

AIGUA CIUTAT I TERRITORI

AGUA, CIUDAD Y TERRITORIO

WATER, CITY AND TERRITORY

Equipo editorial

Joaquín Sabaté
Francesc Peremiquel
Melisa Pesoa
Carolina Fiallo

Editores QRU 13

Carolina Fiallo
Melisa Pesoa

Diseño y producción

Leonardo Giraldo Patiño

Grup de Recerca en Urbanisme

Departament d'Urbanisme i Ordenació del Territori
Universitat Politècnica de Catalunya
Generalitat de Catalunya

Depósito legal: B. 7485-2013
ISSN (edición impresa) 2014-9689
Impreso en: EDUGRAF, Barcelona, 2022



Anita Rodrigues Freire, Regina Maria Proserpi Meyer, Adrián Alvarez Barcial, María Elena Arteaga, Angélica Holguín Alzate, Paola Coderch Canetero, Sérgio Barreiros Proença, Francesca Dal Cin, Cristiana Valente Monteiro, Carlota Gala Licona, María Inês Franco, Juan José Barríos, Pere Manubens Gil, Carme Carcaño Zapata, Madalen Gonzalez Bereziartua.



Esta publicación está bajo licencia de Creative Commons. Usted es libre de copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra bajo las siguientes condiciones:

- Reconocimiento: En cualquier utilización de la obra se deberán reconocer los créditos de la manera especificada por los autores/editores.
- No Comercial: La explotación de la obra se limita a usos no comerciales.
- Sin obras derivadas: No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.

Estas condiciones pueden no ser aplicadas siempre y cuando se obtenga el permiso del titular de los derechos de autor. Por cualquier aviso sobre la utilización de esta obra comuníquese con: joaquin.sabate@upc.edu

QRU no se responsabiliza de los posibles derechos de reproducción de las imágenes pertenecientes a los textos firmados. Éstos, si los hubiera, son responsabilidad de los autores de los textos.

SUMARIO

Editorial · Carolina Fiallo Cardona, Melisa Pesoa Marcilla	5
Processos de ocupações e projetos urbanos em áreas de Varzeas. Experiências da América Latina · Anita Rodrigues Freire, Regina Maria Prospero Meyer.	10
La "El valle bajo". Una vall rural productiva projecte de desenvolupament rural a través dels canals de reg · Adrián Alvarez Barcial	28
El río Jordán como eje espacial de Tunja, Colombia. El paseo universitario · María Elena Arteaga	54
Renaturalización de los ríos urbanos en Bogotá. Nuevos patrones urbanos que reconcilian ciudades y ecosistemas · Angélica Holguín Alzate	76
Ciudad de agua, ciudad anfibia, Ciudad De México: Rescate y renaturalización de los sustratos hídricos · Paola Coderch Canetero	98
Public ground as coastal defence. Imagining the Mediterranean beachfront by the Atlantic · Sérgio Barreiros Proença, Francesca Dal Cin, Cristiana Valente Monteiro, Carlota Gala Licon, Maria Inês Franco	116
Cartografía hídrica-urbana para el análisis de las cuencas hidrográficas. Región hidrológica 36, México · Juan José Barrios	138
L'aigua, estructura de la metròpolis: Restituïció cartogràfica de les traces d'escolament de l'aigua a la metròpolis de Barcelona · Pere Manubens Gil	168
Cloaca a cielo abierto versus parque periurbano · Carme Carcaño Zapata	192
Reseña La ciudad de Donostia-San Sebastián antes de 1813: Reivindicación de su presencia. Madalen Gonzalez Bereziartua	210



EDITORIAL

“El agua es el principio y el fin de todas las cosas”.

Tales de Mileto

Desafíos líquidos

El agua ha sido un factor clave en la localización de las ciudades a lo largo de la historia, ha influido en la disponibilidad de recursos y en la calidad de vida de las personas. Muchas ciudades se han establecido cerca de fuentes de agua, como ríos, lagos o manantiales, para asegurar el abastecimiento de agua para el consumo humano, el riego y otros usos. Además, los ríos han sido utilizados como rutas de transporte para la navegación y el comercio desde la antigüedad. Por ello, las ciudades que se encuentran cerca de ríos importantes o del mar, a menudo se han desarrollado como puertos comerciales y centros de transporte.

Pero el agua también ha influido en las pautas culturales de los habitantes de las ciudades, y ha sido un elemento clave en las prácticas religiosas y espirituales, las festividades y celebraciones, la arquitectura y el diseño urbano, y el patrimonio cultural. En muchas culturas, el agua tiene un valor sagrado y espiritual. Por otra parte, muchas culturas han desarrollado estilos arquitectónicos y un tipo de diseño urbano que refleja su relación con el agua. Esto ha convertido al agua en un elemento clave de su patrimonio cultural.

Dado que la presencia o ausencia de agua determina los patrones de asentamiento de cualquier civilización, es lógico abordar su huella desde el urbanismo, la ordenación del territorio y el paisaje. Asimismo, la actual crisis climática sugiere retos urgentes a ser estudiados y atendidos desde estas disciplinas. La gestión sostenible del agua en la construcción de ciudades y a su vez de territorios presentan desafíos particulares, pero a la vez con un rasgo común: el exceso de dominio.

Los estudios que ponen en relación agua y urbanización evidencian la capacidad de dominio, control, uso –y abuso– que el ser humano le ha otorgado a este recurso limitado. Como menciona Michael Hough, la urbanización crea un nuevo entorno hidrológico, de tal manera que hoy en día es inevitable reconocer que los asentamientos alteran los ciclos y procesos del agua en los territorios.

Seguramente desde este punto de vista, el mayor de los retos sea la integración del agua con ciudad. Históricamente, y debido a la contaminación que mencionamos más arriba, el agua era vista como foco de enfermedades y contagio. Durante mucho tiempo se desarrollaron obras para mejorar el saneamiento de las ciudades que fueron ocultando poco a poco esas “venas azules” que habían alimentado durante siglos nuestras ciudades. El agua fue silenciada y relegada a una posición de mero servicio público. Incluso los frentes costeros no eran considerados interesantes hasta la irrupción del turismo. La misma daba su espalda al mar hasta hace poco más de tres décadas, y de las numerosas rieras que determinaron la geometría del Plan Cerdà, sólo queda un vago recuerdo en algunos nombres de calles, pues han sido enterradas para dar paso a la urbanización.

Pero el agua siempre vuelve a ser el centro de escena. Desde el urbanismo se ha buscado poner en valor el agua como recurso paisajístico mediante proyectos de reforma urbana que, partiendo del saneamiento del curso de agua, proponen nuevas áreas de desarrollo tanto en frentes costeros como en torno a ríos urbanos, que la mayoría de las veces se revalorizan rápidamente, generando tantos efectos positivos para las ciudades como —en numerosas ocasiones— consecuencias negativas sobre el tejido social debido a la gentrificación de estos espacios.

A una escala mayor, el agua pasa a ser definida dentro de una matriz que se reconoce dentro del concepto de infraestructura azul, que se refiere a la integración de espacios acuáticos naturales, como ríos, lagos, humedales, estanques y otros cuerpos de agua en las ciudades y sus entornos. Estos cuerpos de agua proporcionan múltiples beneficios, como la regulación del ciclo hidrológico, la mejora de la calidad del agua, la reducción del riesgo de inundaciones, la creación de hábitats para la fauna acuática, y la promoción de actividades recreativas y turísticas.

El presente número de QRU pretende desarrollar algunos abordajes del agua en nuestras ciudades y territorios. El agua como huella en la ciudad histórica, como instrumento para el proyecto urbano, como recurso cultural, son algunos de los temas que presentamos a continuación.

El primer grupo de artículos se centra en la integración del agua dentro de los diferentes proyectos de ciudad, desde una mirada histórica pero también actual.

La investigación de Anita Rodrigues Freire y Regina Maria Prosperi Meyer realiza un estudio comparativo de tres grandes ciudades latinoamericanas —Santiago de Chile, Medellín y Sao Paulo— para analizar la manera en que se ha incorporado el agua en los procesos de renovación urbana. Las autoras destacan que durante la etapa modernización de estas ciudades los ríos sir-

vieron como lugares para localizar infraestructuras viales y/o ferroviarias, y muchas veces fueron canalizados. Sin embargo, las actuaciones más recientes se enfocan en la integración urbana de los cuerpos de agua dentro del sistema de parques metropolitanos. Las autoras desganan las estrategias y claves de estos proyectos.

Adrián Álvarez Barcial nos introduce en los usos productivos del valle bajo del río Arque, en el pueblo de Capinota, un núcleo de origen incaico en el departamento de Cochabamba, uno de los territorios rurales más importantes de Bolivia. El autor presenta la experiencia desarrollada con un proyecto de cooperación internacional en el que se brinda asistencia técnica al municipio para la reconstrucción del principal canal de riego. A partir de aquí, el estudio se enfoca en el paisaje de los canales de riego. Mediante una elaboración cartográfica propia, construida a caballo entre la experiencia en campo y el GIS, se verifica cómo los canales de riego forman parte intrínseca de la estructura urbana de Capinota. El autor explica el paisaje cultural local desde los modelos de gestión del agua comunitaria, y sus beneficios a nivel económico, social y cultural.

El artículo de María Elena Arteaga discute las posibilidades de los cursos de agua como recursos ecosistémicos a incorporar por parte de las ciudades. Se enfrenta al crecimiento fragmentario de la ciudad de Tunja (Colombia) a partir del estudio del río Jordán en Colombia. El proyecto analizado pone en valor las posibilidades conciliar la ciudad y la naturaleza a partir de la realización del paseo universitario y se discuten las propuestas de diseño urbano del tejido circundante mediante una evaluación cuantitativa y cualitativa. Las propuestas parten de la necesidad de configurar una estructura urbano ambiental a partir del río Jordán, integrar al río en el tejido urbano y dotar al sector de un sistema de equipamientos que permita aumentar el área dotacional y fortalezca las nuevas integraciones y actividades a lo largo de la estructura ambiental de río como paseo.

La investigación de Angélica Holguín Alzate se preocupa por hacer visible las transiciones entre los elementos hídricos y el medio ambiente construido, y lo hace a partir de la siguiente pregunta: ¿cómo conciliar río y ciudad? Dicha pregunta se aborda sobre la base del estudio comparado de casos conocidos tales como: la renovación del Arroyo Cheonggyecheon, en Corea del Sur, el proyecto Parques del Río Medellín, en Colombia y del Chicago Riverwalk, en Estados Unidos. El estudio de casos le permite extraer cinco principios de resiliencia ecológica a partir de los cuales se delinean las actuaciones para el río Fucha en Bogotá, proponiendo soluciones a las problemáticas espaciales desde la relación borde de río-ciudad. Su propuesta en el barrio logístico El Vergel, ilustra la aplicabilidad de los propicios de diseño que analiza en los casos de estudio. Para ello se propone una manzana permeable, la consolidación de un frente residencial, la transformación del espacio del río, la creación de calles compartidas, entre otras propuestas.

En un segundo grupo de artículos, la cartografía como producción de conocimiento nos enseña una serie de instrumentos de análisis, que refuerzan la integración de las ciudades y los territorios con el agua. Estas cartografías tienen en común su preocupación transescalar, que permite elaborar relatos a escalas mayores, como la metropolitana y territorial, para visibilizar el impacto espacial de la gestión del agua.

Paola Coderch Canetero presenta una investigación centrada en las posibilidades de recuperar el pasado lacustre de la ciudad de México. Dado el gran estrés hídrico al cual está sometido el territorio del DF, la autora plantea la necesidad de crear una nueva cultura del agua. Para ello estudia la relación histórica con el agua, indaga en la estructura de la ciudad buscando los sustratos hídricos que perduran; y explora los proyectos relacionados con rescatar su condición anfibia. El resultado de la investigación se manifiesta en una serie de cartografías –hasta ahora inexistentes– que ponen de manifiesto esa relación entre agua y territorio. La serie de planos, a modo de atlas, dan cuenta de la magnitud de un fenómeno que sólo puede entenderse a escala territorial. No obstante, la autora también indaga en una escala más próxima en la que se mapean los proyectos relacionados con el abastecimiento de agua.

El artículo de Sérgio Barreiros Proença, Francesca Dal Cin, Cristiana Valente Monteiro, Carlota Gala Licon y Maria Inês Franco, explora las posibilidades de integración de los espacios de defensa costera y el espacio público, desde una mirada resiliente. En ciudades muy vulnerables al cambio climático, como es el caso de Quarteira en el Algarve (Portugal) es posible trabajar sobre diferentes escenarios futuros para pensar configuraciones que unan la memoria del lugar con un buen diseño del espacio público, generando una adaptación a los cambios que observaremos en los próximos años. Así lo demuestran los trabajos realizados sobre la base del *research by-design* que indagan sobre estas cuestiones en la especificidad de la costa mediterránea del sur de Portugal, sometida en gran medida a la erosión y al consiguiente retroceso de la costa. Su investigación permite enriquecer el debate sobre el futuro de los frentes costeros.

El texto de Juan José Barrios nos propone una metodología para cartografiar la incidencia de la huella hídrica en la consolidación urbana, utilizando como caso de estudio la región hidrológica 36 de México. Su investigación pone en relación la gestión y el uso de los recursos hídricos y las características morfo-tipológicas de los tejidos urbanos construidos mediante unas cartografías inéditas construidas a tal efecto. Su estudio permite especializar las dinámicas de los usos del suelo y su incidencia en el uso del agua, haciendo una especial aproximación a las comunidades urbanas y rurales, y poniendo la atención en las superficies agroproduktivas. El texto presenta el desarrollo detallado de la metodología para construir estas cartografías hídrico-urbanas, que se realizan a cuatro escalas, de la territorial a la local. Finalmente, el estudio le permite generar una metodología para calcular la

huella hídrica de las edificaciones.

Pere Manubens, también ahonda sobre la cuestión de la cartografía del agua, a través de la restitución cartográfica de las trazas del drenaje del agua en Barcelona a escala metropolitana. Su investigación parte del reconocimiento de la red de drenaje histórica hasta llegar a la actualidad en base a dos grandes hipótesis. La primera es que las trazas del ciclo del agua han sido (y siguen siendo) determinantes en la configuración de la forma de la ciudad. La segunda es que su reconocimiento y puesta en valor facilitaría la creación de nuevos vínculos y sinergias entre el sistema urbano y el sistema de espacios abiertos. A lo largo de su investigación, el autor desarrolla una cartografía que puede servir de base para afrontar los nuevos retos de diseño urbanístico de la metrópolis derivados de la gestión sostenible del agua. Esta, pone de manifiesto que proyectar con las lógicas del ciclo del agua –y, por lo tanto, de los ciclos metabólicos de la ciudad–, favorecería el proyecto de una matriz ambiental más sostenible.

