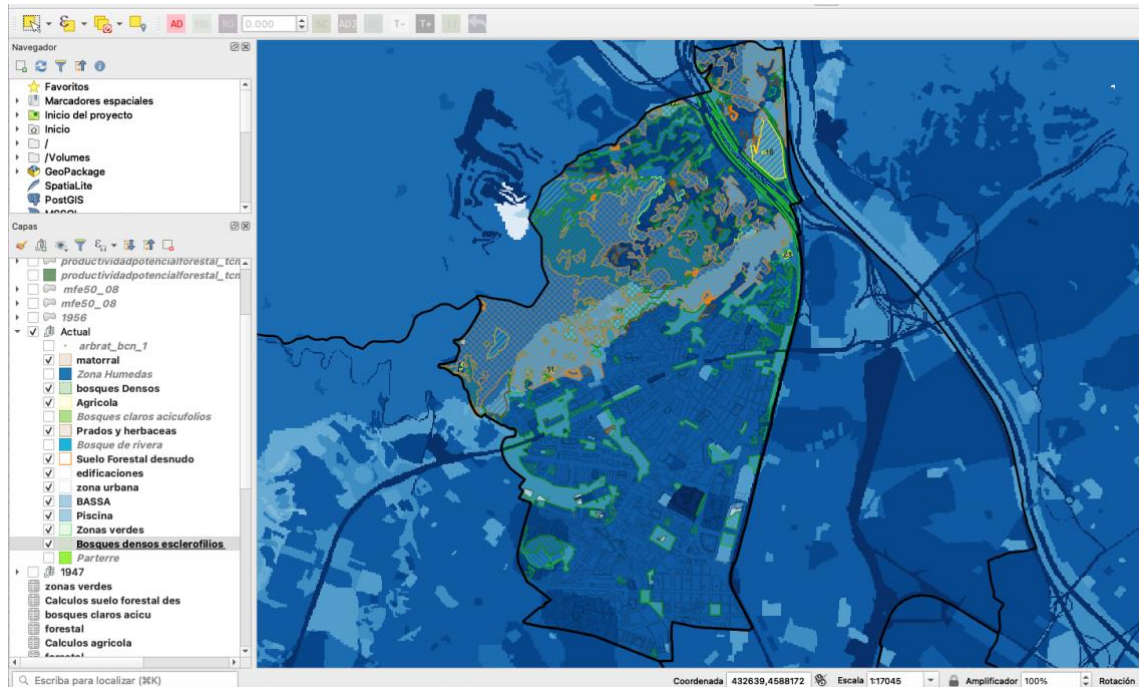
5.5.2 Escorrentía superficial y permeabilidad

Las características de permeabilidad de las coberturas, tipo de suelos y topografía del territorio tienen la capacidad de alterar el flujo de la escorrentía e infiltración del agua, para analizar el nivel de escorrentía del territorio actual se utilizará nuevamente el mapa de escorrentía superficial elaborado por la Generalitat de Catalunya el cual utiliza la metodología de un modelo clásico, que mide el inverso de la capacidad de retención de agua, combinando la precipitación, la capacidad de interposición de la vegetación y la permeabilidad del sustrato litológico.

Los resultados se presentan de forma gráfica por medio de bandas de colores en el cual los colores más claros representan el menor nivel de escorrentía y los más oscuros el mayor.

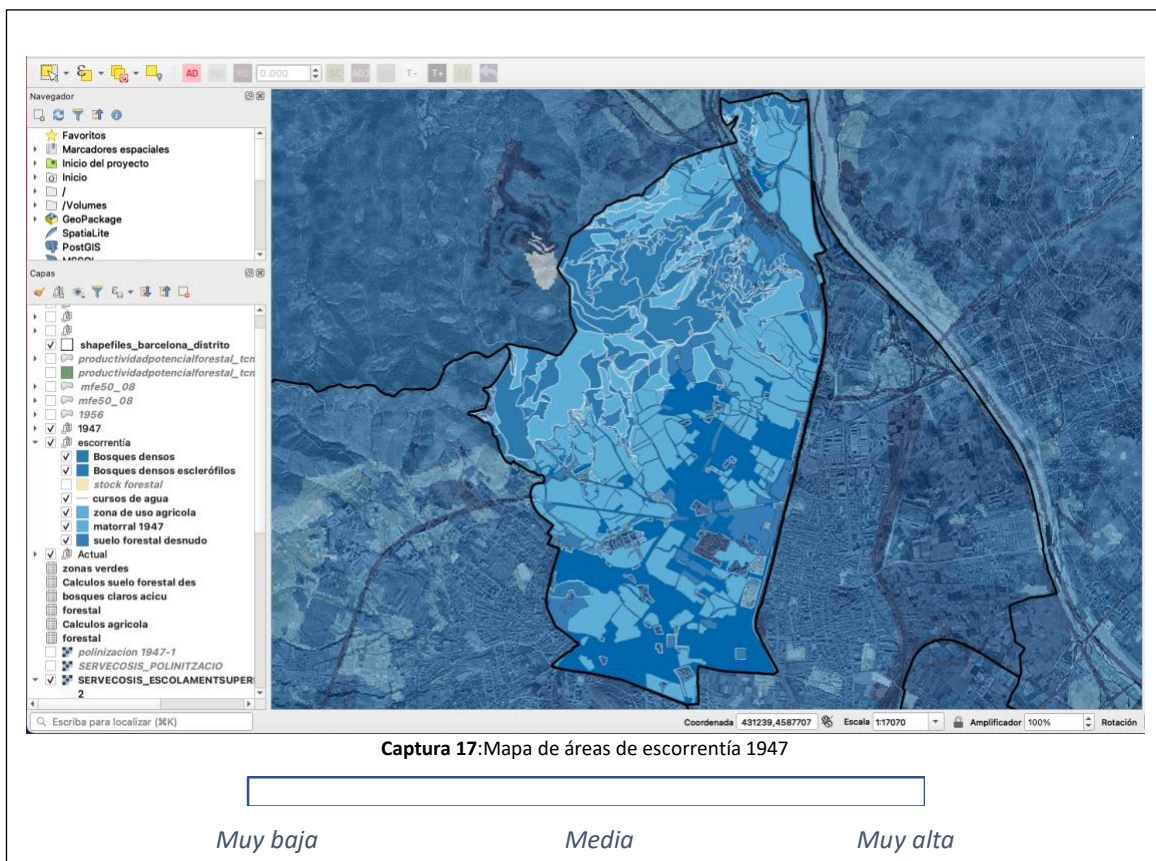


Como se puede observar en la anterior captura las zonas de menor escorrentía se encuentran en la zona limitante con el área urbanizada y corresponden a coberturas de suelo compuestas por matorrales, prados, bosques y zona agrícola, mientras que las zonas con menor escorrentía están dentro de la zona urbanizada y dentro de la misma las zonas con mejor grado de control de escorrentía corresponden a zonas verdes o parques urbanos como se expresa en la siguiente captura.



Captura 16: Capas de coberturas de suelo sobre mapa de áreas de escorrentía 2020
Datos: Generalitat de Catalunya; Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya

La relación entre las cubiertas y la capacidad de retención permite reconstruir un modelo en el cual se puede hacer una aproximación al comportamiento de escorrentía del territorio en 1947, según como se distribuían las coberturas de suelo:



Captura 17: Mapa de áreas de escorrentía 1947

Muy baja

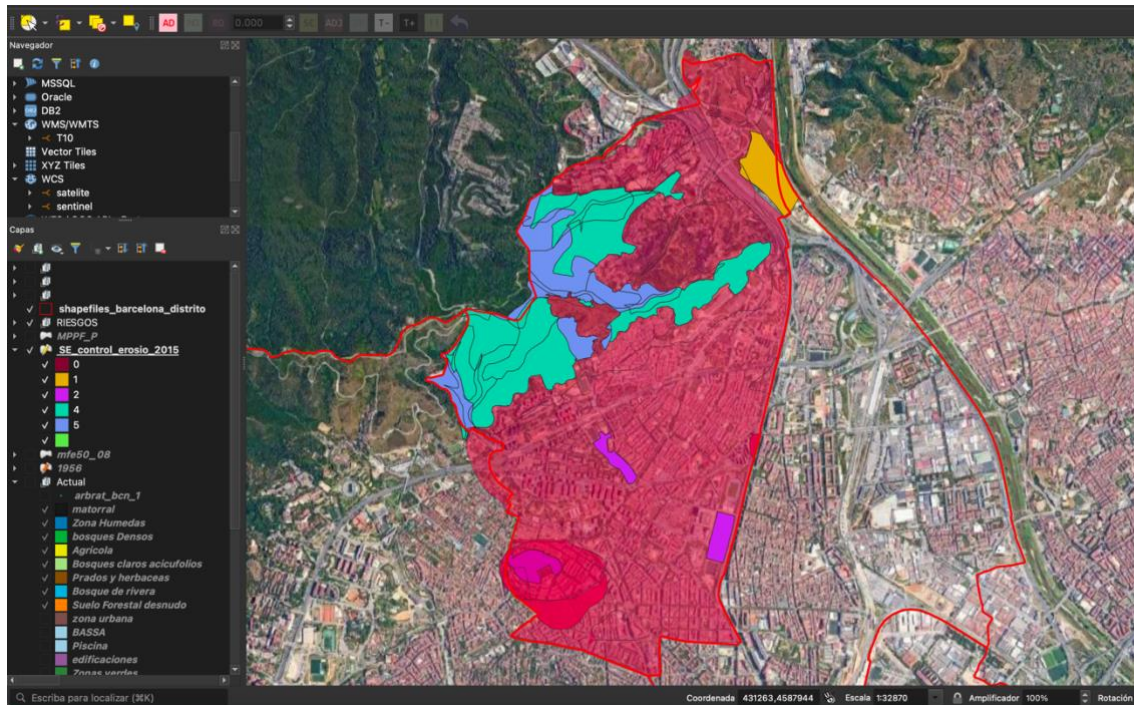
Media

Muy alta

5.6 Prevención de la erosión y mantenimiento de la fertilidad del suelo

5.6.1 Grado de erosión del suelo

El grado de erosión del suelo se clasifica de acuerdo a la severidad del mismo, para analizar el rol de los servicios ecosistémicos en conformidad con el grado de erosión del suelo se utilizarán las capas vectoriales actuales trazadas por la Diputació de Barcelona, en estas se realiza una clasificación que va del 0 al 5, en la que 0 representa el menor grado de control de erosión y 5 representa el mayor.



Captura 18: Grados de control de erosión en Nou Barris 2020

Datos: Generalitat de Catalunya

Para establecer el grado de control de erosión en el territorio de 1947, se utilizará la misma escala asignada a las capas vectoriales mostradas en la Captura 18. Con la finalidad de establecer qué escalas pertenecen al tipo de cobertura presente aquí, se establecerá la conexión entre el tipo de suelo y el grado de erosión que se presenta en el análisis del 2020.

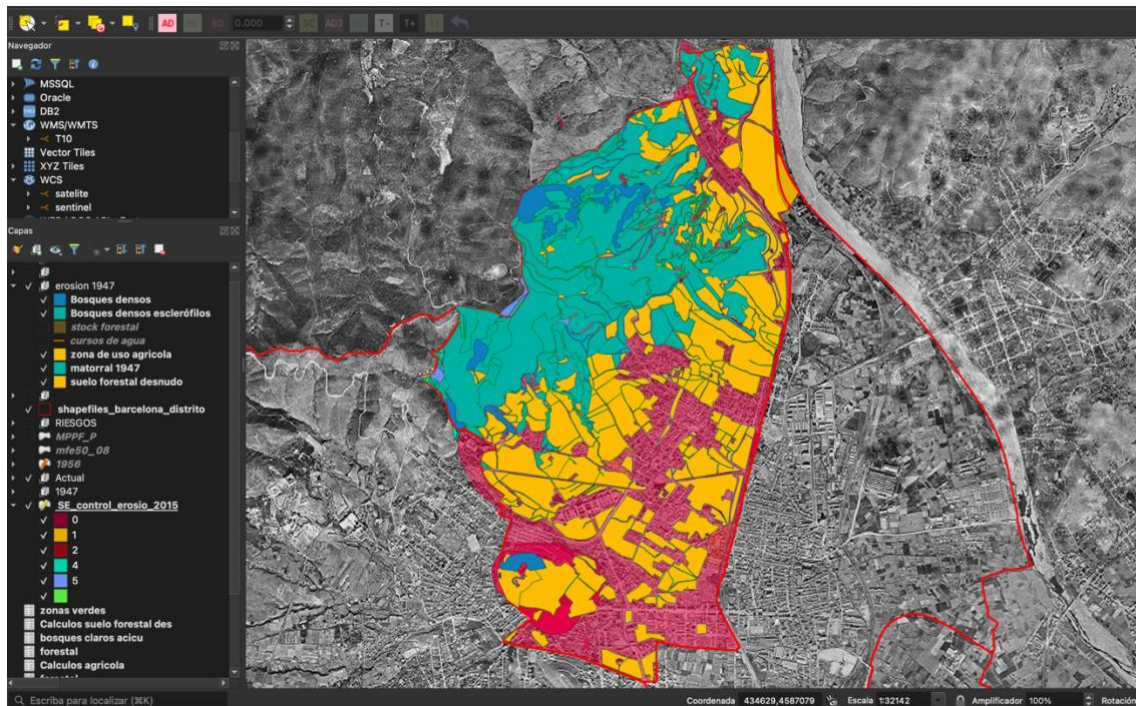
Tabla 19: Clasificación del grado de erosión

Grado de prevención de erosión de acuerdo a cubierta de suelo 2020	
Cobertura de suelo	Grado de control de erosión
Suelo de producción agrícola	1
Matorral	4
Suelo forestal desnudo	1
Prados y Herbáceas	4
Zonas verdes	2
Bosque de ribera	5
Bosques claros acicufolios	4
Bosques esclerófilos	4
Bosques densos	5
Suelo Urbanizado	0

Elaboración: Propia

Datos: Generalitat de Catalunya

Es así que después de aplicar dicha clasificación en las formas correspondientes a los tipos de cobertura en 1947, se obtiene una aproximación al grado de prevención de erosión presente en este periodo.



Captura 19: Capas de zonas control de erosión 1947

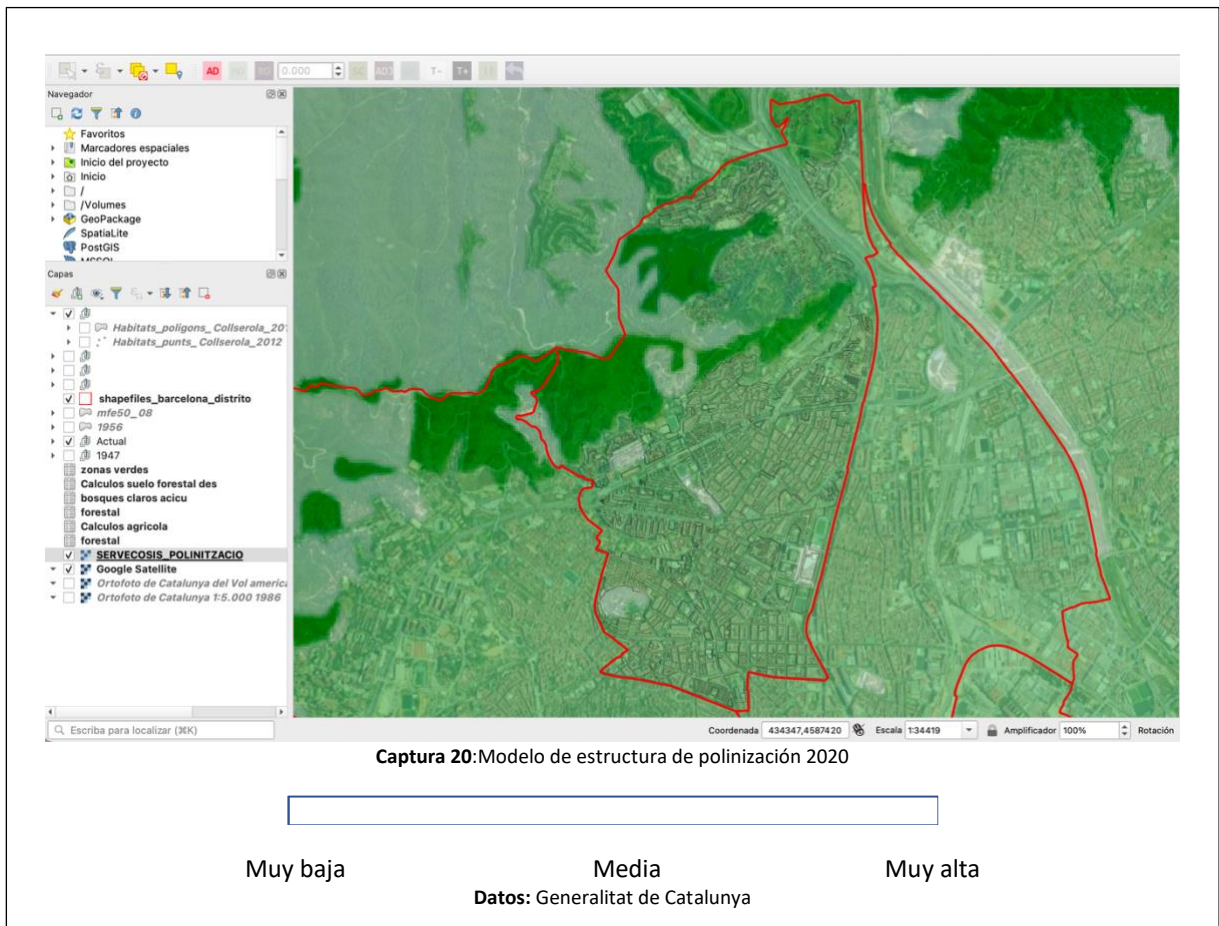
Cabe resaltar que en la clasificación del grado de erosión de acuerdo a las cubiertas, en el caso de las coberturas agrícolas, no hay forma de establecer el tipo de agricultura o forma de cultivo a la que esta clasificación hace referencia, el grado de prevención de erosión en las coberturas de este tipo puede variar de acuerdo al tipo de cultivo o prácticas, siendo la agricultura de carácter industrializado la de menor grado de control de erosión (J. Porta, 2010).