Finalmente, Carme Carcaño, revisa el proyecto del parque periurbano creado en el Ríu Ripoll en la ciudad de Sabadell. El tramo medio de este río pasó de ser un espacio en gran medida dominado por los desechos industriales –y de todo tipo–, a ser un parque periurbano de gran importancia en la segunda corona metropolitana, principalmente a partir de una serie de decisiones tomadas a finales de la década de 1990. La autora documenta todo el proceso de transformación del río a través del estudio pormenorizado de planes y proyectos de escala metropolitana y local. La autora elabora cuidadosas cartografías de la relación entre la ciudad y el río y del río como parque cultural, como parque industrial, como parque de huertos, parque de ocio y parque natural. Abordar estos desafíos requiere un enfoque integral y colaborativo, que involucre a múltiples partes interesadas, desde el gobierno local y las organizaciones comunitarias hasta el sector privado y la sociedad civil en general.

Carolina Fiallo Cardona, Melisa Pesoa Marcilla

Grup de Recerca en Urbanisme (GRU)

Departamento de Urbanismo y Ordenación del Territorio (DUOT)

Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

gloria.carolina.fiallo@upc.edu

melisa.pesoa@upc.edu,

PROCESSOS DE OCUPAÇÕES E PROJETOS URBANOS EM ÁREAS DE VÁRZEAS: EXPERIÊNCIAS DA AMÉRICA LATINA

Anita Rodrigues Freire, Regina Maria Prosperi Meyer

Este trabalho aborda o impacto dos processos de ocupação realizados em áreas de várzeas em três cidades latino-americanas: Santiago (Chile); Medellín (Colômbia) e São Paulo (Brasil). A principal questão do estudo comparativo proposto é a ocupação de áreas de várzeas urbanas. A semelhança no processo de ocupação de centros urbanos e a relação destes com seus rios e várzeas, faz com que os estudos de caso elaborados dentro deste recorte, de caráter regional, enriqueçam o debate e apontem caminhos coerentes e factíveis para o desenvolvimento de projetos e planos para as áreas de várzeas urbanas. Este artigo visa contribuir na análise da questão das águas urbanas, que se torna cada vez mais, um elemento a ser incorporado nos processos de ocupação e transformação urbana.

Palavras chave: Várzeas urbanas, América Latina, Projeto urbano, Planejamento urbano.

This research addresses the impact of occupation processes carried out in floodplain areas in three cities: Santiago (Chile); Medellín (Colombia) and São Paulo (Brazil). The main issue of the proposed comparative study is the occupation of urban floodplains. The similarity in the process of occupation of urban centers and their relationship with their rivers and floodplains, makes the case studies elaborated within this cut, of regional character, enrich the debate and point out coherent and feasible paths for the development of projects and plans for urban floodplain areas. This article aims to contribute to the analysis of the issue of urban water, which is increasingly becoming an element to be incorporated into the processes of occupation and urban transformation.

Keywords: Urban floodplains, Latin America, Urban design, Urban planning.

Introdução

Este artigo teve como objetivo comparar os processos de ocupação das áreas de várzeas nas cidades de Santiago (Chile), Medellín (Colômbia), e São Paulo (Brasil), considerando os aspectos comuns aos três casos. O estudo se baseia na análise do processo histórico de ocupação urbana em áreas de várzeas e na análise de planos e projetos contemporâneos elaborados em áreas de várzeas nas três cidades.

Tem-se como hipótese que nas cidades analisadas, o processo histórico de transformação das várzeas ocorreu de modo semelhante e que recentemente houve uma inflexão crítica nas análises e nos projetos e planos propostos para essas áreas, reavaliando a relação das cidades com seus rios e suas várzeas.

O recorte de estudos de caso baseados nas experiências latino-americanas, surgiu da necessidade de se analisar realidades comuns de processos de urbanização, e semelhantes contextos culturais e socioeconômicos. A análise dos projetos propostos nas cidades analisadas em um recorte regional (Waisman, 2013: 89) requer um trabalho de busca de identidades e narrativas, tanto do que há de comum, como no que há de particular em cada um desses territórios, entendendo as especificidades e aprofundando-se na análise de semelhanças e diversidades de cada cidade e de cada momento histórico.

O artigo está estruturado em IV seções. Na primeira, as três cidades analisadas são contextualizadas em suas características atuais e em seu processo de fundação. Na segunda seção é feita a análise do processo histórico de transformação das relações dos rios e suas várzeas nessas três cidades. Na terceira seção são abordadas as recentes mudanças (envolvendo planos e projetos) nestas mesmas relações. E a quarta seção traz as considerações finais da pesquisa.

1. Rios, várzeas e as cidades latino-americanas, uma abordagem regionalista na leitura de projetos e processos urbanos

As semelhanças dos processos de construção e de modernização pelos quais as cidades latino-americanas passaram foram inúmeras. Uma importante característica comum entre elas foi o crescimento urbano exponencial em um curto espaço de tempo, onde parte significativa dessas cidades teve expansão



Fig. 01. Região Metropolitana de Santiago e Rio Mapocho. Fonte: Google Earth, destaque do rio feito pela autora.



Fig. 02. Medellín – Rio Medellín. Fonte: Google Earth, destaque do rio feito pela autora.



Fig. 03. Região metropolitana de São Paulo e os rios Pinheiros (abaixo à esquerda), Tamanduaí (abaixo à direita) e Tietê (acima). Fonte: Google Earth, destaque dos rios feito pela autora.

de seus setores periféricos. O aumento populacional também esteve relacionado ao processo de industrialização pelo qual a maioria dessas cidades passou no pós-guerra, e que também impactou as relações dessas cidades com seus rios. Segundo Ballent (2004), a expansão urbana, nestas cidades, ocorreu nos moldes da autoconstrução, com a formação de palenques, favelas e barreadas, que durante muito tempo foram considerados espaços provisórios.

Os assentamentos populares, em grande parte resultado de invasão, também foram “produto de fortes migrações do campo a cidade, que se intensificaram no pós-guerra, e que ainda hoje marcam o crescimento da maior parte das metrópoles latino-americanas” (Ballent, 2004: 86).

Santiago, a maior cidade do Chile, é circundada pelos Andes e localiza-se no vale central chileno, na bacia hidrográfica do rio Maipo, bacia a qual o rio Mapocho faz parte. O rio corta a região norte da cidade, como pode ser visto na Figura 01. A população de Santiago e das comunas ao longo do rio Mapocho, que integram a Região Metropolitana de Santiago é de cerca de 7 milhões de habitantes.

Medellín é a segunda maior cidade da Colômbia, localiza-se no Vale do Aburrá (em sua bacia hidrográfica). A cidade de Medellín se desenvolveu ao longo do vale do rio, como pode ser visto na Figura 02. A população da Região Metropolitana de Medellín soma cerca de 4 milhões de habitantes.

São Paulo é a cidade mais populosa do Brasil, localizada no planalto paulistano, na bacia hidrográfica do alto Tietê. A cidade teve origem às margens do rio Tamanduateí, e se expandiu para além das várzeas dos rios Tietê e Pinheiros, conurbando-se com outros municípios e incorporando completamente em sua malha urbana os rios Tamanduateí e Pinheiros e parte do Rio Tietê, como pode ser visto na Figura 03. A Região Metropolitana de São Paulo possui cerca de 22 milhões de habitantes,

1.1. Rios, várzeas e a fundação de cidades latino-americanas

No território colonial latino-americano, a fundação de diversas cidades está relacionada à proximidade dos núcleos urbanos iniciais a eixos hidrográficos. Essa associação teve origem no domínio sobre os caminhos, onde o transporte fluvial foi considerado o principal instrumento de colonização (Freire, 2018: 31). Os caminhos sobre os rios eram utilizados sobretudo para exploração de novas zonas mineradoras e transporte de produtos de circulação interna (comércio local de subsistência) e de circulação externa (produção extrativistas da colônia) que escoavam para as metrópoles. Diversas redes de cidades foram fundadas ao longo de bacias hidrográficas, como, por exemplo, a bacia do Prata, como se observa na Figura 04.

O caminho pelos rios era propício, não só por possibilitar a ligação essencial entre litoral e interior, mas também por permitir a comunicação interna entre os núcleos urbanos mais próximos, que eram acessíveis por água. Em diversas representações cartográficas pode-se observar como rios e bacias constituíam as principais vias de acesso ao interior do território colonial latino americano (Freire, 2018: 32).

A proximidade com a água foi fator preponderante para escolha do território a ser fundado e fortalecido, já que a água permitia o acesso, a comunicação, o transporte, a defesa contra possíveis ataques, o abastecimento e alimento para subsistência.. Como exemplo, na Figura 05, representação gráfica de 1766, fica evidente tanto a importância dos rios na compreensão do território colonial, como a estratégica localização da cidade e São Paulo na articulação do território.

2. Santiago, Medellín, São Paulo: transformações nas relações entre as cidades e seus rios

As três cidades escolhidas para esta análise foram fundadas às margens de rios: São Paulo foi fundada em 1554, na colina conformada pelas várzeas do rio Tamanduaté e Anhangabaú; Santiago foi fundada em 1541, entre dois braços do rio Mapocho; e Medellín foi fundada em 1675 no Vale de Aburrá, às margens do rio Medellín.

Do período de fundação até aproximadamente metade do século XIX, essas cidades mantiveram uma estreita relação com seus rios: as várzeas não só conformavam a paisagem urbana como também garantiam a subsistência desses núcleos urbanos. As atividades realizadas nas várzeas eram fonte de renda, não apenas para os habitantes ribeirinhos, mas para a cidade como um todo. Na cidade de São Paulo, Seabra (1987: 78), aponta que existiu “pela várzea do Tietê e pela várzea do Pinheiros, um modo de vida em que persistiu por muito tempo uma mistura de rural e de urbano, fundado na exploração econômica das várzeas”. Na cidade de Medellín o rio também era visto como uma importante fonte de renda para seus habitantes: “Os ribeirinhos viam no rio um lugar de sustento para o trabalho diário. Dada a falta de emprego, muitas dessas pessoas trabalhavam para extrair materiais de construção civil para depois serem vendidos” (Hernandez, 2012: 265).

Com o crescimento urbano, rios e várzeas começaram a ser vistos como um estorvo na cidade. Segundo Seabra (1987: 65), em São Paulo, as várzeas como recurso natural contradiziam as várzeas como espaço urbano e suas terras viriam a ser objetos de disputa, colocando em risco diversos outros usos dos rios e suas várzeas. Em Santiago, as mudanças advindas de reformas urbanas iriam modificar completamente a relação da cidade com o rio Mapocho. Segundo Castillo (2009: 46), tais mudanças marcaram uma ruptura na forma de se compreender a cidade, e na representação da modernidade e como ela se materializou no espaço urbano.

As reformas urbanas, implantadas entre a segunda metade do século XIX e na primeira metade do século XX, foram um ponto em comum no processo de urbanização dessas três cidades. Diversas políticas de urbanização desse período visavam a diminuição de doenças ocasionadas por problemas de

saneamento, mas também serviram para remoção da população indesejada de centros urbanos e para o embelezamento das cidades nos moldes europeus. Esse período foi marcado pelo *higienismo*: o termo surgiu no final do século XIX, com o avanço tecnológico e científico implementado por um pensamento científico, baseado em princípios de saúde pública, conduzidos por sanitaristas que buscavam enfrentar os surtos epidêmicos. O higienismo acompanhou de forma decisiva o estabelecimento de novos preceitos às propostas e projetos de reformas urbanas. O termo passou a designar posteriormente formas indiretas e discriminatórias de eliminar grupos sociais de áreas em processo de valorização fundiária.

Segundo Castillo (2009: 47) em Santiago, a população de baixa renda foi identificada como a principal transmissora de epidemias, por meio dos *miasmas*: “Assim, os médicos surgiram como novos atores políticos, com um discurso urbano-preventivo que se enquadrou nas propostas reformistas de Santiago” (Castillo, 2009: 47). No caso de Medellín, a população ribeirinha era vista como um empecilho ao desenvolvimento urbano: “porque não só viviam em locais perigosos que ameaçavam as suas vidas, mas também atrasavam o andamento da cidade porque habitavam terras que iriam ser intervencionadas” (Hernandez, 2012: 265). As reformas propostas promoveram uma higienização urbana, na medida que expulsavam as populações inicialmente residentes das áreas de várzea, e também ambiental, na medida em propunham a retificação e canalização de rios e córregos, a pavimentação de ruas, e novas avenidas, buscando afastar qualquer vínculo da cidade com o meio rural, e com qualquer resquício do período colonial.

O processo de retificação e canalização dos rios também ocorreu de modo muito semelhante nas áreas de várzeas dessas três cidades. Em Santiago, a principal canalização do rio Mapocho teve início em 1872 e foi até 1892, com a canalização de outros trechos se estendendo ao longo do tempo (Castillo, 2009: 48). Em São Paulo, o primeiro rio a ser canalizado foi o Anhangabaú, em 1893. A canalização do rio Tamanduateí ocorreu de 1849 a 1916. O rio Pinheiros foi canalizado de 1927 a 1960; e o rio Tietê, de 1937 até os anos 60 (Freire, 2018: 72). Em Medellín, a canalização teve início em 1944, se estendendo até 1956 (Hernandez, 2012: 243).

A intenção modernizadora das reformas urbanas se fez presente em narrativas e discursos políticos do período, que baseavam suas justificativas na necessidade de canalização e retificação dos rios. Em Santiago, “tanto a torrente do rio quanto aqueles ribeirinhos foram percebidos como obstáculos ao que se considerava a imagem de uma cidade moderna” (Castillo, 2009: 47). Sobre as reformas implementadas no período alinhadas ao discurso político modernizador: “É preciso lembrar que, desde 1850, surgiram novas formas de entender Santiago, baseadas tanto nas mudanças internas, quanto nas transferências urbanas entre a Europa, os Estados Unidos e a América Latina. A

migração campo-cidade impactou tanto em sua extensão e fisionomia quanto nas relações e práticas sociais nela ocorridas. (...) Também a inauguração de obras públicas monumentais, como a transformação do morro rochoso de Santa Lucía em espaço público. O domínio da natureza representado na transformação de Santa Lucía teve seu correlato hídrico: o interesse em canalizar o Mapocho” (Castillo, 2009: 46-47).