5.7 Polinización

La polinización es clasificada como un servicio ecosistémico debido a su importancia e influencia en los servicios de aprovisionamiento y de soporte de biodiversidad, la polinización se define como el proceso de transferencia de polen de la parte masculina de la flor (antera) a la parte femenina de la flor (estigma), que es mediado por vectores bióticos (zoopolinización) y abióticos siendo esencial para la reproducción de plantas y sustento de la cadena alimentaria (FAO, 2016).

Para la medición de este servicio en el caso de Barcelona, la Generalitat de Catalunya utiliza un índice desarrollado a partir de los datos de abundancia total de mariposas a lo largo del año (individuos por días) del Catalan Butterfly Monitoring Scheme (CBMS) correspondientes al año 2020.

Con base en esta información, la Generalitat de Catalunya establece una escala de banda de colores para determinar las zonas con mayor presencia de estas especies y por lo tanto son consideradas como áreas con mayor presencia de este servicio.

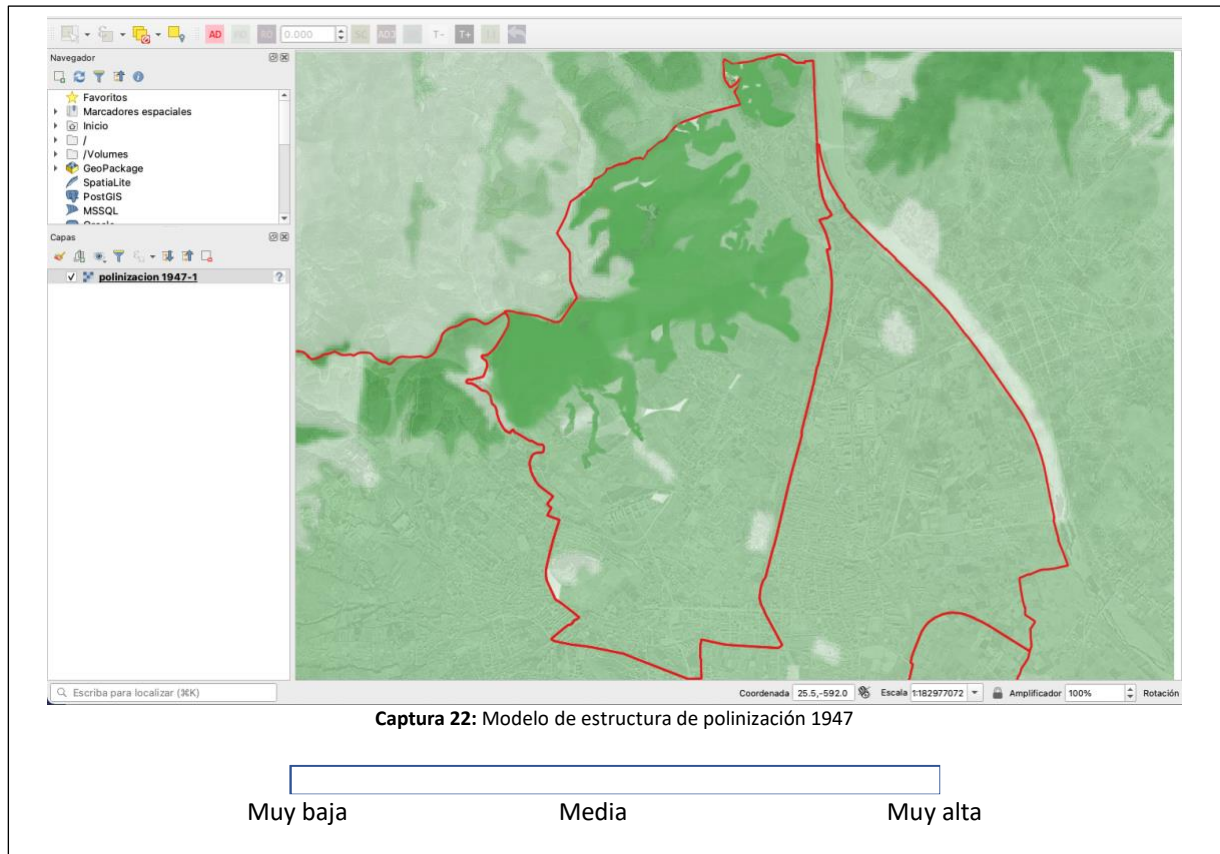


De acuerdo a este modelo las zonas con mayor presencia de especies de mariposas asociadas a la polinización, corresponden a las coberturas de suelo (de mayor a menor): a) matorrales, b) prados y herbáceas, c) bosques claros acicufolios, principalmente en las áreas que se encuentran limitando el área urbanizada.



Captura 21: Capas de cobertura de suelo sobre modelo de estructura de polinización
Datos: Generalitat de Catalunya; Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya

Con respecto a el estado de este servicio en el año analizado correspondiente a 1947, no existen registros oficiales sobre la presencia de especies polinizadoras, los primeros estudios del CBMS datan de 1994, sin embargo, y con el propósito de tener una aproximación a la situación que se presentaba en el territorio durante este periodo, se reconstruirá el modelo tomando como referencia los niveles de polinización presentados sobre las capas de cobertura terrestre actuales a las capas de cobertura correspondientes a 1947.



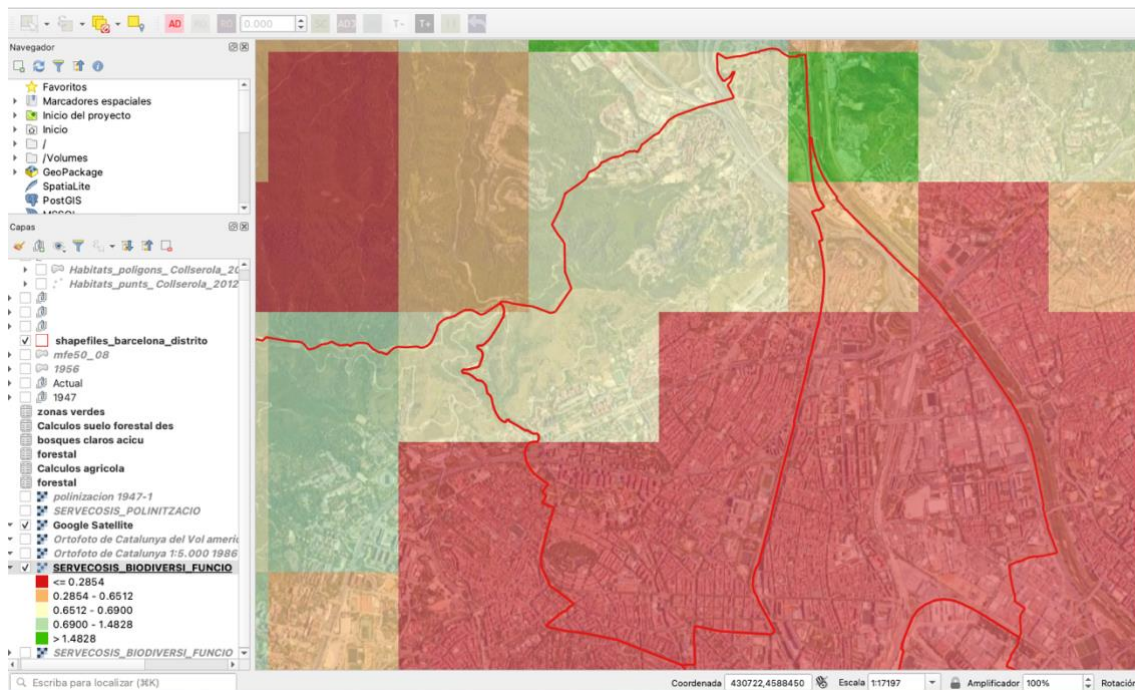
Cabe mencionar que el estado y distribución de las especies polinizadoras no solo depende del tipo de cobertura de suelo presente en el territorio, factores como el uso de pesticidas y presencia de especies depredadoras o invasoras también condicionan su estado (FAO, 2016).

5.7.1 Control biológico

El control biológico es un servicio ecosistémico descrito como el rol que cumplen los depredadores y parásitos para controlar las poblaciones de posibles vectores de plagas y enfermedades, este un servicio que ha tomado especial relevancia en los últimos años debido a que en el campo de la agricultura, es la principal alternativa al uso de pesticidas (FAO, 2016).

La Generalitat de Catalunya al evaluar este servicio se basa en el índice de Shannon-Weaver, el cual mide la biodiversidad simple o específica de manera que solo requiere distinguir una especie de otra y más no establecer las poblaciones de cada una. Para aplicar este índice se divide al área de estudio en teselas o áreas de análisis en las cuales, una vez realizado el sondeo de especies, se le asigna un número positivo cuyo valor inferior o igual a 0 representará el menor grado de biodiversidad o especies encontradas, mientras que los números superiores corresponderán a un mayor número, estos números dependerán de la escala logarítmica que se utilice.

La biodiversidad que este índice recoge es la “biodiversidad funcional” de flora, fauna y hábitats, la biodiversidad funcional consiste en asignar a estos grupos de especies a roles y funciones en el hábitat (Y. Gómez–Ortiz & C. E. Moreno, 2017), este caso el rol corresponde a control biológico.



Captura 23: Teselas correspondientes a índice Shannon-Weaver de biodiversidad funcional
Datos: Generalitat de Catalunya

Establecer este indicador para el territorio de 1947 nuevamente resulta poco factible debido a los factores que influyen en la cantidad de especies que pueden estar presentes en el territorio. A diferencia del indicador de polinización, la relación entre las cubiertas de suelo y biodiversidad no es tan clara, debido en parte también al tamaño de las áreas censadas, por lo que no sería útil emplear la misma metodología para reconstruir dicho índice.

5.8 Servicios de Hábitat o Soporte

Al igual que los demás indicadores de los servicios ecosistémicos, los datos para formar estos indicadores, puntualmente los de índices de biodiversidad, no llegaron a tener una relevancia mundial hasta la década de los años setentas en el marco de las Convenciones internacionales sobre la protección del patrimonio mundial, cultural y natural (1972), la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES 1974) y el Convenio sobre la Diversidad Biológica a principios de los años noventa (IUCN, 2021), por lo tanto su línea de análisis se basará en la tendencia registrada en los diferentes índices.

Para este análisis puntual se tendrán en cuenta dos indicadores, el primero corresponde al número de áreas protegidas en la zona de estudio, mientras que el segundo se centra en el estado de la biodiversidad y por ende en la capacidad del territorio de proveer soporte a esta, para lo cual el estudio se basará en el indicador del estado de la biodiversidad Living Planet Index y en la información de los índices elaborados por la Generalitat de Catalunya y finalmente en el Atlas de Biodiversidad de Barcelona.

5.8.1 Número de áreas protegidas

Como se ha mencionado antes en este trabajo, el territorio de Nou Barris también lo comprende parte del Parque Natural de la Sierra del Collserola, siendo esta la única área protegida que se encuentra en el territorio de análisis.

Durante los primeros años del siglo XX se intensificó el uso de esta área natural con la construcción de obras de redes de servicio, transporte, parques, hoteles, etc. La intervención continuó durante las siguientes décadas hasta su protección en 1976 como parte del Plan General Metropolitano, hasta este hito la Sierra del Collserola, sufrió la presión de la expansión de la zona urbana hacia las zonas agrícolas que limitaban con él (Parc Natural del Collserola, 2021).

Por lo tanto la creación de áreas protegidas o sus antecesores tienen lugar mucho después de la fecha del primer momento de análisis de este trabajo.

5.8.2 Índices de Biodiversidad

Teniendo en cuenta que la fecha de inicio del índice de biodiversidad más antiguo es el año 1970, en este apartado solo se hará referencia a la tendencia del estado de biodiversidad desde ese momento hasta la fecha. También se ha previsto utilizar la información del Atlas de Biodiversidad de Barcelona ya que esta hace referencia a la biodiversidad presente en la zona urbanizada.

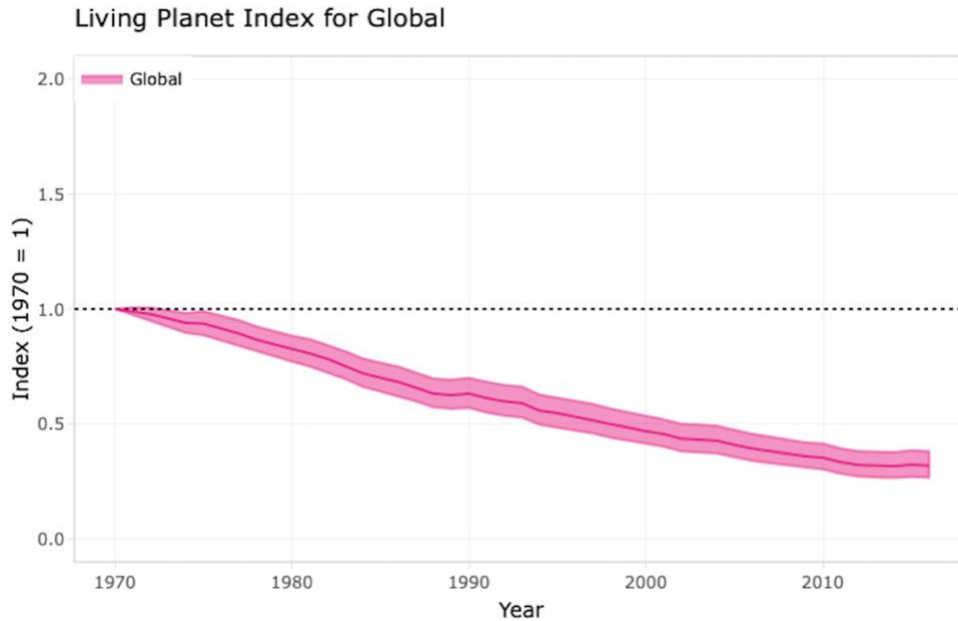


Imagen 8: Living Planet Index

Elaborado por: WWF/ZSL

La línea roja intensa muestra los valores del índice y las áreas sombreadas representan la certeza estadística que rodea la tendencia (95%). El índice representa 20811 poblaciones de 4392 especies. Todos los índices están ponderados por la riqueza de especies, lo que otorga a los grupos taxonómicos ricos en especies en sistemas terrestres, marinos y de agua dulce más peso que a los grupos con menos especies (WWF/ZSL, 2020).

A nivel de Cataluña la serie inicia en el año 2007 y muestra el mismo comportamiento del índice global, estimando una pérdida del 25% en el periodo 2002-2017. En el caso de Cataluña el indicador está compuesto por 4005 especies de animales vertebrados en este periodo. Se muestra el valor poblacional medio anual y el intervalo de confianza del 95%.