No caso de Medellín: “a questão da intervenção no rio tornou-se vital para a população que, liderada pela SMP [Sociedade de Melhorias Públicas], queria Medellín no auge das grandes cidades modernas” (Hernandez, 2012: 260). Em São Paulo, no final do século XIX, as autoridades não tinham a menor dúvida sobre a necessidade de se intervir nos cursos d’água paulistanos. A engenharia sanitária foi fundamental no processo de transformação urbana da cidade, sendo incorporada ao discurso político ao longo de diversas gestões: “o tema era recorrente nos documentos oficiais, como indica, entre outros, o relatório de 1887, apresentado à Assembleia Legislativa pelo presidente da província” (Janes, 2012: 110).

A domesticação dos rios urbanos está associada à teoria urbana importada das metrópoles, a qual assevera o domínio do homem sobre a natureza, por meio da ciência e técnica, como aponta Castro-Gómez (2005: 3): “De fato, a natureza é apresentada por Bacon como o grande “adversário” do homem, como o inimigo que tem de ser vencido para domesticar as contingências da vida e estabelecer o *Regnum hominis* na terra (Bacon, 1984: 129, apud Castro-Gómez, 2005: 3). É a melhor tática para ganhar esta guerra é conhecer o interior do inimigo, perscrutar seus segredos mais íntimos, para depois, com suas próprias armas, submetê-lo à vontade humana. O papel da razão científico-técnica é precisamente acessar os segredos mais ocultos e remotos da natureza, com o intuito de obrigá-la a obedecer a nossos imperativos de controle”.

Diversas cidades latino-americanas têm suas produções e reflexões sobre as cidades aderentes a essa proposta moderna, que aponta para o domínio da natureza pela técnica e o controle de processos naturais. O ideal urbano da época visava não só o domínio da natureza, mas também afastar qualquer vínculo com o meio rural e com a ideia daquilo que consideravam atrasado. Em busca deste ideal, diversos projetos, que ponderavam melhor sobre questões ambientais urbanas, foram abandonados por propostas vinculadas à ideia de progresso. Primeiramente, com a tentativa de controle dos processos hidrológicos (canalização e retificação) e, posteriormente, com a utilização das várzeas para instalação do sistema viário.

Em São Paulo, o plano proposto pelo engenheiro Saturnino de Brito para canalização e urbanização do rio Tietê, elaborado na década de 30 e que previa extenso parque as margens do rio, foi arquivado e substituído 20 anos

depois pelo projeto rodoviário de Prestes Maia. Em Medellín, em 1944, foi proposta a criação de um Parque Nacional ao longo do rio, que logo depois foi vetado para que os recursos fossem investidos na construção das avenidas paralelas ao rio (Hernandez, 2012: 261). Nessa cidade, consolidou-se o discurso de que era necessária a construção de avenidas marginais, o que levou à sua priorização, e, finalmente, à consolidação das avenidas expressas que ligavam o norte ao sul da cidade. Hernandez (2012: 248), aponta que: “entre esses tipos de discurso estava a ideia de progresso, o pensamento de que a cidade exigia grandes avenidas adjacentes ao rio” (Hernandez, 2012: 259). Em Santiago, nos dois lados do rio Mapocho foram implantadas rodovias expressas de alta capacidade, que conectavam a área industrial aos subúrbios e ao novo polo de desenvolvimento no bairro de Providência.

A partir da segunda metade do século XX, o modelo de desenvolvimento urbano adotado por diversas cidades latino-americanas passou a ser o norte americano, que privilegiava o sistema modal rodoviário. Em diversos países latino-americanos, é possível identificar um período desenvolvimentista, marcado por ambiguidades e contradições, com a existência de um estado que se pretendia moderno, convivendo com forças arcaicas, e marcado por enormes desigualdades sociais (Ballent, 2004). Acreditava-se que a chave da solução dos problemas das cidades latino-americanas seria o desenvolvimento do território baseado na modernização tecnológica, na industrialização e na infraestrutura provida pelo poder público (Ballent, 2004: 88). Ironicamente, a infraestrutura de transporte adotada, a rodoviária, ao invés de prever e organizar o crescimento urbano, possibilitou o seu contrário: uma urbanização espraiada que precede a instalação das infraestruturas urbanas básicas.

A escolha do modal viário, em detrimento dos outros sistemas de transportes, transformou completamente a relação das cidades com seus rios, apartando-os do cotidiano de suas relações. Ao processo de canalização dos rios, aliou-se a implantação de avenidas marginais expressas, que romperam de vez qualquer possibilidade afetiva das cidades com seus rios (Freire, 2018). Em São Paulo, a canalização dos rios Pinheiros e Tietê consolidou o sistema de vias expressas, que simbolizou o ápice da modernização da cidade. Em Medellín, a associação das avenidas expressas ao rio determinou uma nova realidade na cidade: “Durante anos buscando aumentar a produtividade e promover o crescimento industrial, a cidade esqueceu a importância do espaço público e deu prioridade à construção de uma rede viária que apoia a industrialização. A existência de grande eixo de mobilidade, paralelo ao rio, significou uma ruptura drástica entre os dois lados do vale” (Cabezas, 2014).

3. Rios e várzeas urbanos: mudanças de paradigma

O processo de transformação das relações dos rios e das cidades analisadas, passou da visão sanitária, que priorizava a canalização e retificação no início

do século XX, para uma visão rodoviarista, onde os leitos dos rios cederam espaços ao sistema viário, na metade deste mesmo século.

No início do século XXI, a questão das águas urbanas passa a ser reavaliada, e a recuperação ambiental do meio urbano é pauta dos novos processos de transformação urbana. O debate das questões ambientais tornou-se imprescindível à discussão do uso e ocupação das áreas de várzeas. A importância ambiental das várzeas passa, necessariamente, pela discussão da sua potencialidade como infraestrutura verde, já que as várzeas são sistemas naturais de corredores ecológicos com função hidrológica extremamente importante. O uso múltiplo das águas também é objeto de debate, considerando que, ao longo de todo o século XX, os rios tiveram seus usos extremamente limitados a funções específicas, como drenagem e difusão de efluentes, sendo apartados de outras funções não menos importantes, como: abastecimento, transporte, lazer, contemplação, entre outras.

Nas cidades analisadas neste estudo, alguns projetos têm sido implementados recentemente, propondo novamente uma inflexão na relação dos rios e suas várzeas com a cidade. Sobre as mudanças em curso nos últimos anos: “a maneira de se perceberem os cursos de água nas cidades vem sendo modificada, tendo se tornado claro que a sua canalização não resolve, integralmente, as ameaças de inundação, assim como não freia sua contaminação. Ao contrário, passou-se a associar esse tipo de prática à degradação de suas funções ecossistêmicas, além da sua perda como elemento paisagístico” (Baptista; Cardoso, 2013: 136). Baptista e Cardoso (2013:136) afirmam ainda que: “a tendência atual, em escala mundial, aponta para a atribuição às águas urbanas de um papel crescente na sociedade, com o desempenho de funções que extrapolam aquelas unicamente utilitaristas originalmente consideradas, dando lugar a uma perspectiva mais abrangente de usos múltiplos e integrados”.

3.1. Experiências em Santiago

Nas últimas duas décadas, tiveram início diversas iniciativas de transformações ao longo do rio Mapocho. A proposta de criação de um parque fluvial com o objetivo de recuperar as margens do rio é de 2001, e parte da ideia da construção de eclusas controláveis ao longo de 34 km do rio, gerando diversos polos de desenvolvimento ao longo do seu percurso, levando em consideração a possibilidade de se ter um rio navegável (Boza, 2016) .

Segundo o Plano Regulador Intercomunitário de Santiago, o Parque Metropolitano do Rio Mapocho, é definido como uma área verde de uso público de caráter metropolitano, formado pelas bacias hidrográficas de diversas comunas da região metropolitana de Santiago (Georgoulías; Arrasate; Barriga, 2019: 7). A proposta inclui a conexão de parques, propostos e existentes, conectados pelo rio: “O rio Mapocho percorre cerca de 97 km, desde o sopé da

cordilheira dos Andes até o encontro com o rio Maipo, abrigando comunas da Região Metropolitana de Santiago. Estas comunas representam, na sua projeção para 2020, uma população de mais de 3 milhões de habitantes. O rio surge como fronteira comunal e é um elemento estruturante da paisagem metropolitana. Nos últimos anos, houve a conscientização sobre a oportunidade e a necessidade de reintegrar o Rio Mapocho à cidade” (Georgoulas; Arrasate; Barriga, 2019: 9).

Outra grande transformação na várzea do rio Mapocho foi o túnel expresso na região central, inaugurado em 2005 transpôs para o subterrâneo o trecho central da Ruta Costanera Norte, que acompanha o Mapocho, fazendo a ligação Leste-Oeste da cidade. Foram enterrados quatro quilômetros de vias expressas, que margeavam o rio nas áreas centrais da cidade, permitindo maior aproximação do rio com a cidade. Além dos sistemas de túneis, foram propostas novas rodovias que circundam a cidade de Santiago, formando um anel viário para desafogar as avenidas expressas centrais (Peixoto, 2017).

Entre outras iniciativas importantes está o projeto de infraestrutura sanitária Mapocho Urbano Limpo, com o objetivo de melhorar a qualidade da água, a infraestrutura já interceptou 21 pontos de descarga de esgoto, que antes eram despejadas diretamente na área urbana do rio Mapocho, melhorando significativamente a qualidade da água (Georgoulas; Arrasate; Barriga, 2019: 9).

Um dos projetos referenciais que integram o Parque Metropolitano Rio Mapocho é o Parque da Família, inaugurado em 2015, de autoria do escritório Boza arquitetos. O parque faz parte das obras que integram o Programa Legado do Bicentenário em comemoração aos 200 anos da independência do Chile (Figura 06).



Fig. 06. Parque da Família: Planta e vista aérea. Fonte: Georgoulas; Arrasate; Barriga, (2019: 46).

O objetivo do parque é valorizar as margens do rio Mapocho e reabilitar uma zona industrial degradada. O parque configura-se como uma extensão

do Parque de Los Reyes, e também se articula com o eixo cultural de Matucana. O parque conta com instalações esportivas, lúdicas e espaços culturais e uma lagoa com água do rio Mapocho, que serve para irrigação e também funciona como espaço de lazer, garantindo a integração do rio com o tecido urbano. O projeto foi elaborado com a participação da comunidade local, e entre as diretrizes do projeto está a integração com sistemas de mobilidade e com o transporte público. O projeto contempla novas paradas de ônibus e integração com o sistema de transporte ativo, incorpora também a ciclovia Mapocho 42K em seu território (Georgoulías; Arrasate; Barriga, 2019: 2).

3.2 Experiências em Medellín

As transformações nos rios e nas várzeas do rio Medellín derivam do projeto Parques do Rio Medellín, que tem por objetivo integrar a cidade com o rio, por meio de intervenções em áreas de propriedade pública existentes ao longo do rio (Cabezas, 2014).

O *Plano Piloto Parques do rio Medellín* contempla uma área de 150.000 m², e é dividido em setores, o Setor Médio, que pode ser visto na Figura 07, tem aproximadamente 20 km, e corresponde à cidade de Medellín.



Fig. 07. Setor Central Parques do rio Medellín. Fonte: Antonucci; Bueno, (2018).

O projeto consiste em um conjunto de parques que conformam um parque linear de 28,1 km, abrangendo a cidade de Medellín e mais dois municípios

da área metropolitana. O plano, elaborado em 2014, contou com diversos atores sociais e foi elaborado a partir da proposta do escritório *Latitud Taller de Arquitectura y Ciudad*, vencedor do Concurso Internacional de Anteprojetos realizado em 2013 pela Prefeitura. O projeto propõe para as margens do rio obras de paisagismo, infraestrutura, e readequação de vegetação, configurando-se como um projeto de transformação urbana, que mantém o principal eixo do transporte da cidade como espaço de articulação e de encontro da cidade com o rio, como é possível observar na Figura 08 (Antonucci; Bueno, 2018).



Fig. 08. Setor central Parque Medellín e Perspectiva do projeto. Fonte: Antonucci; Bueno (2018) e Cabezas (2014).

As principais diretrizes que estruturaram o projeto Parques do Rio Medellín foram: o tratamento do rio como eixo estrutural, aproveitando a hierarquia do rio para criar um parque que conectasse os sistemas naturais da cidade no circuito ambiental no Vale do Aburrá; a potencialização dos vazios verdes

urbanos da área de influência do rio Medellín, reforçando seu vínculo com o sistema ambiental; a recuperação e integração de corpos de água, promovendo o tratamento e proteção dos fluxos de água; e a reciclagem de estruturas subutilizadas na área de influência do corredor biótico, com a utilização dessas para novos usos (Cabezas, 2014).

Atualmente o trecho do parque, que se encontra entre a Rua 33 e Avenida San Juan, está finalizado. A proposta é que os demais setores sejam implementados por parcerias público-privadas (Antonucci; Bueno, 2018).

3.3. Experiências em São Paulo

Em São Paulo, a mudança em relação aos rios e suas várzeas ainda está incipiente, e se inicia com a revisão do PDE-2014 [Plano Diretor Estratégico-2014], elaborado em 2014, que propõe a transformação dos espaços metropolitanos das várzeas. O plano, pela primeira vez, reconheceu as várzeas e planícies fluviais como áreas estratégicas de atuação no território. O PDE-2014 atribui grande importância às áreas de várzeas, ao instituir a MEM [Macroárea de Estruturação Metropolitana].

A MEM, que pode ser vista na Figura 09, em vermelho, abrange as várzeas dos três principais rios de São Paulo, o Tietê, o Pinheiros e o Tamanduaí, agregando também outros setores à sua área. O PDE-2014 assume que tanto a MEM como a rede de transporte coletivo devem se configurar como redes de estruturação urbana, ou seja, esses espaços deveriam ser os espaços estratégicos de transformação da cidade (Freire, 2018: 249).

Um dos principais instrumentos de transformação urbana instituído pelo PDE (2014) é o Projeto de Intervenção Urbana (PIU), que visa subsidiar as propostas de transformações urbanísticas em áreas subutilizadas e com potencial de transformação situadas na MEM. Atualmente, dentre os quinze PIUs que estão sendo elaborados pela prefeitura de São Paulo, dez localizam-se nas principais áreas de várzeas da RMSP. Entretanto, nenhum desses estudos realizados se materializou efetivamente em projetos urbanos.