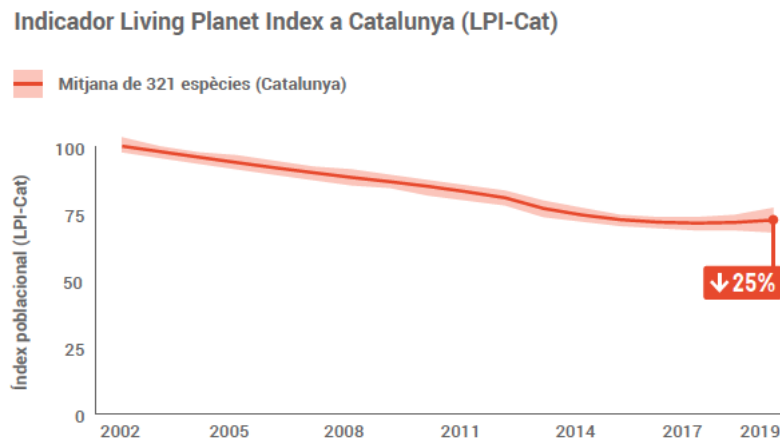
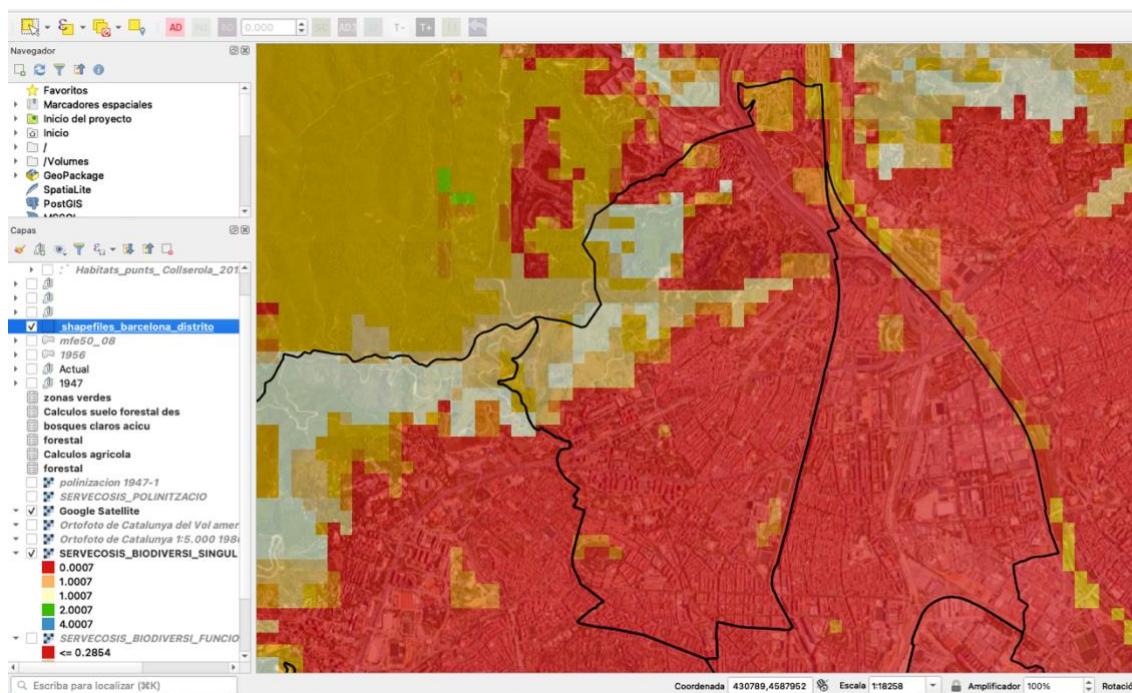


Imagen 9: Planet Index de Catalunya

A nivel del territorio estudiado la Generalitat de Catalunya utiliza ocho índices de valoración de la conservación basados en flora, fauna y hábitat y con base en estos valores estandarizados construye el modelo del estado de la biodiversidad singular (no distingue entre funciones asignadas a los organismos) de acuerdo a una escala del índice de Shannon-Weaver.



Captura 24: índice Shannon-Weaver de biodiversidad singular

Datos: Generalitat de Catalunya

Al analizar las tendencias de los indicadores mostrados, al igual que la información correspondiente a la relación de los hábitats con la diversidad, se podría concluir que para 1947 la biodiversidad que componía el área de estudio correspondería a la que más se beneficia de las coberturas presentes y al existir una mayor extensión de estas su estado sería mejor, sin embargo el predominio de una determinada especie no quiere decir que existiese un mayor número de biodiversidad en su momento por lo que no se podría concluir que la biodiversidad de 1947 en el área del Distrito de Nou Barris tendría una mayor representación en cuanto a la variedad de especies encontradas o en otras palabras un mejor estado.

Por último y con el objetivo de considerar a la biodiversidad presente en el área urbanizada se toman en cuenta los datos del Atlas de Biodiversidad de Barcelona. Este ejercicio tiene como objetivo conocer el número de especies exóticas presentes en el territorio y que también forman parte de la biodiversidad ya que interactúan con los demás servicios ecosistémicos.

Tabla 20: Biodiversidad en zona urbanizada

Variedades de especies en zona urbanizada Nou Barris 2020

Biodiversidad	Categoría	Número de especies	Número de especies que también habitan en Parc Natural de Collserola
Flora	Plantas y árboles	304	27
	Vertebrados	6	5
Fauna	Aves	50	50
	Mariposas	14	14
Índice Shannon-Weaver		2.31	
Posición en índice de biodiversidad con respecto a los otros distritos		5to	

Elaboración: Propia con datos del Atlas de Biodiversidad de Barcelona

Si bien no es posible reconstruir con precisión un indicador de biodiversidad para 1947, también se podría establecer la relación entre el aumento de la población en el área urbanizada que a su vez se transforma en un hábitat para las especies exóticas introducidas por los habitantes o las autóctonas que se adaptan a esta condición. Sin embargo, establecer un indicador de biodiversidad urbana como los presentados en el análisis del territorio, a la fecha de hoy, requieren de muestreos extensos que se nutren gracias al trabajo en campo.

En este caso solo se podría establecer la relación con la cobertura urbana y la biodiversidad asociada a esta, siendo así que a menor ocupación de suelo urbano, menor biodiversidad en esta categoría, por lo tanto situarían al territorio de 1947 por debajo en el índice de biodiversidad en las zonas urbanizadas con respecto al del territorio de hoy.

5.9 Evaluación de los en las coberturas presentes Nou Barris

Como se mencionó anteriormente en este trabajo las diferentes coberturas pueden brindar más de un ES, además de que hay una relación permanente entre casi todos los que pueden ser identificados en el territorio de análisis. La siguiente tabla establece un sistema de puntuación el cual asigna un valor representado por (+), al grado en que las diferentes coberturas del terreno identificadas durante el estudio de los índices, proveen los servicios ecosistémicos analizados, entre mayor sea el grado de cumplimiento obtendrán un (+) adicional pudiendo tener un máximo de tres (+++), mientras que cuando esta cobertura no presente beneficio asociado el espacio correspondiente se marcará con (-).

El objetivo de esta tabla es demostrar que a más los valores identificados en el análisis de los indicadores, los elementos que se encuentran en el territorio cumplen con más de un servicio pero sobretodo tiene la finalidad de demostrar como este proceso de análisis puede establecer los lineamientos hacia la toma de decisiones en el territorio.

Tabla 21: Evaluación del cumplimiento de ES en función de las coberturas**Evaluación de ES en Nou Barris en función de coberturas de suelo identificadas en 1947 - 2020**

Servicio Ecosistémico Cobertura	Aprovisionamiento		Regulación						Hábitat y soporte	Puntuación	
	Producción de alimentos	Producción de biomasa	Almacenamiento de carbono	Captura de Carbono	Control de inundaciones	Control de erosión	Riesgos Incendios	Polinización	Control Biológico		Hábitat y soporte
Suelo de producción agrícola	+++	+	-	+	+++	++	++	+++	++	++	1.9
Matorral	-	++	++	++	+++	++	+	+++	+++	+++	2.1
Suelo forestal desnudo	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	0.4
Prados y Herbáceas	++	+	++	++	+++	++	+	+++	+++	+++	2.2
Zonas verdes	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	1.1
Bosque de ribera	+	+++	+++	+++	++	+++	++	++	++	+++	2.4
Bosques claros acicufolios	+	++	++	++	+	+++	+	+	+	+++	1.7
Bosques esclerófilos	+	++	++	++	+	+++	+	+	+	+++	1.7
Bosques densos	+	+++	+++	+++	+++	+++	+	+	+	+++	2.1
Suelo Urbanizado	-	-	-	-	-	-	+	-	-	++	0.5

Elaboración: Propia

Los valores asignados a las diferentes coberturas de suelo identificadas en Nou Barris fueron asignados de acuerdo a los resultados analizados en los indicadores presentados anteriormente y no representan una guía absoluta puesto que solo se tomaron en consideración los ES del trabajo. La intención de la misma es presentar un ejemplo simple con el cual una vez asignados y ponderados los valores, se pueda observar cual de las diferentes coberturas tiene un mayor número de beneficios ecosistémicos.

6. Conclusiones y propuesta

La aproximación a los indicadores y su interpretación para los dos momentos 1947 y 2020, permite llevar a cabo una serie de conclusiones sobre los principales cambios observados en los servicios ecosistémicos provistos por el Capital Natural del territorio.