As várzeas paulistanas são áreas potenciais para abrigar projetos estruturadores metropolitanos, já que concentram três importantes infraestruturas urbanas: a infraestrutura de mobilidade, a infraestrutura de saneamento, e uma rede de equipamentos públicos. Entre as principais infraestruturas de mobilidade estão: as avenidas marginais expressas (Marginal Pinheiros e Marginal Tietê e Avenida do Estado), a rede de metrô e a rede de trens regionais que margeiam os rios. Entre as infraestruturas de saneamento estão o sistema de drenagem e esgoto que se utilizam das calhas dos principais rios para diluição de efluentes e escoamento da drenagem. E entre os importantes equipamentos públicos urbanos localizados em áreas de várzea estão: Autódromo de Interlagos, Parque Vila Lobos, USP [Universidade de São Paulo], CEAGESP

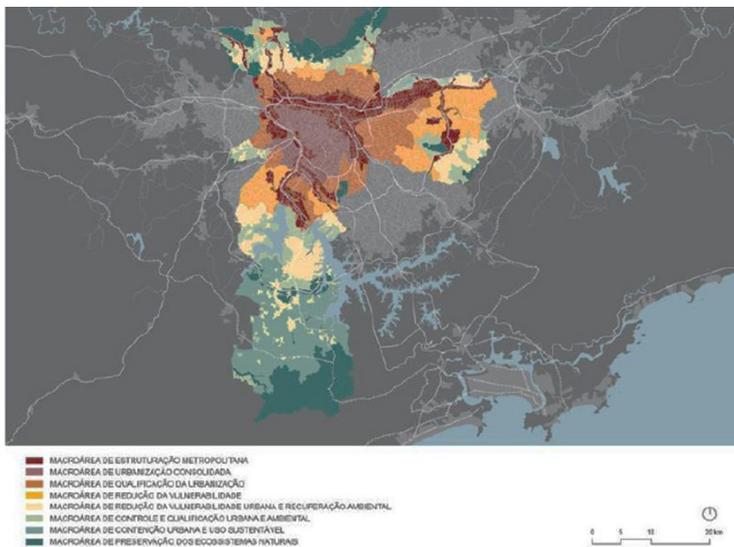


Fig. 09. Macroáreas do Plano Diretor Estratégico do município de São Paulo (2014). Fonte: Franco; D'Almeida e Abreu (2014), apud Freire (2018).

[Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo], Aeroporto Campo de Marte, Terminal Rodoviário Tietê, Terminal Rodoviário Barra Funda, Complexo Anhembi e Parque Ecológico Tietê

Além disso, as várzeas paulistanas concentram grandes áreas com potencial de transformação urbana (configurados por glebas, áreas subutilizadas, áreas ociosas, áreas em processo de mudança de uso - antigas áreas industriais, e áreas com baixa densidade demográfica e construtiva). São Paulo necessita de um planejamento de caráter metropolitano e a elaboração de projetos urbanos adequados à transformação destes espaço, que abordem as várzeas urbanas de maneira integrada.

4. Considerações finais

Os processos históricos de ocupação e transformações das várzeas ocorreram de forma semelhante nas três cidades estudadas: durante um longo período, a relação dessas cidades com as várzeas ocorreu de forma harmoniosa, com essas áreas desempenhando importante papel nas atividades urbanas, como abastecimento de água, diluição de efluentes, fornecimento de recursos, lazer, geração de renda, além de sua importância paisagística.

As transformações nessa relação (entre rio/várzea/cidade) ocorreram em diferentes momentos do processo de urbanização dessas cidades. Em Santiago, ocorreu principalmente no final do século XIX. Em São Paulo, a transformação teve início neste mesmo período com a canalização do rio Tamanduaté e dos córregos

Anhangabaú e do Bexiga, mais próximos ao núcleo urbano original; mas também ocorrem, em um segundo momento, com a canalização dos rios Pinheiros e Tietê, relacionadas à industrialização e expansão da cidade, na primeira metade do século XX. Em Medellín, a canalização do rio e as transformações dessas relações foram semelhantes ao segundo momento de transformações ocorridos em São Paulo, advindos do processo de industrialização e expansão urbana.

Nos três processos, as transformações adquiriram um caráter de modernização urbana, com justificativas higienistas, contribuíram para a remoção de populações ribeirinhas, que tinham seu modo de vida e meios produtivos intimamente ligados às várzeas (agricultura, olarias, pesca...). Se num primeiro momento a modernização estava mais relacionada à um padrão europeu de urbanização, após a industrialização as transformações adotaram como referência o urbanismo norte americano, com as várzeas sendo associadas ao sistema de transporte rodoviário, com avenidas expressas marginais, e com a supressão da relação de rios e várzeas ao meio urbano.

Assim como as bordas e periferias das cidades latino-americanas são as áreas de sobra destinadas à população de baixa renda, constantemente expulsa à medida em que a cidade se expande, as áreas de várzeas, de rios e córregos, também são bordas internas da cidade. Tanto em áreas centrais, como em áreas periféricas, consolidadas e em processo de formação, essas bordas, também são ocupadas por moradias precárias autoconstruídas. O pensar sobre o planejamento das áreas de várzeas conduz a uma reflexão das questões ambientais e de infraestruturas urbanas, mas também aos aspectos sociais relativos às populações que ocupam e produzem em suas margens. Trata-se de buscar alternativas que considerem o impacto social na reestruturação urbana das bordas internas que atravessam e costumam diversas cidades em seu território formal e informal.

Nesse contexto, a possibilidade de se explorar um pensamento de borda no desenvolvimento de projetos para essas áreas pode ser promissora: “o problema do século 21 não seria tanto estudar a vida e as ações das bordas quanto pensar desde as bordas. E pensar, decidir e falar desde a borda significa reescrever as fronteiras geográficas, desde a subjetividade imperiais/coloniais e as epistemologias territoriais” (Mignolo e Tlostanova, 2005: 12-13).

Na virada do século XXI, novas mudanças vêm se configurando na relação das cidades com seus rios e suas várzeas, é o que indica este estudo. Projetos de caráter estruturador trazem uma nova abordagem ao tema, apontando a possibilidade de as áreas de várzeas serem elementos de transformações e articulação de territórios metropolitanos.

Sobre as mudanças em curso estão:

- a) a evidência que antigas práticas adotadas no passado, tais como canalização e retificação de trechos de rios, contribuíram para a degradação das funções ecossistêmicas das várzeas, e para a perda de seus elementos paisagísticos;
- b) a observação de propostas recentes, utilizando abordagens que integram questões urbanas, ambientais e sociais nos projetos, adotando, por exemplo, os sistemas fluviais como agentes de transformação em eixos de desenvolvimento urbano.

Referencias

ANTONUCCI, D., BUENO, L. (2018). A construção do espaço público em Medellín: Quinze anos de experiência em políticas, planos e projetos integrados. *Arquitectos* (218), Vitruvius, jul. 2018. Recuperado de: <https://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitectos/19.218/7022>

BALLENT, A. (2004). Learning from Lima: Previ, Peru- habitat popular, vivienda masiva y debate arquitectónico. *Block*, (Buenos Aires), (6), 86-95.

BAPTISTA, M., CARDOSO, A. (2013). Rios e cidades: uma longa e sinuosa história. *Rev. UFMG (Belo Horizonte)*, 20 (2), 124-153. Recuperado de: <https://www.ufmg.br/revistaufmg/downloads/20-2/05-rios-e-cidades-marcio-baptista-adriana-cardoso.pdf>

BOZA ARQUITECTOS. (2016). Parque da Família/ Boza arquitetos. *ArchDaily Brasil*, 17 Nov 2016. Recuperado de: <https://www.archdaily.com.br/br/799412/parque-fluvial-padre-renato-poblete-boza-arquitectos>. (Consulta: 26/07/2021).

CABEZAS, C. (2014). Primeiro Lugar no concurso internacional para o Parque do Rio em Medellín. *ArchDaily Brasil*, 10 Jan 2014. Recuperado de: <https://www.archdaily.com.br/br/01-165814/primeiro-lugar-no-concurso-internacional-para-o-parque-do-rio-em-medellin>. (Consulta: 27/07/2021).

CASTILLO, S. (2009). El Mapocho urbano del s. XIX. *ARQ (Santiago)* (72), 46-49, agosto 2009. Recuperado de: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-69962009000200009&lng=es&nrm=iso

CASTRO-GÓMEZ, S. (2005). Ciências sociais, violência epistêmica e o problema da 'invenção do outro'. In Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales (org.). *A colonialidade do saber: eurocentrismo e ciências sociais*. Buenos Aires: CLACSO.

FRANCO, F. de M., D'ALMEIDA, C. H., ABREU., G. K. M. (2015). A Macroárea de Estruturação Metropolitana de São Paulo: o projeto urbano como instrumento de transformação do território. *Revista Iberoamericana de Urbanismo (Buenos Aires)*, 12. Recuperado de: http://www.riurb.com/pg_01_01.html

GEORGOULIAS, A., Arrasat, M. I, y Barriga, M. V., (2019). Parque de la Familia, Chile. Programa Zofnass para Infraestructura Sostenible. Recuperado de: http://www.dirplan.cl/estudios/Documents/Segunda_Mision_BID/Parque_de_la_Familia_Final.pdf .

FREIRE, A. R. (2018). As várzeas urbanas de São Paulo: O processo de ocupação e transformação das várzeas dos rios Tietê, Pinheiros e Tamanduateí. (Dissertação de mestrado). Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

HERNÁNDEZ, J. B. (2012). Intervenção do Rio Medellín: a Sociedade de Melhorias Públicas e a administração municipal de Medellín, 1940-1956. *Revista Unal (Medellín)*, 239-274, novembro de 2012. Recuperado de: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/historelo/article/view/31715/41982>

JANES, J. (2012). Rios e saúde na cidade de São Paulo, 1890-1940. *Revista História e Perspectivas, Uberlândia* (47) 103-124, jul./dez.

MIGNOLO, W., Tlostanova, M. (2009). Habitar los dos lados de la frontera/teorizar en el cuerpo de esa experiencia. *Revista IXCHEL, I*, (San José), 1-22. Recuperado de: https://www.academia.edu/1761221/Habitar_los_dos_lados_de_la_frontera_teorizar_en_el_cuerpo_de_esaque_experiencia

PEIXOTO, L. (2017). A concessão das marginais: o caso de Santiago. *Caos Planejado*, 11 de maio de 2017. Recuperado de: <https://caosplanejado.com/o-caso-de-santiago/>. (Consulta:

15/06/2021)

SEABRA, O. C. de L. (1987). Os meandros dos rios nos meandros do poder: o processo de valorização dos rios e das várzeas do Tietê e do Pinheiros na cidade de São Paulo. (Tese de doutorado). Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

WAISMAN, M. (2013). O interior da história: Historiografia arquitetônica para uso de latino-americanos (Marco A. Di, trad.). São Paulo: Perspectiva.

DOI:10.5821/qru.11948

Anita Rodrigues Freire
Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo – SP, Área de concentração: Projeto, Espaço e Cultura
anitafreire@alumni.usp.br

Maria Proserpi Meyer.
Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo- SP, Área de concentração: Projeto, Espaço e Cultura
reginameyer@uol.com.br

“EL VALLE BAJO”: UNA VALL RURAL PRODUCTIVA PROJECTE DE DESENVOLUPAMENT RURAL A TRAVÉS DELS CANALS DE REG

Adrián Alvarez Barcial

La relació entre aigua i territori ha estat sempre i continua sent crucial. Malgrat tot, les dinàmiques derivades dels processos urbanitzadors, la indústria i l'impacte del canvi climàtic han malmès un recurs cada cop més escàs i la seva gestió es presenta com a un dels grans reptes del present. En parlar de l'aigua a les ciutats ja no s'hauria de basar únicament en la lògica de la innovació sinó que hauria d'adoptar també una mirada de responsabilitat.

A partir d'aquesta visió, la intervenció de reconstrucció dels canals de reg de la població de Capinota, Bolívia, tracta de donar un valor al paisatge cultural de l'aigua i reivindicar un territori amb una relació històrica amb el riu des d'una gestió renovada, que pugui contribuir a l'enfortiment de l'estructura local i traduir en noves dinàmiques per al desenvolupament rural.

Des de la generació de cartografies fins a les arquitectures del reg, es construeix un relat que posa l'aigua en el centre del projecte i aprofundeix en com la restauració del canal pot contribuir en una millora de la qualitat i gestió de l'aigua, reforçar l'empoderament comunitari i contribuir al desenvolupament de la regió.

Paraules clau: Canals de reg, gestió de aigua, desenvolupament rural, arquitectures del reg

The relationship between water and territory has always been and continues to be crucial. However, the dynamics derived from urbanization and industrialization processes and the impact of climate change have damaged an already increasingly scarce resource, which shapes one of the great challenges to overcome today. When we talk about water in our cities, we should no longer do it from an innovative logic but from a point of view of responsible perspective. Therefore, the reconstruction of the irrigation canals of Capinota, in Bolivia, aims to give value to the cultural landscape of water and to renew water management in order to reclaim the historical relationship between the territory and the river, which contributes to the strengthening of the local structure and new dynamics for rural development. The mere generation of cartography and the irrigation architectures build up a story that places water at the center of the project while emphasizing how important is the restoration of the canal, thus improving the water quality and management and strengthening the development of the region and the local community empowerment.

Keywords: Irrigation channels, water management, rural development, irrigation architecture

1. Introducció

Al llarg de les darreres dècades, les ciutats i les grans regions urbanes han experimentat un gran creixement i han sobrepassat en moltes ocasions l'equilibri que podien assumir entre consum de recursos i suport ambiental. Aquest fet ha despertat noves iniciatives que aposten per una renovada i necessària visió de la naturalització dels espais urbans, la protecció i preservació dels recursos naturals i la millora de la qualitat de vida de les persones. Al mateix temps, però, la contínua migració cap a les ciutats està produint un abandonament de les àrees rurals, un recurs productiu i ambiental imprescindible per mantenir en equilibri el territori.

Davant els reptes d'escala global, com els processos incontrolats d'urbanització que han afectat greument les funcions ambientals, l'impacte del canvi climàtic, amb sequeres i inundacions més constants, l'alt grau de pobresa de la població i el seu limitat accés a l'aigua potable, cal estudiar i entendre les dinàmiques d'aquests territoris, reconèixer la seva identitat i la capacitat per proporcionar serveis ecosistèmics, millorar la gestió territorial, contribuir a la qualitat de vida de la població que hi viu hi treballa i fomentar el seu desenvolupament, no només econòmic sinó també social i cultural.

En aquest context, sorgeix un projecte de cooperació entre la UPC, l'associació d'estudiants de Base-a, la UMSS i la comunitat local de regants de Capinota, a Bolívia, on aquesta sol·licita assistència tècnica per a la reconstrucció del canal principal de reg del municipi, conegut com el canal del Pirigallo, així com poder establir un principi de col·laboració amb la universitat, que permeti l'intercanvi de coneixement i el treball conjunt per dur a terme projectes de desenvolupament en l'àmbit de la ruralitat.