De forma general, la mayoría de cambios en el territorio son producto de la expansión de la zona urbanizada o cambios en el uso de suelo, principalmente la transformación del suelo de uso agrícola a suelo urbanizado resultando en las variaciones en los ES que se han podido identificar mediante los índices presentados. Por otra parte, todos los cambios no representan que todo ha sido pérdida de Capital Natural puesto que la delimitación y la creación de zonas o áreas protegidas, han tenido un impacto en el desarrollo o aumento de la cobertura arbórea de mayor densidad pero sobre todo en la conservación de servicios ecosistémicos asociados a estas.

A continuación se presentan las principales conclusiones del estudio elaborado conforme a la clasificación utilizada.

- **Servicios de Aprovisionamiento**

Los servicios de aprovisionamiento de alimentos son los de mayor cambio en el periodo analizado, ya que al momento solo queda un 3.70% del total de zonas categorizadas como zonas de producción agrícola. En la mayor parte de casos esta cobertura ha pasado a ser suelo urbanizado, perdiendo así la capacidad del territorio de proveer productos. Al haber analizado también los rendimientos de producción de kg/ha en estos dos periodos, pone en evidencia el crecimiento exponencial de la producción debido en gran parte a la tecnificación de la agricultura y tecnología, sin embargo la presencia de zonas de cultivo es tan limitada que a pesar de poder conseguir un rendimiento altamente superior al identificado para 1947, la capacidad de proveer servicios de aprovisionamiento de alimentos al día de hoy es mínima pese a que el territorio contaba con la capacidad para hacerlo.

Estos cambios responden también a fenómenos sociales, los cultivos han cambiado su rol con el paso del tiempo, si nos referimos a estos en un entorno de proximidad o urbano, hoy en día tomarían más la definición y rol de “huertos urbanos” cuya finalidad generalmente es de carácter social o cooperativo como el programa de Huertos Urbanos de Barcelona y muchos otros alrededor del mundo. Cabe mencionar también que en el territorio de Nou Barris, pese a esta drástica reducción de zonas de uso agrícola, sigue siendo el distrito con mayor cantidad de suelo destinado a esta actividad.

Otro cambio importante es la cantidad de biomasa forestal, que pese a ser un recurso que no se aprovecha hay un aumento considerable en la misma debido al crecimiento y conservación de áreas de bosques densos que tienen mayor capacidad de producción o en este caso de acumulación de biomasa por su ocupación y Fracción de Cobertura. Si bien hay una disminución del 55% del total del área forestal con respecto al año 1947, el desarrollo y proceso de madurez forestal, en donde los rodales más maduros han permanecido al margen de la intervención humana, evolucionando de forma natural desarrollando características propias (Europarc, 2020), ha dado lugar al aumento de cobertura de bosques densos y de ribera resultando en una mayor acumulación de biomasa.

Este proceso seguirá en aumento conforme el proceso de evolución o “maduración” de los bosques continúe.

- **Servicios de Regulación**

En el primer apartado de análisis de estos servicios se hace referencia a la capacidad del Capital Natural para almacenar y capturar carbono. Conforme a lo expuesto en el anterior punto, la capacidad de almacenamiento de carbono, la cual esta ligada a la biomasa, también ha incrementado incidiendo en la capacidad de captación de carbono y Co₂, es así que los cálculos muestran como el territorio actual acumula aproximadamente un 2.48% más de carbono que en 1947 y en el caso de la captación de Co₂ el aumento es del 4.07%. Nuevamente este factor se relaciona al incremento del área forestal correspondiente a bosques densos y de ribera, y su capacidad de acumular una mayor cantidad de biomasa.

En el caso del servicio de moderación de eventos extremos después de poner a los riesgos en términos de exposición y vulnerabilidad, la proximidad de zonas urbanizadas a las áreas con mayor exposición a incendios e inundaciones ocasiona que exista un evidente aumento en la vulnerabilidad del territorio ante estos fenómenos, por otra parte y con base al registro de eventos, se puede identificar una mayor frecuencia de incendios en la zona, los cuales se pueden incrementar con las sequías y el incremento de áreas forestales, estas dos tendencias presentan un aumento en los últimos años.

Las altas temperaturas son otra consecuencia del cambio climático y se encuentran consideradas como factores de riesgo por la categoría propuesta y utilizada en este estudio (Tabla:15), sin embargo no se analizó a este riesgo debido a que el factor de exposición y por ende vulnerabilidad, está determinado por las condiciones con las que los habitantes del territorio pueden contrarrestar esta, si bien un mayor índice de cobertura arbórea puede aminorar las temperaturas en los espacios abiertos, el riesgo sigue presente dentro de los hogares y establecimientos. Debido a esto y a la falta de información sobre la cobertura arbórea urbana en 1947, no se consideró a esta categoría.

La regulación del ciclo del agua en referencia a la permeabilidad y escorrentía, es uno de los mayores cambios ya que se pasa de un territorio que en su cobertura, en 1947 era un 68.8% permeable a solo un 37.7% en la actualidad, este cambio corresponde exclusivamente al aumento de superficie urbanizada, el menor nivel de escorrentía para ambos casos es proporcionado por las coberturas de matorrales, prados y zonas verdes urbanas en el caso del territorio actual. La menor permeabilidad y mayor escorrentía inciden en riesgo de inundaciones, aumentando la vulnerabilidad a este fenómeno, por lo tanto la configuración de 1947 era menos vulnerable ante este riesgo, por lo tanto el territorio actual debería aplicar estrategias para recuperar la permeabilidad del suelo y disminuir la escorrentía.

En el apartado de erosión, el cambio a suelo urbanizado ha tenido como consecuencia también la disminución de suelos erosionables mientras que los suelos que aún pueden verse afectados por este fenómeno se encuentran en su mayoría dentro del rango de prevención apropiado. En el caso del suelo agrícola la clasificación propuesta no detalla el tipo de agricultura y define a esta con un bajo nivel de protección, si se lleva este análisis a la cobertura de 1947, tendría como resultado un suelo más vulnerable a la erosión, no solo por la mayor extensión de suelos erosionables sino por el tipo de cobertura y actividades de agricultura considerándolas bajo la misma escala propuesta. Sin embargo, las practicas de agricultura más tradicionales proporcionan un mejor control de la erosión y escorrentía por lo cual se podría equiparar su grado de prevención con el de los prados y matorrales para el caso de 1947.

- **Polinización, control biológico y Servicios de Hábitat y Soporte**

En vista de la relación que existe entre estos servicios y las dificultades para realizar una aproximación más exacta al estado de la biodiversidad, bajo el mismo principio de correlación y con base en las estadísticas de biodiversidad, se puede concluir que la distribución de especies asociadas al tipo de cobertura o hábitats existentes en el territorio ha variado de la misma forma en que las coberturas, pudiendo establecer que los servicios de control biológico y de polinización tenían una mayor importancia para el territorio por la actividad agrícola llevada a cabo 1947, que por su trascendencia, aportaban y se beneficiaban de la distribución y presencia de las especies asociadas a la practica de agricultura tradicional. Sin embargo no es posible determinar si existía una mayor variedad de especies o de biodiversidad como tal por la falta de información, ya que como se menciona en el apartado de los

Servicios de Hábitat y Soporte una mayor cantidad de individuos asociados a las cubiertas de suelo no siempre equivale a una mayor variedad de especies.

Por el contrario, en el territorio actual, que pese a contar con un área protegida, la presión de la zona urbana y los cambios en las coberturas de suelo han afectado drásticamente a las especies asociadas a estas, esta tendencia podría variar conforme el avance de la implementación de las estrategias del Plan Verde de Barcelona 2020 que plantea la creación de hábitats en el espacio urbano y el proceso de regeneración natural del Collserola.

Otro fenómeno observado es la poca relación que hay entre la biodiversidad vegetal encontrada en la zona urbanizada y la del área natural demostrando la ruptura de la corredores biológicos para las especies que dependen de estos y en el caso de los vertebrados, algunas de las especies exóticas al lugar pueden desplazar o afectar a la fauna local.

Como se mencionó en el punto 5.9 sobre la evaluación de los Servicios Ecosistémicos en Nou Barris, el conocer el grado de interacción o de cumplimiento de varios servicios por parte de una o más de las coberturas presentes es importante para la toma de decisiones, en este caso en la siguiente tabla se ha considerado una escala para establecer el grado de cumplimiento de dicho servicio por parte de las coberturas presentes en los dos momentos del estudio con base a la información suministrada en los indicadores, finalmente al igual que en la Tabla 21, los valores se ponderarán para permitir la comparación entre los dos escenarios, este ejercicio a su vez permitirá evaluar la ruta a seguir para las intervenciones que se realizarán a futuro en el territorio.