Gràcies a la implicació del Centre de Cooperació per al Desenvolupament de la Universitat Politècnica de Catalunya (CCD-UPC) es va proposar la realització d'aquest Projecte de Final de Grau dels estudis en Arquitectura. El projecte tenia com a objectiu realitzar diferents desplaçaments que permetessin recórrer i entendre el territori Bolivià, conèixer i establir vincles amb la comunitat de regants, investigar i entendre el funcionament dels sistemes locals, buscar sinergies i valorar com el projecte de reconstrucció del canal de reg pot contribuir a les dinàmiques de desenvolupament rural de la regió.

1.1 El paisatge dels canals de reg

L'estructura dels canals de reg de Capinota des de la pressa del riu Arque fins al seu retorn

El poble de Capinota, d'origen Incaic, ubicat al departament de Cochabamba, és un dels nuclis rurals més importants de Bolívia. Produïx fins a un 80% dels cultius de tot el departament i és el motor principal del país quant a la producció de pastanagues, remolatxa i quinoa. Amb uns 20.000 habitants, és el municipi més rellevant pel que fa a la població, història i productivitat de tota la vall, on el 90% es dedica al sector primari. (PDI Capinota, 2006).

Malgrat això, es tracta d'una regió amb poca visibilitat davant les institucions i que està patint els efectes de la migració dels territoris rurals a la ciutat amb el conseqüent abandonament dels camps, fet que es tradueix en una falta de plans i inversions de l'administració per potenciar i dignificar l'activitat del sector primari.

Els canals de reg de Capinota s'inicien amb dues preses que deriven l'aigua del riu Arque. La primera, ubicada en l'extrem sud del municipi, en la cota més alta del marge del riu, fa circular l'aigua per tot el territori agrícola d'Irpa-Irpa, la població veïna (Fig. 01). El restant d'aigua del canal flueix cap a



Fig. 01. Estructura dels canals. Color negre: Tram Principal, Color blau: Trams secundaris. Font: Elaboració pròpia a partir treball de camp.

la segona presa, en el límit territorial entre les dues poblacions, on comença el canal del Pirigallo, objecte principal del projecte. Aquest canal discorre i entra a Capinota en el punt de cota urbà més alt. Aquest tram és anomenat “canal principal” i finalitza a la plaça del cementiri, on deriva en els canals secundaris, els quals travessen i subministren aigua als camps de les diferents zones agrícoles de Capinota abans de retornar al riu en diferents punts.

Un cop el canal principal es deriva en els secundaris, comencen les ramificacions pels carrers i camps que abasteixen tota la plana agrícola fins que conflueixen de nou riu. Els canals, un cop inunden els camps, disposen d'una franja terciària que recull l'aigua sobrant i la retorna perquè continuï el recorregut. Els mateixos canals, quan recorren els carrers del poble, tenen una funció d'abastiment d'aigua no potable per als habitatges i de recollida de les aigües pluvials de l'espai públic.

Els canals com a element d'identitat vertebrador de l'estructura urbana de Capinota

El conjunt de tot el canal de reg, amb una longitud total de gairebé 4.000 metres, forma part de l'estructura urbana de Capinota, integrant-se en el teixit dels seus carrers paral·lel a les vies de comunicació principals que creuen la població. El sistema funciona tant com a subministrador d'aigua per al reg de cultius com per recollir les aigües pluvials i residuals, i, per tant, un recorregut estructurador en malla per tot Capinota des de la seva presa del riu Arque fins a la seva desembocadura al riu Rocha. El canal és un element present a les parcel·les de cultiu, però també als carrers, als espais públics i places i a les parcel·les privades, on la seva derivació en ramals secundaris s'encarrega de recollir tota l'aigua residual dels habitatges.

Un dels principals valors paisatgístics que tenen és el de dotar els carrers i espais urbans de Capinota d'un element icònic i representatiu. Aquest atractiu es veu lleugerament desmerescut pel fet que el canal serveix també com a element d'evacuació d'aigües residuals i que, a més a més, recull la brutícia del carrer i acaba convertint-se en una claveguera a cel obert. És per això, que és important destacar i apreciar el valor paisatgístic del canal (Fig. 02) i la seva influència a l'espai públic, un recurs amb tant valor per les parcel·les agrícoles com per als carrers del poble.



Fig. 02. Esquerra: Tram del canal principal. Dreta: Tram d'un dels canals secundaris. Font: Elaboració pròpia.

El tram principal té un recorregut aproximat de 1900 metres amb una secció contínua d'1 x 1,5 m. Aquest tram condueix l'aigua a través de la serra del Pokotayka fins a la plaça del cementiri, on mitjançant les comportes dels canals derivatius distribueix l'aigua pels diferents ramals. Aquesta plaça actua com a lloc de reunió on les comunitats de regants, distribuïdes en nou zones, gestionen el reg, és a dir, els torns i els dies de què disposarà cada zona per abastir-se de l'aigua.

1.1.3. El sistema de reg: "El Lameo"

Els agricultors als Andes utilitzen diverses tècniques per enriquir i conservar les seves terres. Una de les més emprades s'anomena "lameo". El terme fa referència al procés d'enriquiment de la terra cultivable fent ús dels sediments minerals i orgànics que arrossega l'aigua. Per retenir el sediment, s'inunden les parcel·les agrícoles amb l'aigua de reg, on queda estancada formant bases (Fig. 03) i permet que els sediments es dipositin sobre la capa superficial del sòl existent, enriquint-lo a través d'un nou estrat.

La tècnica del "lameo" representa la relació entre l'home i el riu i la seva resiliència. De la mateixa manera que la inundació amb l'aigua del riu ajuda



Fig. 03. Sistema de reg lameo a una de les parcel·les de la comunitat de regants del Pirigallo. Font: Elaboració pròpia.

a nodrir el sòl, també pot ocasionar la seva destrucció. Per aquest motiu, es desvia el curs del riu de manera que pugui inundar les parcel·les, construint captadors d'aigua, que posteriorment, a través d'unes comportes, pugui retornar l'aigua al canal de reg. En l'etapa final del "lameo", les entrades d'aigua es tanquen perquè l'excés d'humitat pugui ser drenat, permetent als agricultors preparar la terra per plantar i sembrar. El drenatge dura aproximadament un mes.

1.1.4. De riu venerat a riu esgotat: El conflicte d'escala local.

El riu Arque, protagonista i actiu principal en el desenvolupament de Capiota i motor de l'economia local, ha passat de ser històricament un riu venerat a esdevenir en l'actualitat un riu esgotat. El municipi s'enfronta a diferents conflictes d'escala local, com ho són les activitats derivades de la mineria o les agressives extraccions d'àrids que han afectat i modificat el curs natural del riu. Com a conseqüència, s'ha avaluat la seva qualitat a través de proves tan in situ com als laboratoris de la UPC, on l'aigua de les mostres presentava una elevadíssima contaminació en els nivells superficials, presència de metalls pesants, així com una elevada duresa. A més, la situació econòmica de la població no li permet realitzar les inversions necessàries per al manteniment del canal, la implementació de noves tecnologies i sistemes de control, o la millora de la qualitat de l'aigua, motiu pel qual es demana a l'administració local per contribuir i implementar aquestes mesures.

1.1.5. Desenvolupament i gestió del projecte

El desenvolupament del projecte es va dur a terme en tres etapes. En la primera on es va construir la cartografia utilitzant sistemes d'informació geogràfica. Una segona, on es va construir un atlas, format per un conjunt d'il·lustracions i cartografies que, amb l'aigua com a fil conductor, ens permeten elaborar un relat coreogràfic, històric i temàtic sobre les dinàmiques del territori i una última on es van dissenyar el conjunt d'intervencions i actuacions constructives al canal. Finalment, cadascuna d'aquestes etapes es van recollir en tres documents anomenats: "Generació de cartografies", "Atlas del territori" i "El canal de reg del Pirigallo", disponibles a <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/335087>.

2. Generació de les cartografies

A través de sistemes SIG de programari lliure, s'ha generat un visualitzador cartogràfic digital que ha servit tant com a base gràfica i de càlcul per a l'elaboració del projecte com per a la capacitació de les administracions locals, a través de diferents tallers realitzats durant el projecte.

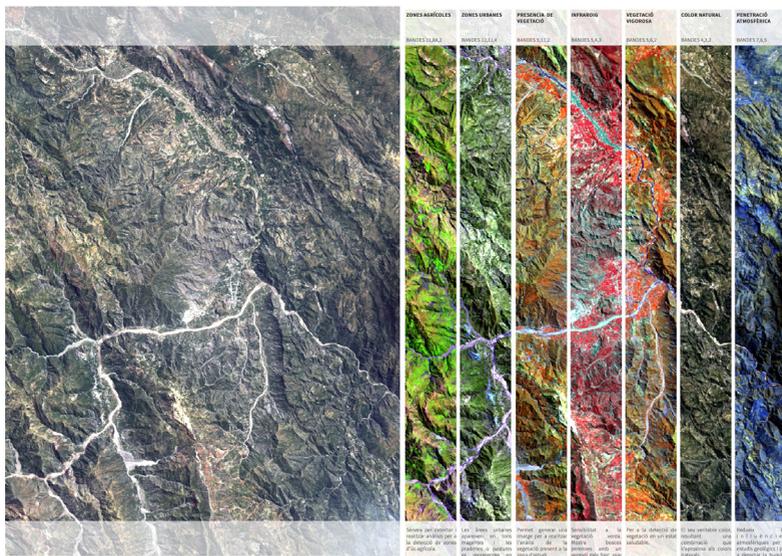


Fig. 04. Esquerra: Imatge raster base. Dreta: Diferents combinacions de bandes Font: Elaboració pròpia sobre imatges "https://earthexplorer.usgs.gov/"

Gràcies a aquests sistemes d'informació geogràfica s'han pogut analitzar imatges satel·litàries i representar en vector les capes que han servit de base per l'elaboració de les diferents cartografies del territori: les corbes de nivell, l'extensió de les parcel·les agrícoles, la presència de les masses d'aigua i cursos d'escorrentia, les zones urbanes o la xarxa de camins.

2.1 La teledetecció per satèl·lit

La potencialitat de la teledetecció a través d'imatges per satèl·lit aplicades al territori permet crear diferents cartografies per a la diagnosi territorial, com les cobertes vegetals, els usos de sòl, les masses d'aigua o altres elements naturals. Això és degut al fet que les imatges captades registren les diferents bandes de l'espectre electromagnètic que l'ull humà no pot percebre, el que permet crear diverses combinacions a través de tres canals de color: vermell, verd i blau. El pas d'aquestes bandes espectrals per aquests tres canals dotarà de diferents tonalitats els elements del territori (Fig. 04) i permetrà elaborar diferents imatges segons l'objectiu de la diagnosi (mappinggis, 2020).

Gràcies a la combinació de bandes espectrals es pot elaborar una anàlisi de la vegetació existent i saber quin estat presenta. N'és exemple l'índex Diferencial d'Aigua Normalitzat (NDWI), que s'utilitza com una mesura de la quantitat d'aigua que té la vegetació o el nivell de saturació d'humitat que té el terra. Per obtenir aquest índex la combinació de bandes és la següent: Sentinel 2 (3-11)/(3+11). Aquesta combinació de bandes té bona sensibilitat a la vegetació verda (la qual apareixerà representada en una tonalitat verme-

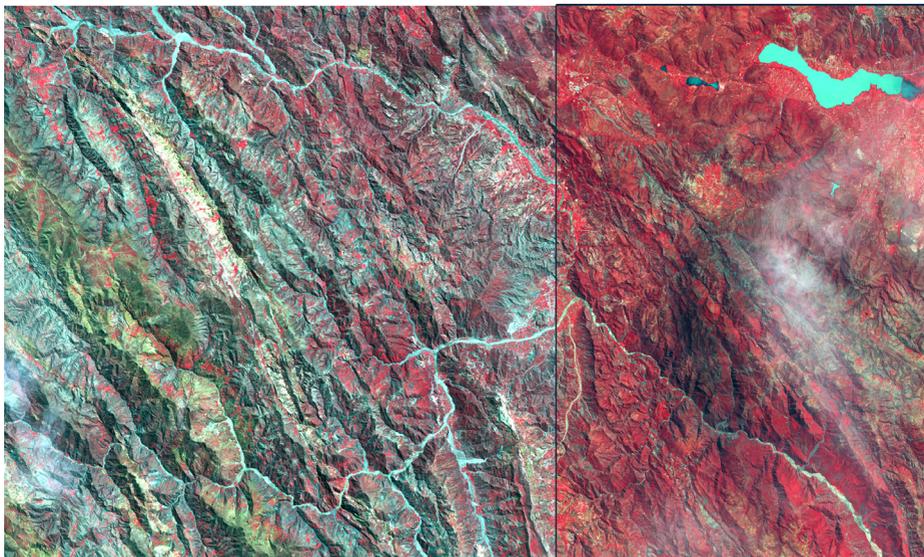


Fig. 05. Esquerra: Combinació de bandes per la detecció d'humitat a la vegetació. Dreta: Combinacions de bandes per la detecció de NDWI. Font: Elaboració pròpia sobre imatges <https://earthexplorer.usgs.gov/>

lla), a causa de l'alta reflectivitat en l'infraroig, i representa de manera clara camins i masses d'aigua (Fig. 05). A més, mostra boscos perennes amb un vermell més fosc mentre que els boscos caducifolis ho fan amb un vermell més clar. El color vermell indica una vegetació sana i ben desenvolupada. El verd, vegetació arbustiva molt variable. El beix, zones de transició i prats secs associats. El blanc, àrees amb escassa o nul·la vegetació. (mappinggis,2020).

La possibilitat de realitzar càlculs paramètrics permet calcular una aproximació de la inundabilitat màxima del riu per a un període de retorn de cent anys. S'utilitza el mètode de Gumbel per determinar les dades màximes pluviomètriques d'aquest dia i quan el riu és més cabalós. D'aquesta forma es pot calcular amb quina freqüència es presentarà un determinat cabal o precipitació. Quan es passa aquesta funció a la inversa, s'obté el cabal màxim i precipitació cada "n" anys (en aquest cas 100). Per mitjà d'aquesta funció i amb la implementació de la topografia al Grasshopper, es pot fer la simulació del cabal i la cota de la seva secció hídrica, donant com a resultat la plana d'inundabilitat en el període calculat (Fig. 06).

Es pot observar, que tot i ser tan sols una aproximació estadística, el model es correspon amb coherència amb el territori, sent els canals de reg i el turó del Poqotayka les zones més segures. Per contra, les que presenten més risc són tots aquells terrenys que pertanyien a la llera del riu o de bosc de ribera, actualment transformats en camps agrícoles i zones d'extracció de minerals.