Tabla 22: Valoración de ES por cobertura

Valoración de ES por cobertura en periodos analizados			
Cobertura	Año	1947	2020
Suelo de producción agrícola		3.1	0.9
Matorral		3.4	1.8
Suelo forestal desnudo		0.1	0
Prados y Herbáceas		2.7	1.2
Zonas verdes		0	1.2
Bosque de ribera		0	1.9
Bosques claros acicufolios		1.7	1.5
Bosques esclerófilos		3.1	1.6
Bosques densos		2.8	2.5
Suelo Urbanizado		0.5	1.1

Elaboración: Propia

Para la evaluación en cada uno de las coberturas y su grado de cumplimiento en los diferentes servicios se utilizó una escala del 0 a 5 en la que **(0)** representa *nulo*, **(1)** *muy bajo*, **(2)** *bajo*, **(3)** *medio*, **(4)** *alto*, **(5)** *muy alto*. En el caso de los valores correspondientes a riesgo de incendios forestales debido a que el indicador mide el grado de riesgo ante estos eventos, el valor en la escala será considerado negativo al momento de calcular los resultados.

1947	Grado de interacción o cumplimiento de los ES										
Servicio ecosistémico	Aprovisionamiento		Regulación							Hábitat y soporte	
Cobertura	Producción de alimentos	Producción de biomasa	Almacenamiento de carbono	Captura de Carbono	Control de inundaciones	Control de erosión	Riesgos Incendios	Polinización	Control Biológico	Hábitat y soporte	Promedio
Suelo de producción agrícola	5	5	0	0	5	4	-2	5	5	4	3.1
Matorral	1	4	4	3	5	4	-1	5	5	4	3.4
Suelo forestal desnudo	0	0	0	0	2	0	-2	0	0	1	0.1
Prados y Herbáceas	1	1	2	2	5	3	-1	5	5	4	2.7
Zonas verdes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bosque de ribera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bosques claros acicufolios	1	2	2	1	3	4	-1	1	2	2	1.7
Bosques esclerófilos	3	5	5	5	4	5	-1	1	2	2	3.1
Bosques densos	5	4	3	4	3	4	-1	1	2	3	2.8
Suelo Urbanizado	0	0	0	0	0	0	2	1	0	2	0.5
2020	Grado de interacción o cumplimiento de los ES										
Servicio ecosistémico	Aprovisionamiento		Regulación							Hábitat y soporte	
Cobertura	Producción de alimentos	Producción de biomasa	Almacenamiento de carbono	Captura de Carbono	Control de inundaciones	Control de erosión	Riesgos Incendios	Polinización	Control Biológico	Hábitat y soporte	Promedio
Suelo de producción agrícola	2	1	0	0	1	1	-1	2	2	1	0.9
Matorral	0	3	3	3	3	3	-5	2	2	4	1.8
Suelo forestal desnudo	0	0	0	1	1	0	-3	0	0	1	0
Prados y Herbáceas	1	1	2	0	3	2	-5	2	3	3	1.2
Zonas verdes	1	1	1	1	3	2	-1	0	2	2	1.2
Bosque de ribera	1	1	1	1	3	4	3	0	1	4	1.9
Bosques claros acicufolios	1	3	2	1	3	4	-5	1	1	4	1.5
Bosques esclerófilos	1	3	2	2	3	4	-5	1	1	4	1.6
Bosques densos	1	5	5	5	3	5	-5	1	1	4	2.5
Suelo Urbanizado	1	0	0	0	0	0	-5	1	1	3	1.1

Tabla 23: Puntuación de cumplimiento de ES por cobertura

Antes de evaluar, es importante reconocer que la decisión de intervención no debería basarse exclusivamente en perseguir la solución que cumpla con más servicios, ya que el Capital Natural se forma gracias a toda la interacción entre los diferentes elementos que lo conforman y que dependen unos de otros, pero si propone una hoja de ruta conociendo las cualidades y necesidades del territorio, tal y como McHarg (1920-2001) describió en su obra al plantear el diseño a partir de la naturaleza y de los recursos del territorio con una metodología que va mucho más allá del ejemplo presentado.

En el presente trabajo el estudio fue también de carácter temporal, ya que el análisis del pasado no muy lejano del territorio, ayudó a conocer de mejor manera el Capital Natural y la capacidad que este tenía de proveer servicios que hoy se requieren recuperar o volver a integrar al territorio.

En el caso puntual de Nou Barris existen recursos de Capital Natural y flujos que pueden ser mejor gestionados y aprovechados en las intervenciones que se planifiquen en este espacio, un claro ejemplo es la agricultura, la cual estuvo estrechamente ligada al territorio y que hoy puede ser vista no solo como un servicio de aprovisionamiento sino también como un sistema de control de escorrentía y aprovechamiento de biomasa como tradicionalmente ya lo fue, este es solo uno de los planteamientos que podrían surgir después de estudiar y comparar los ES en los diferentes momentos históricos no solo en Nou Barris sino en otros territorios.

Por lo tanto lo propuesto en este trabajo va hacia conectar el territorio con sus cualidades naturales e históricas, con las que se lograron aprovechar los ES presentes en el territorio y que hoy se buscan, para así obtener el mejor y mayor beneficio posible de cara a los retos de las condiciones actuales y sobre todo a las que cambiarán a consecuencia del cambio climático.

7. Referencias:

- A. Russo, G. T. Cirella. (2021). **Urban Ecosystem Services**. MPDI. Basilea. <https://www.mdpi.com/journal/land>
- CREAF, ICTA, & DIBA. (2016). **SITxell anàlisi territorial**. Recuperado de <http://sitmun.diba.cat/sitmun2/visor.jsp?app=42&ter=1&lang=es>
- C. Raymond, B. Bryan, D. Hatton MacDonald, A. Cast, S. Strathearn, A. Grandgirard, T. Kalivas. (2009). **Mapping community values for natural capital and ecosystem services**. *Ecological Economics*, Volume 68, Issue 5, Pág. 1301-1315. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921800908005326?via%3DiHub>
- de Molina, M. G., Soto, D., Aguilera, E., & Infante, J. (2014). **Crecimiento Agrario en España y Cambios en la Oferta Alimentaria, 1900-1933**. *Historia Social*, 80, 157–183. <http://www.jstor.org/stable/24330755>
- DC Office of Zoning. (2016). *Zoning Handbook* <https://handbook.dcoz.dc.gov/zoning-rules/general-rules/superficie-permeable/>
- E. Doblas-Miranda, P. Rovira, L. Brotons, J. Martínez-Vilalta, J. Retana, M. Pla, J. Vayreda. (2013). **Soil carbon stocks and their variability across the forests, shrublands and grasslands of peninsular Spain**. *Biogeosciences Discuss* 10, 8353–8361. <https://bg.copernicus.org/articles/10/8353/2013/bg-10-8353-2013.pdf>
- FAO. (2014). **BIOENERGÍA Y SEGURIDAD ALIMENTARIA ÉVALUACIÓN RÁPIDA (BEFS RA)**. FAO. <http://www.fao.org/3/bp851s/bp851s.pdf>
- FAO (2012). *Global Forest Resources Assessment 2010*. París . <https://www.fao.org/3/i1757s/i1757s.pdf>
- F. Terán Troyano. (1996). **Evolución del Planeamiento Urbanístico 1846-1996**. Ministerio de Fomento. Ciudad y territorio Estudios Territoriales XXVIII. Pág 107-108. Madrid. <https://oa.upm.es/11491/1/evolucionplaneamiento.pdf>
- Generalitat de Catalunya. **Mapa de Protección Civil**. Acceso: <https://pcivil.icgc.cat/pcivil/v2/index.html#41.44129,2.17463,5z>
- G. Montero, C. López-Leiva, R. Ruiz-Peinado, E. López-Senespleda, R. Onrubia y M. Pasalodos. (2020). **Producción de biomasa y fijación de carbono por los matorrales españoles y por el horizonte orgánico superficial de los suelos forestales**. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/publicaciones/publicaciones-de-desarrollo-rural/librobiomasadigital_tcm30-538563.pdf
- Global Platform for Sustainable Cities (.2020). **Technical Training: Valuating Ecosystem Services by Urban Natural Assets**. Washington DC. <https://www.thegpsc.org/events/technical-training-valuating-ecosystem-services-urban-natural-assets>
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2012). **Informe especial sobre la gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático**. IPCC. https://archive.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/IPCC_SREX_ES_web.pdf
- Instituto de Estadística de Cataluña. (2020). **Producción agrícola por productos. Provincias 2020**. Generalitat de Catalunya. Barcelona <https://www.idescat.cat/pub/?id=aec&n=446&t=2019&lang=es>

- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. (2011). **Evaluación del potencial de energía de la biomasa. Estudio Técnico PER 2011-2020**. IDEA. Madrid.
https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_11227_e14_biomasa_A_8d51bf1c.pdf
- Institut d'Estudis Catalans, Generalitat de Catalunya. (2017). **El cambio climático en Cataluña: Resumen ejecutivo del tercer informe sobre el cambio climático en Cataluña**. Institut d'Estudis Catalans y Generalitat de Catalunya. Barcelona.
http://cads.gencat.cat/web/.content/Documents/Publicacions/tercer-informe-sobre-canvi-climatic-catalunya/Resum_executiu_TICCC/RESUM_EXECUT_TICCC_web_ES.pdf
- Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals (ICTA) Universitat Autònoma de Barcelona-Consorci Parc Natural de la Serra de Collserola. (2014). Recerca al Parc Natural de la Serra de Collserola 1983 – 2013. Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals (ICTA) Universitat Autònoma de Barcelona-Consorci Parc Natural de la Serra de Collserola. Barcelona.
https://www.parcnaturalcollserola.cat/pdfs/recerca/recerca_parc_1987_2013s.pdf
- I, Viana. (2013). **El diluvio universal que devastó Barcelona**. ABC Historia. Madrid
https://www.abc.es/historia/abci-inundaciones-barcelona-valles-201209250000_noticia.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F
- L Abouhamad, M. Rojas, L. Méndez, K. Salazar, A. Salmerón. (2016). **Servicios ecosistémicos de regulación que benefician a la sociedad y su relación con la restauración ecológica**. Biocenosis, Vol. 31 (1-2).
- M. Bringas. (2000). **La Productividad de los Factores en la Agricultura Española (1752-1935)**. Banco de España - Servicio de Estudios Estudios de Historia Económica, no 39 – 2000. Madrid.
<https://repositorio.bde.es/bitstream/123456789/7378/1/roja39.pdf>
- M. Clavero, D. Villero, L Brotons. (2011). **Climate Change or Land Use Dynamics: Do We Know What Climate Change Indicators Indicate?** PLoS ONE 6(4): e18581. Durham.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0018581>
- McHarg, Ian L. 1969. Design with nature. Garden City, N.Y.: American Museum of Natural History, the Natural History Press.
- M.C.W. Brito, F.A.R. Barbosa, P. May, C. Maroun, J. Renshaw, L.E. Sánchez, Y. Kakabadse. (2021). **Source-to-sea and landscape approaches**. IUCN. Gland.
<http://environment.umn.edu/discovery/natural-capital-project/cities-we-want-to-live-in-natural-capital-researchers-update-prescription-for-urban-nature-based-solutions/>
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (1986). **Apéndice Climatológico**. Publicaciones del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2018). **Encuesta sobre Superficies y Rendimientos Resultados 2018**. Subsecretaría de Agricultura, Pesca y Alimentación Subdirección General de Análisis, Coordinación y Estadística. Madrid.
https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/boletin2018_tcm30-504212.pdf
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2019). **Encuesta sobre Superficies y Rendimientos Resultados 2019**. Subsecretaría de Agricultura, Pesca y Alimentación Subdirección General de Análisis, Coordinación y Estadística. Madrid.
https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/boletin2019_tcm30-536911.pdf

- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2020). **Encuesta sobre Superficies y Rendimientos Resultados 2020**. Subsecretaría de Agricultura, Pesca y Alimentación Subdirección General de Análisis, Coordinación y Estadística. Madrid.
https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/boletin2020_tcm30-564330.pdf
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2020). **Capítulo 6: Estadísticas Forestales**. https://www.mapa.gob.es/estadistica/pags/anuario/2019/METODOLOGIA/m_06.pdf
- Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico de España. (2020). **Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo 2050**. Madrid.
https://unfccc.int/sites/default/files/resource/LTS1_Spain_0.pdf
- Ministerio para la Transición Ecológica. (2019). **Guía para la Estimación de Absorciones de Dióxido de Carbono**. Ministerio para la Transición Ecológica. Madrid. https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guiapa_tcm30-479094.pdf
- Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico de España. (2020). **Productividad Potencial Forestal**. Banco de Datos de la naturaleza.
https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/productividad_potencial_descargas.aspx#prettyPhoto
- Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico de España. (2020). **Visor de Escenarios de Cambio Climático**. http://escenarios.adaptecca.es/#&model=EURO-CORDEX-EQM.average&variable=prspellb1&scenario=rcp45&temporalFilter=year&layers=AREAS&anomaly=RAW_VALUE&ids=10&format=report&period=NEAR_FUTURE
- Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico de España. (2021). **MARCO EFICAZ DE GESTIÓN DEL RIESGO DE CATÁSTROFES EN ESPAÑA**. Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico de España. Madrid.
https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/marcoeficazriesgosespana_tcm30-524627.pdf
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). **Ecosystems And Human Well-Being: Wetlands And Water Synthesis**. World Resources Institute. Washington DC.
https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8735/Ecosystems_human_wellbeing_wetlands_and_water.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- N. Olewiler. (2006) **Environmental sustainability for urban areas: The role of natural capital indicators**. Cities Volume 23, Issue 3.
 Pág. 184-195,
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264275106000278?casa_token=v7eUo1veOVwAAAAA:vearofbPyMLSUBfqnKYFc-wkTcUxeVJHrr1MB5r3cJHALIYWzFf_OrhMyI28oCZgiTqgRYrzQ#bib12
- Observatori del Patrimoni Natural la Biodiversitat. (2020). **Estat de la Natura a Catalunya 2020**. Observatori del Patrimoni Natural la Biodiversitat.
http://mediambient.gencat.cat/ca/05_ambits_dactuacio/patrimoni_natural/sistemes_dinformacio/observatori-del-patrimoni-natural-i-la-biodiversitat/informe-estat-natura-cat2020/
- Porcar Anento, R. (2019). **Mapeo de los servicios ecosistémicos de una ciudad compacta: El caso de Barcelona (Proyecto Final de Máster Oficial)**. UPC, Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports de Barcelona, Departament d'Enginyeria Civil i Ambiental. Recuperado de <http://hdl.handle.net/2117/190036>

Segnestam, L. (2002). *Indicators of Environment and Sustainable Development Theories and Practical Experience*. World Bank. Washington DC.
<http://dnkaroon.com/Portal/channels/FcKUploadedFiles/fa/19/Documents/2020%202020202020.pdf>

TEEB. (2009). *The Economics of Ecosystems and Biodiversity for National and International Policy Makers*. <http://teebweb.org>

Tragsatec. (2007). *Tercer Inventario Forestal Nacional (IFN3)*. Grupo Tragsatec.
https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/documentador_bdcampo_ifn3_tcm30-282240.pdf

UNHABITAT. (2020). *World Cities Report 2020: The Value of Sustainable Urbanization*. Nairobi.
https://unhabitat.org/sites/default/files/2020/10/wcr_2020_report.pdf

World Forum on Natural Capital. (2017). *What is natural capital?*. Edimburgo.
<https://naturalcapitalforum.com/about/>

WWF. (2020). *Living Planet Report 2020. -Bending the curve of biodiversity loss*. Almond, R.E.A., Grooten M. and Petersen, T. (Eds). WWF, Gland. <https://livingplanet.panda.org>

Y. Casadiego, V. López, C. Montenegro, S. Fúquene, D. Guevara-Luna, M. Palomino, Martha. (2019). *Capítulo 7. Moderación de fenómenos extremos, Servicios ecosistémicos: Un enfoque introductorio con experiencias del occidente Colombiano*. Editorial Sello Editorial UNAD 10.22490/9789586516358.07.
https://www.researchgate.net/publication/336180224_Capitulo_7_Moderacion_de_fenomenos_extremos_Servicios_ecosistemicos_Un_enfoque_introductorio_con_experiencias_del_occidente_Colombiano

Mapas vectoriales y metadatos

CREAF, ICTA, & DIBA. (2016). *SITxell anàlisi territorial servicios ecosistémicos*. Recuperado de <http://sitmun.diba.cat/sitmun2/visor.jsp?app=16&ter=1>

Institut Cartògrafic i Geològic de Catalunya. *Cartoteca digital*. Acceso: <https://cartotecadigital.icgc.cat/digital/>

Institut Cartògrafic i Geològic de Catalunya. *Foc al Bosc*. Acceso: <https://visors.icgc.cat/focalbosc/?codifinal=2015080224.07/41.444902/2.149853/0/45>

Institut Cartògrafic i Geològic de Catalunya. *Medi Natural*. Acceso: <https://www.icgc.cat/Administracio-i-empresa/Medi-natural>