Fig. 06. Plana d'inundabilitat en període màxim de 100 anys (Q100). Font: Elaboració pròpia"

3. Atles del territori

L'objectiu de la construcció d'un atlas és reconèixer les interrelacions que es produeixen entre els diferents elements urbans i escales territorials. Es tracta d'adquirir una visió integral del territori amb l'aigua com a protagonista del relat, per abordar la problemàtica específica des d'un enfocament transescalar, emfatitzar l'estructura física del territori com a suport i profunditzar en la dimensió de la ciutat i el seu espai públic com a espai significatiu, simbòlic i generador d'identitat cultural (Llop Torné, 2008).

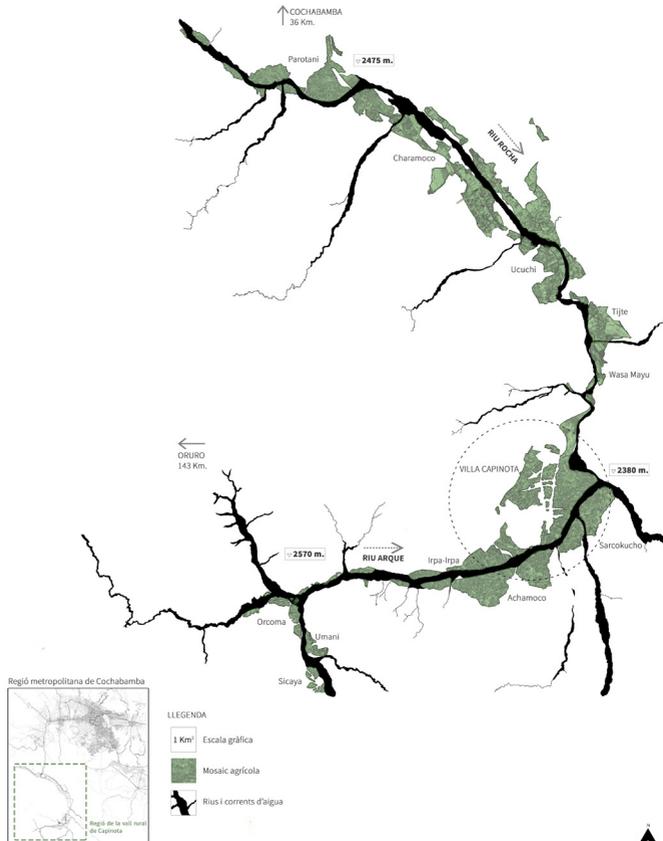


Fig. 07. El mosaic agro-forestal del "Valle Bajo". Font: Elaboració pròpia

3.1 "El valle bajo": una vall rural productiva que abasteix la regió metropolitana de Cochabamba

La regió metropolitana de Cochabamba té una superfície total de 510 km².

Així i tot, el concepte de metròpolis està lligat històricament a la urbanització del territori, on només pren protagonisme l'extensió de la ciutat construïda i la seva regió periurbana. El resultat és una gran regió que s'estén i fatiga la matriu biofísica del territori. Més enllà d'aquesta classificació, l'ecosistema funcional d'una metròpoli és totalment dependent dels seus recursos naturals, ja sigui per alimentació, producció d'energia, qualitat de l'aire o els recursos hídrics. És per això que el gran creixement de la regió metropolitana de Cochabamba ha estat possible gràcies al fet que gran part del territori no ha patit aquest procés d'urbanització massiu i descontrolat, compensant i mantenint un equilibri territorial entre la superfície construïda, l'àrea productiva rural i la matriu biofísica natural (Llop Torné, 2018).

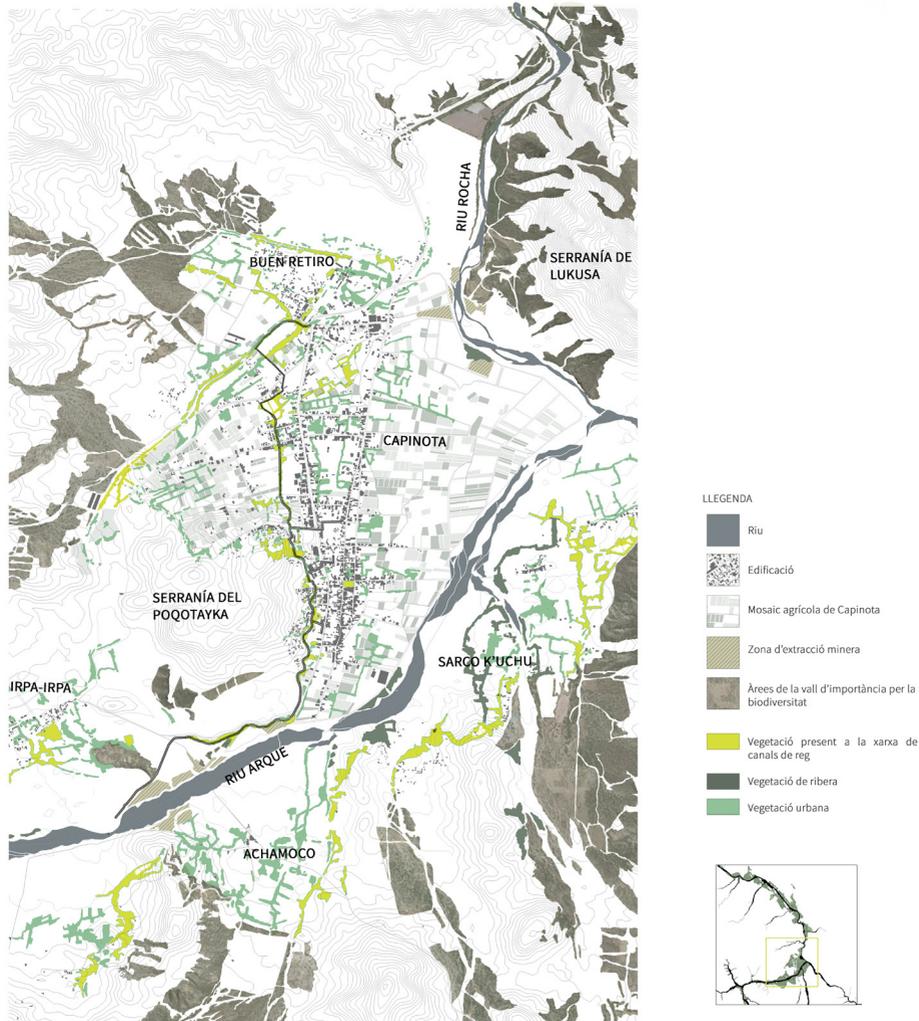


Fig. 08. Connectors ecològics coexistents als canals de reg. Font: Elaboració pròpia a partir treball de camp

El principal territori productiu del departament se situa en les valls del riu Rocha i Arque, al sud de la regió, i s'estén a través d'un mosaic agro-forestal d'aproximadament 45 km lineals, que va des de Parotani fins a Sicaya, conformat per un conjunt de 14 municipis. Aquest territori és conegut localment com "el Valle Bajo" (Fig. 7).

Aquesta vall no només produeix la major part dels productes alimentaris de la regió metropolitana de Cochabamba, sinó que hi actua com suport ambiental, donat que aquests encara no han sucumbit als processos d'urbanització

i, per tant, el territori es troba en equilibri entre allò construït i el medi físic natural, tot i que el desenvolupament econòmic, social i cultural de Cochabamba catalitza tot el creixement al seu nucli i perifèria urbana, expandint la taca urbana i consumint cada cop més el territori natural de la vall. Capinota és el municipi més important pel que fa a població, història i productivitat de tota la vall. És per això que el projecte pretén valorar les fortaleses d'aquest territori alhora que manté una visió respectuosa i necessària per a l'equilibri ambiental del territori mentre que promou un desenvolupament sostenible que protegeix i potencia la ruralitat del lloc com a valor essencial.

3.2. Els canals de reg i la connectivitat ecològica

La constant transformació del territori ha creat barreres i grans amenaces per a la connectivitat ecològica. Els canvis en els usos del sòl, l'alt grau d'impermeabilitat que augmenta amb cada transformació urbana, l'aparició de grans vies de comunicació i xarxes d'infraestructures, afecten la capacitat de dispersió d'espècies, fragmentant els seus hàbitats i generant conflictes per a la seva conservació. Els corredors ecològics són grans espais fonamentals per a la biodiversitat que connecten zones d'importància ecològica i en fomenten la seva connectivitat.

Tota la vall de Capinota és un gran corredor que connecta les espècies de diferents àrees de biodiversitat de la zona Andina de Bolívia (Fig. 8). El canal garanteix la continuïtat entre els àmbits de diverses espècies de fauna i flora i la seva contribució és important per la seva dispersió.

La gran extensió agro-forestal que cobreix de forma lineal els gairebé 47 km de la vall així com tota xarxa dels canals de reg actuen com a connectors ecològics d'aquest gran corredor. El recorregut dels canals és fàcilment identificable a primera vista en imatges per satèl·lit donat que solen anar acompanyats per la presència de molta vegetació, això és perquè aquests ajuden a la pol·linització i trasllat de llavors, són el transport de bacteris i insectes, refugis per a rèptils i amfibis i una font d'aliment i aigua per a la fauna. A més a més, apropen aquesta flora i fauna a l'espai públic de Capinota i ajuden als processos de renaturalització.

És per això que es destaca el valor de connector ecosistèmic dels canals i s'introdueix com a eina potencial dintre del projecte, no només mantenint la seva secció oberta, sinó també afavorint les seves capacitats i presència a l'espai públic com a element regenerador dels elements naturals de l'espai públic.

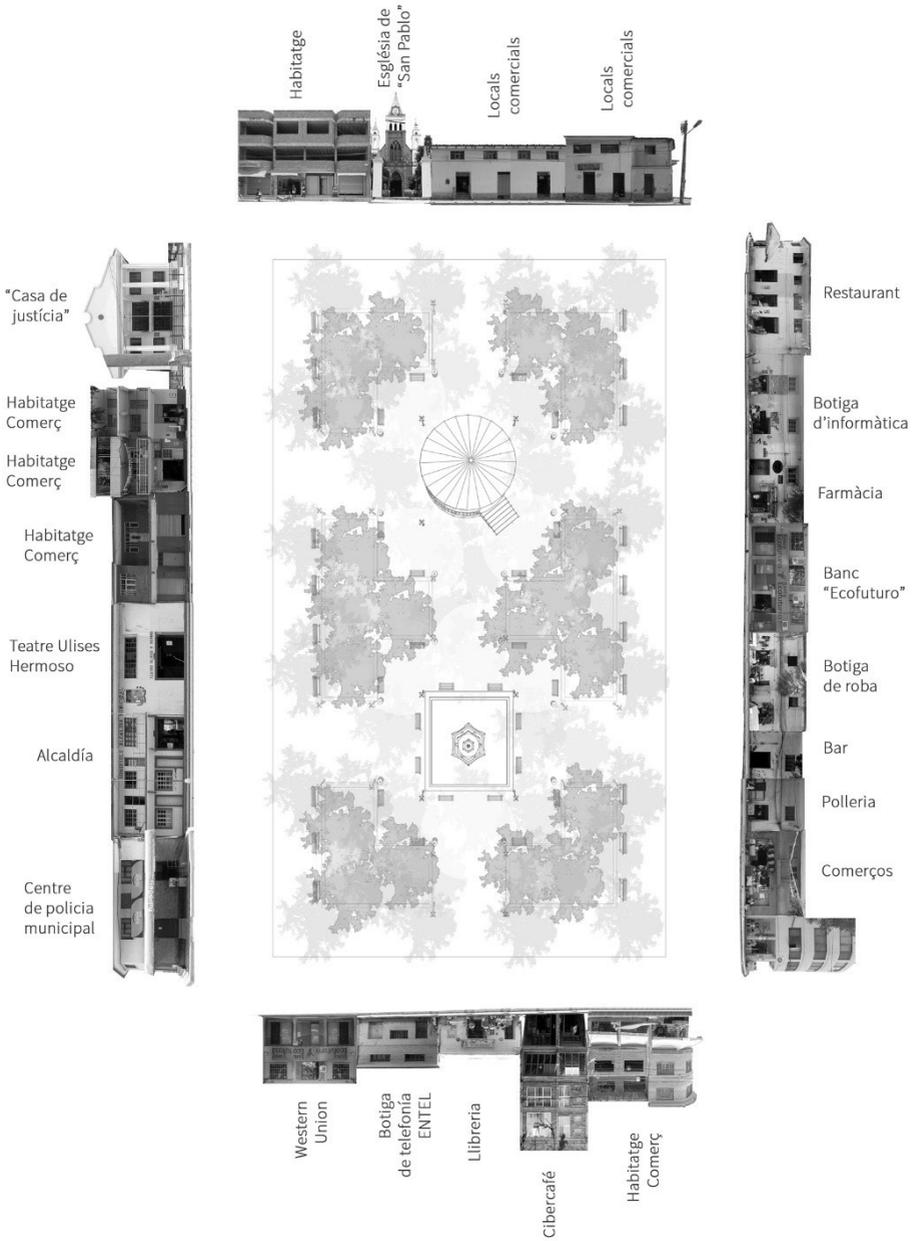


Fig. 09. La plaça central de Capinota. Font: Elaboració pròpia a partir de treball de camp

3.3. Formes d'ocupació urbana

La plaça central: Una herència europea i la representació del poder polític i de Capinota

La nostra herència europea, la polis dels grecs o la civitas dels romans, fan sempre referència a una ciutat organitzada sota l'estructura de poder i és per això que la plaça cívica a Europa representa i concentra la idea de nucli de ciutat. En canvi, a les ciutats llatinoamericanes amb orígens precolombins, l'activitat principal era i continua sent l'intercanvi de productes i la cohesió social comunitària (Tapia Uriona, 2014).

Dels resultats dels processos participatius realitzats al llarg del projecte amb la comunitat de regants, es destaca l'evidència que els habitants de Capinota identifiquen clarament quin és el centre de la població i quina és la que reconeixien com a "la plaça central". Es pot observar com tot i que aquesta plaça està dissenyada com a nucli, no fa aquesta funció, i és només la percepció tan espacial com els seus elements de poder la que li atorguen aquesta identitat (Fig. 9).

Aquest fet contrasta amb una realitat apreciable durant el transcurs dels dies, on es pot veure com la plaça més enllà dels fluxos constants d'habitants, no actua com a nexa social ni desperta cap interès per la ciutadania, mentre que, analitzant l'espai públic quotidià, s'identifiquen diferents espais molt més informals amb unes dinàmiques més atribuïdes a una centralitat local i com a plaça on la gent es reuneix, comercia, socialitza i duu a terme les activitats festives i culturals.

De fet, ho són, no perquè estiguin dissenyats com a tal, sinó perquè és on es generen tot un seguit d'activitats que van molt més relacionades amb el dia a dia de la població i que disposen d'elements d'identitat de la seva tradició.

El procés urbà de Capinota, com a població enclavada als Andes Bolivians, apareix marcat per les relacions de dependència econòmica que tota la regió de la vall manté amb el centre del departament, la ciutat de Cochabamba. No obstant això, hi ha diversos punts claus que condicionen aquest procés, caracteritzats per la introducció de les relacions més capitalistes de producció, amb la figura d'intermediaris i comerços que marquen la pauta econòmica i el valor de la producció agrícola, distribuïda als mercats de Cochabamba i Oruro i l'aparició de la primera transformació urbana a principis del segle XX, un pla estructurant on es plasmen de forma més contundent els interessos econòmics de l'època.

La racionalitat del pla busca espaiar la lògica capitalista ubicant les funcions urbanes en sectors específics, densificant el centre, on es construeix la plaça central, imposada sobre un territori desarticulat, en forma rectangular i que

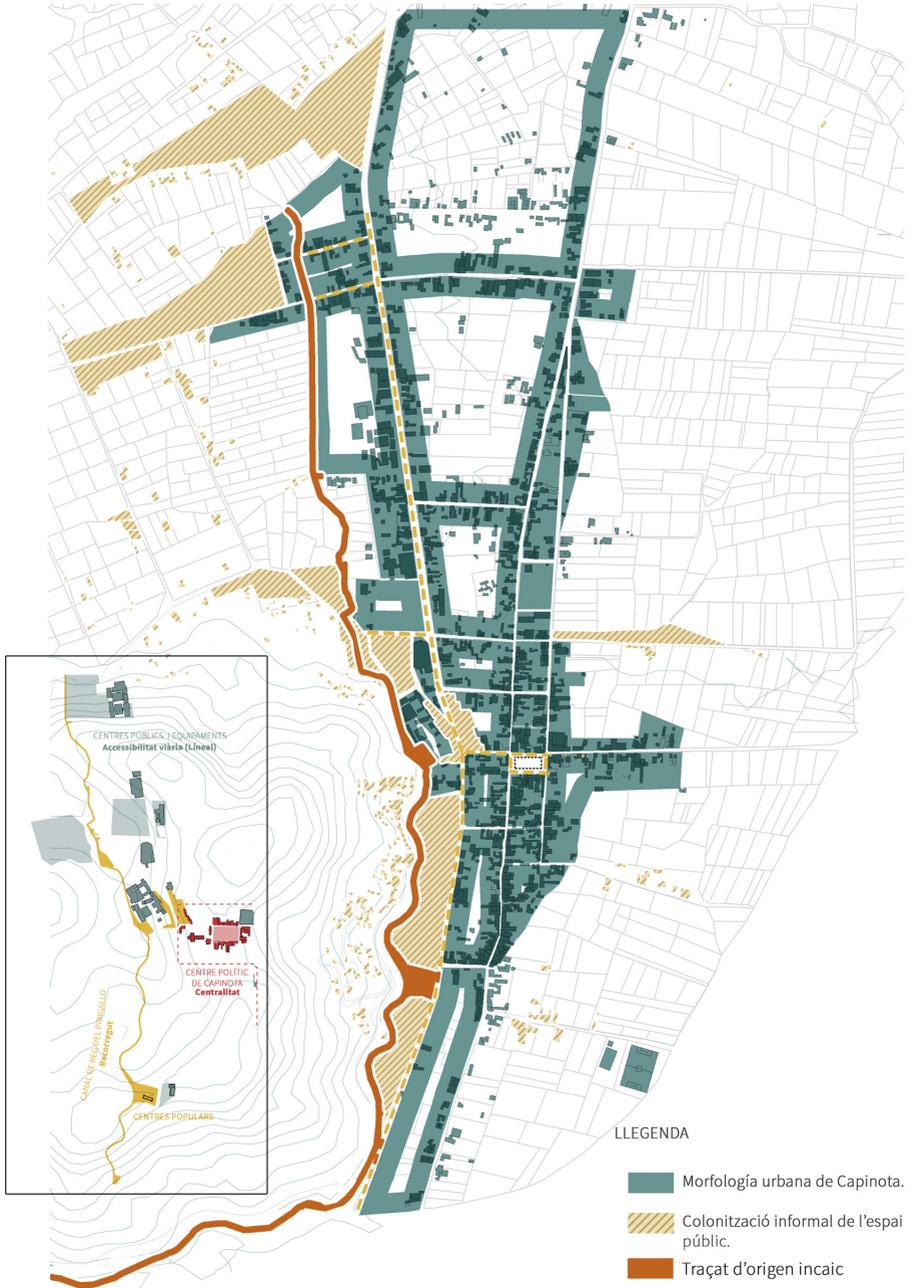


Fig. 10. La colonització informal de l'espai públic es genera al voltant del canal de reg. Font: Elaboració pròpia a partir treball de camp.

monopolitza les funcions polítiques, de gestió pública, econòmiques i que acaba sent coronada per l'església, el poder religiós. El nou sistema viari, influenciat per les directrius de l'urbanisme colonial espanyol, articulava i reforçava el nou esquema centralista, incorporant a la trama urbana dues grans avingudes longitudinals que trencaven les lògiques preexistents (Grijalva, 2015).

3.3.2 El traçat del canal de reg com a eix estructurador de dos urbanismes confrontats

A principis del segle XIX, moment en què les ciutats s'incorporen de forma definitiva a la globalització, la ciutat andina no es converteix només en un espai mestís, en el que se superposen els espais preexistents amb la ciutat espanyola, sinó que es tracta d'un territori en el qual conflueixen dinàmiques socials i econòmiques diverses, convertint-ho en un espai multifuncional. Si bé aquesta ocupació per part de les institucions ha esdevingut més aviat una apropiació de l'espai públic, que passa a convertir-se en espai privat, els venedors ambulants i comerciants de carrer no s'apropien del valor del sòl que colonitzen, sinó del valor del seu ús i de les relacions que si generen (Grijalva, 2015).

No és casualitat que les principals inversions en els darrers 10 anys que s'han realitzat tant a la plaça central de Capinota com a l'avinguda principal (antics camins Inques) hagin estat tres bancs, un hotel (encara en construcció per falta de pressupost), un petit centre comercial, un poliesportiu, un mercat municipal de béns no agrícoles (televisors, telefonia, papereria, estris de

1. EL PAISATGE DE SUPORT

2. RECORREGUT DEL CANAL

3. ESPAI PÚBLIC:



Fig. 11. Els espais adjacents a l'eix del canal. Font: Elaboració pròpia

cuina...) o la previsió de construir un museu. Els comerciants tradicionals (patata, blat, pastanaga, sucs i alcohol) que ocupaven els carrers han estat desplaçats, buidant els carrers "del nou centre" d'activitats considerades incompatibles amb el "nou ús". Aquesta població es va reubicar en la vorera frontal, ocupant tots els espais disponibles entre edificacions, espais residuals i parcs.

Observant la configuració morfològica de Capinota (Fig.10) es poden identificar dues formes diferents de territorialització, representades pels diferents tipus de societat que han existit al poble al llarg de la història.

Els traçats del canal de reg del Pirigallo i el camí principal, són d'origen incaic, on aquestes perseguen lògiques topogràfiques, de seguretat per riscos geològics i protecció del flux fluvial respecte els marges del riu. Els espanyols van mantenir i utilitzar aquest camí principal com a referent sobre el qual desplegar el seu urbanisme reticular. És per això que podem definir que tant el camí com el canal són l'engranatge i punt d'unió entre aquests dos urbanismes confrontats i, per tant, l'adequació del canal i adaptació del seu àmbit a l'espai públic s'ha de fer afavorint aquesta policentralitat i garantir l'accessibilitat, connectivitat i xarxa econòmica al dels nous espais.

Els espais públics de la comunitat estan actualment limitats a carrers sense pavimentar i petites parcel·les molt deteriorades. La primera proposta del projecte parteix d'afavorir aquests espais a través d'accions que poden dur a terme els ha-

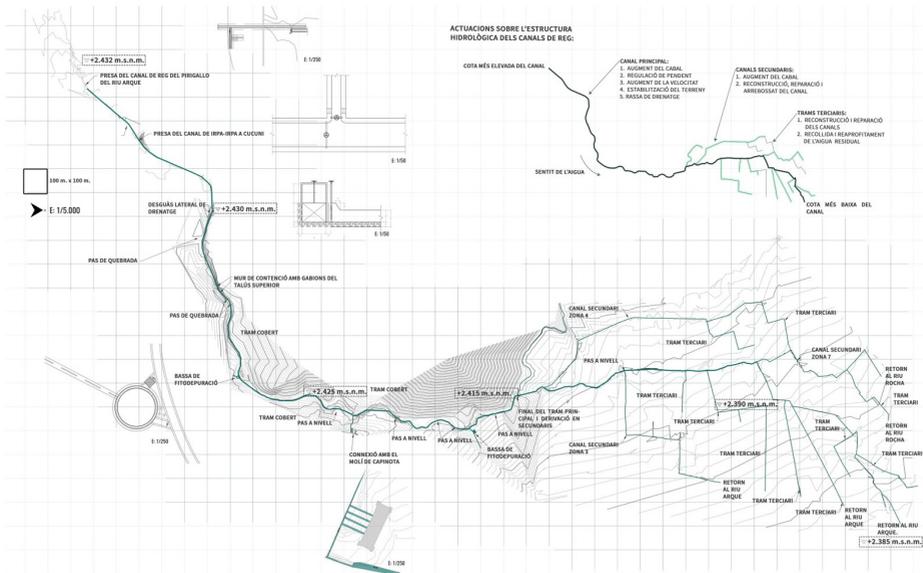


Fig. 12. Actuacions per la construcció de l'estructura hidràulica del canal de reg. Font: Elaboració pròpia

bitants de la comunitat, reutilitzant els materials de les llars actuals i incorporant vegetació autòctona. També s'han de garantir el sanejament i drenatge d'aquests espais urbans, permetent la filtració de l'aigua, la salubritat de l'espai, la utilització de vegetació per controlar olors, generar espais d'ombra i per garantir les seves propietats ecosistèmiques i paisatgístiques, garantir l'accessibilitat i connectivitat i sobretot mantenir i potenciar l'ocupació d'aquest per part de la comunitat.

4. El canal de reg del Pirigallo

El darrer document recull el conjunt d'actuacions que es realitzen sobre el canal i tracta com a punts clau la constructivitat i les seves arquitectures del reg, la millora de la qualitat i el tractament de l'aigua i finalment com el projecte contribueix a una millora en la gestió de l'aigua.

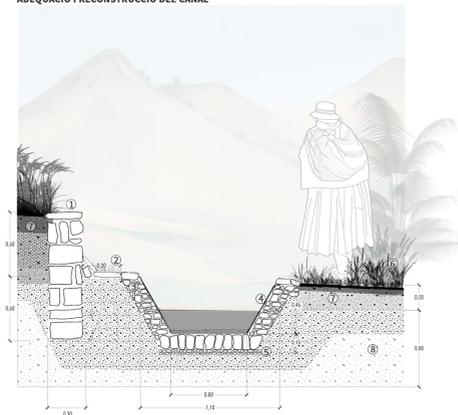
4.1 Les arquitectures del reg

4.1.1 Els paisatges del canal

Malgrat que l'àmbit del projecte és molt extens, el canal i l'àrea funcional del projecte es veuen condicionats pels seus propis límits. Per aquest motiu el projecte tractarà el canal de reg en tot el seu recorregut, diferenciant el tram principal i els secundaris.

La reconstrucció de la secció, així com la reparació dels trams que presenten

ADEQUACIÓ I RECONSTRUCCIÓ DEL CANAL



RECORREGUT LATERAL I DRENATGE

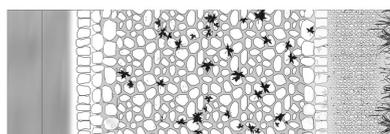
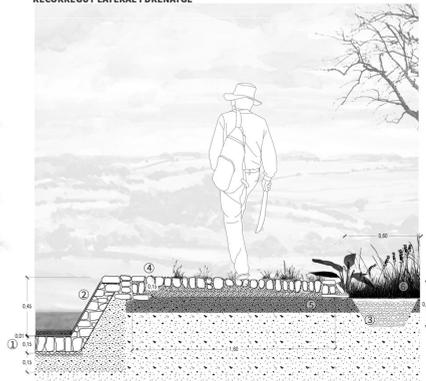


Fig. 13. Seccions tipus del canal. Font: Elaboració pròpia

patologies, es realitza al llarg dels gairebé 5 km de recorregut. Els condicionats del projecte pretenen afavorir el seu potencial com a connector, revalorar el paisatge agrícola al llarg del seu recorregut, potenciar tant la seva capacitat naturalitzadora dels espais urbans d'interès cultural, i recuperar i consolidar els recorreguts que teixeixen la xarxa de camins i de l'espai públic del municipi.

És per això que el projecte no es limita estrictament a l'eix del canal, sinó que integra els seus espais adjacents com a àmbits d'actuació (Fig. 11) que, amb seccions fluctuants segons el tram, persegueixen els objectius marcats pel projecte a fi d'establir una seqüència de transformació i adequació de l'entorn del paisatge dels canals de reg.

4.1.2. Estructura hidràulica: la redefinició de la secció

Les seccions transversals corresponents al canal principal es tractaran amb l'objectiu clar de reparar el canal i d'habilitar la secció transversal, a fi de millorar el sistema hidràulic del mateix canal i controlar millor les velocitats i el cabal (Fig. 12). A part és prioritari protegir-lo de les constants esllavissades i la cessió de terres durant les pluges que provoquen els continus embossaments i posterior revessament d'aigua.

El canal de reg transcorre a través dels espais més rellevants del municipi, donada aquesta propietat comunicadora gran part de la població fa ús diari d'aquest recorregut, és per això, que l'acondicionament del canal de reg potència aquest eix vertebrador i el converteix en un itinerari segur i accessible.

Els sistemes constructius utilitzats tenen en compte tant l'ús de materials locals i accessibles com la recuperació i millora tecnològica de les tècniques utilitzades per la població.

Per a l'estabilització de terres es fan servir, segons la necessitat, murs de contenció fets amb gabions o en petits murs de pedra. Aquests atorguen resistència a la compressió de les terres i permeten el drenatge de l'aigua per evitar empentes superiors del terreny. Aquesta aigua resultant vessa al canal a través d'un petit sòcol de pedra que redueix gran part de la seva infiltració al terreny i evita possibles patologies al mur del canal produïdes per l'empenta d'aquestes.

En aquells punts on el canal permet un àmbit lateral de pas i estada, aquest disposarà d'una petita plataforma construïda com el sistema local per fer les soleres exteriors, utilitzant els mateixos materials que el canal i unes pedres rodones del riu de gran densitat que anomenen "manzanas" (Fig.13).

L'ampliació de la secció trapezoidal del canal i el conseqüent augment del seu cabal, així com l'angle de les parets laterals, estan dissenyades per evitar vessaments

laterals. Així i tot, per prevenció, donades les grans pluges torrencials o per la possibilitat que es pugui embossar un tram del canal, aquest disposarà d'una rassa de drenatge ubicada a 1,00 - 1,60 m de la secció del canal. Aquesta rassa estarà coberta per una capa de grava, permeten la infiltració de l'aigua al terreny i conduint el seu excés a determinats punts (aproximadament cada 50 m) on pot sobreirixir pels talussos laterals i evacuar-se a zones controlades i segures, com alguns camps, matollars i zones de pasturatge, evitant la inundació de zones urbanes.

La reconstrucció del canal integra al projecte la rehabilitació del molí de Capinota, com a actuació de gran interès patrimonial, no només per l'edifici en si mateix, sinó per la seva funció productiva i com aquesta ha esdevingut un element clau en el desenvolupament econòmic local al llarg de les darreres dècades.

És per aquest motiu que la intervenció s'ha d'entendre no només com una reconstrucció física del molí, sinó per la recuperació del seu funcionament, a través de la reconnexió amb l'estructura dels canals de reg i sobretot per la seva potencialitat econòmica, com a nucli social i com espai d'interès comunitari.

La importància de recuperar i reconstruir les peces que componen el sistema per moldre el blat a banda de generar una nova oportunitat per l'economia local, també comporta una acció pedagògica, cultural i de sensibilització, en concebre el seu funcionament com una oportunitat recuperar els valors tradicionals i en definitiva de la seva importància sobre la sobirania alimentària.

4.2. Tractament i millora de la qualitat de l'aigua

4.2.1. Bases d'acumulació i el reaprofitament com a eina de projecte

Les basses d'aigua s'utilitzen com a elements que s'introdueixen dins del reco-

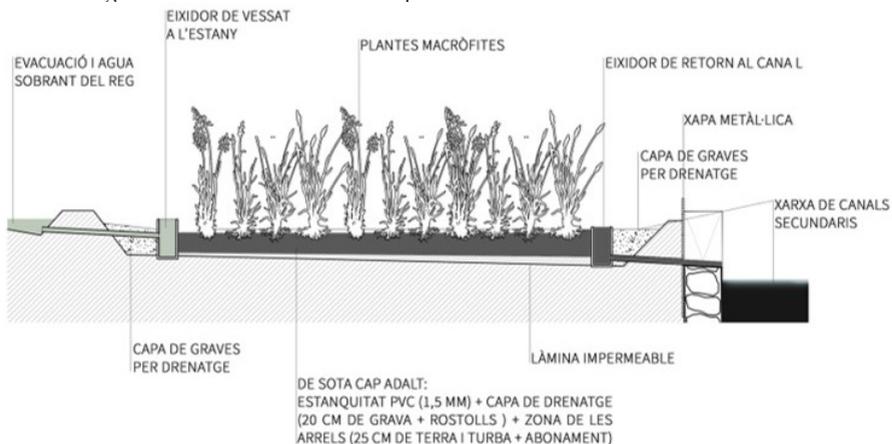


Fig. 14. Estanc de macròfites. Font: Elaboració pròpia a partir dels sistemes de Dansk Rodzoe descrits a Water-scapes (Helene, 2003).

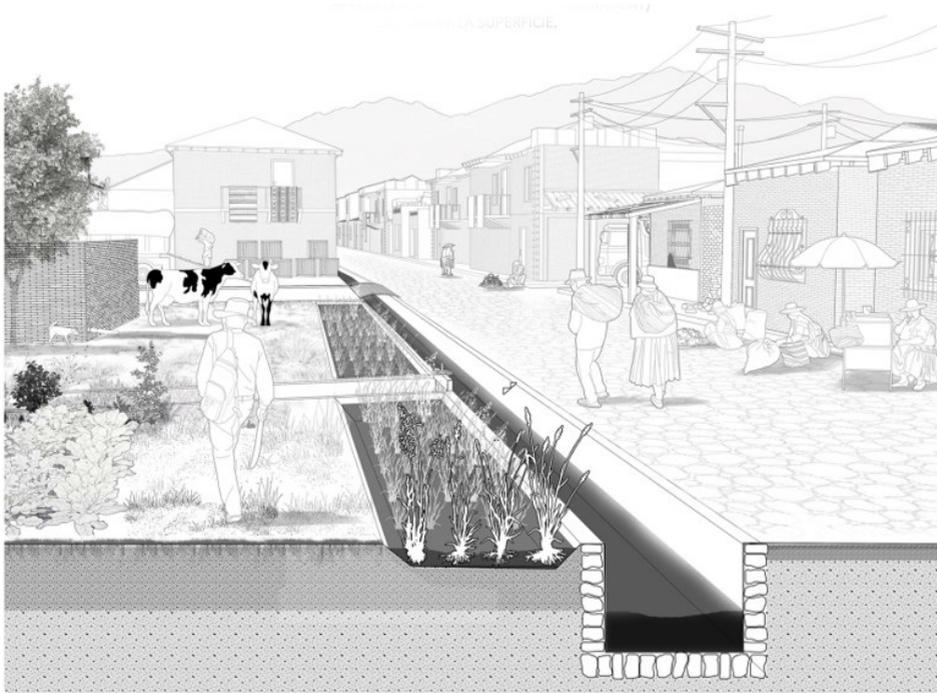


Fig. 15. Integració dels estancs de macròfites en la trama urbana. Font: Elaboració pròpia

regut del canal de reg no només per ajudar l'acumulació i gestió de l'aigua de reg, sinó per depurar i netejar d'aigua gràcies a d'utilització de plantes macròfites. El canal de reg se situa just al costat de la cimentera COBOCE. Els residus d'aquesta acaben tornant al riu i contaminant l'aigua que metres més a baix, acaba recollint el nostre canal i distribuint al llarg de tot el poble. Per

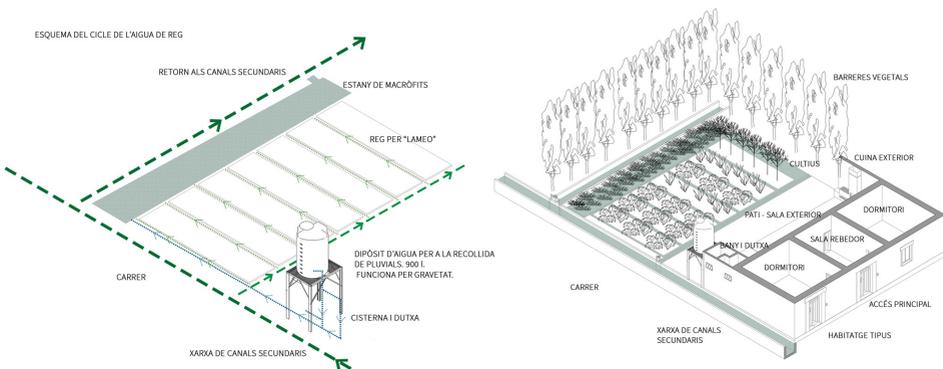


Fig. 16. Esquema del cicle de l'aigua de reg. Font: Elaboració pròpia

aquest motiu és necessari prendre mesures per mantenir una bona qualitat de l'aigua de reg i potable.

Amb la finalitat de poder analitzar com varia la qualitat de l'aigua, se'n van prendre sis mostres que posteriorment han estat analitzades als laboratoris de la UPC a l'EPSEM (Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Manresa). Aquestes mostres preses en punts específics al llarg del cicle de l'aigua de reg, permeten tenir una anàlisi de com varia la qualitat de l'aigua segons el tram.

Un cop analitzats els recursos hídrics i el cicle de l'aigua de reg a Capinota podem establir que la insuficiència de cabal d'aigua i la baixa qualitat d'aquesta no depenen únicament de la conca d'aportació del riu Arkhe. Hi ha un gran volum d'aigua que es perd a causa de l'actual gestió d'aquesta en el reg pel desaprofitament en el retorn a la xarxa. Es disposa d'una gran quantitat d'aigua recollida pels canals resultant d'una tanda de reg o de l'aigua pluvial que es malgasta o no s'utilitza, sumat que els canals són un punt d'evacuació d'aigües residuals dels habitatges (no de sanejament, sent aquest filtratge directament al terreny a través de fosses sèptiques), la qualitat d'aquesta resulta no apte per al seu reaprofitament. Les aigües pluvials poden ser també una font de contaminació important, concentren productes atmosfèrics, així com residus d'olis de cotxe de la carretera o matèries en suspensió. Pensant no només en el reg sinó en el cicle complet de l'aigua, un gran volum no tractat i contaminant és recollit, però desaprofitat i retorna al riu en unes condicions que poden afectar l'ecosistema natural d'aquest.

L'aigua emprada en usos domèstics conté principalment matèria orgànica, essencialment carbonatada, que absorbeixen l'oxigen en la seva desembocadura al riu, en detriment de la fauna i flora aquàtica, a més de la presència d'elements tòxics detectats com el nitrogen amoniacal o el fòsfor. És rellevant considerar tant la possibilitat de reaprofitar l'aigua pluvial i residual del reg, fent més eficient la gestió de l'aigua en l'agricultura, com l'actuació amb els recursos naturals presents per reduir els elements nocius que retornem a l'ecosistema del riu. El mètode usat, cada cop més habitual a Europa i Amèrica Llatina, consisteix a fer circular aquestes aigües residuals a través d'estancs de macròfits (Fig. 14), tant en la seva rebuda a la xarxa com en el seu retorn al riu. Aquestes plantes ralentitzen el corrent, afavorint el sediment de les matèries en suspensió i el mantenen oxigenat mitjançant l'aportació d'oxigen a través de les seves arrels, on a més a més es cultiven bacteris que depuren l'aigua (Helene, 2003).

Aquestes llacunes (Fig.15) faciliten la dilució de les aigües residuals i eviten males olors, la seva integració en el paisatge es fa a través de plantes autòctones i el manteniment i cost associat és gairebé nul.

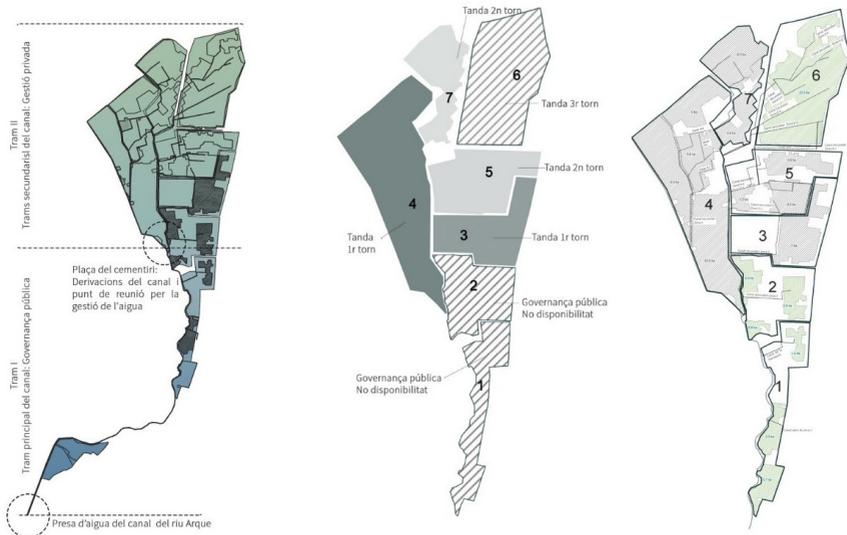


Fig. 17. Esquerra: Titularitat dels trams. Centre: Gestió de "les tandes" segons disponibilitat d'aigua. Dreta: Nova disponibilitat d'aigua i gestió equitativa de "les tandes" segons superfície. Font: Elaboració pròpia. Font: Elaboració pròpia

4.2.2. Reaprofitament de les aigües residuals

Es contribueix al sistema de recollida pluvial del canal a través de dipòsits d'aigua de fins a 900 litres que recullen l'aigua directament de la pluja i de les cobertes (Fig. 16). Aquest sistema actua per gravetat i té un ús directe a l'habitatge tant en punts exteriors (amb una mànega) i com a l'interior on pot actuar com a cisterna de bany o dutxa. L'estany s'ubicarà en el marge de la parcel·la previ al retorn de l'aigua residual al canal. Les dimensions necessàries són d'uns 10 m² amb una profunditat des de 0,50 m fins a 1 m. Aquest sistema es pot implementar en totes les parcel·les, sent més efectiu l'aprofitament pluvial on hi hagi residència.

L'aigua del reg arriba a la parcel·la a través del canal secundari, el qual discorre a través de la trama urbana de Capinota. Quan és el seu torn, s'obre la comporta de derivació individual que permet l'entrada de l'aigua i inunda la part posterior de la parcel·la, on generalment estan disposats els cultius, un cop descarregada l'aigua, aquesta és vessa en l'estany a través d'un conducte. Aquest estany, mentre no està regant, s'omple de les aigües residuals de l'habitatge, provenint principalment de la cuina i de la neteja, a més a més de funcionar com a aljub en cas d'inundació o pluges torrencials.

Part d'aquesta aigua es filtra al subsol, directament a l'aquífer, l'altre és retornada al canal secundari, on serà aprofitada en una altra parcel·la per al reg. La capacitat d'aquest sistema per a rebre quantitats importants de matèries en suspensió, la fa idònia en el tractament primari dels residus domèstics i per al tractament de llocs procedents d'altres camps, donat que aquest sistema

permet una nitrificació natural intensa, esdevenint una aigua d'alta qualitat per al reg. Les aigües retingudes en aquesta disposició, fan que l'aigua multipliqui el temps de permanència amb relació al sistema actual. El fons de l'estanc està impermeabilitzat amb una membrana d'1,5 mm col·locada entre dues làmines geotèxtils de protecció. El substrat de la base és una barreja de terra i torba, on es pot abocar adobament del bestiar, aquest substrat s'ubica sobre una capa de drenatge de grava o pedres de petita grandària. El conjunt està recobert superficialment per una capa de sorra que actua com a base de la vegetació. (Helene, 2003).

La vegetació emprada és un canyís autòcton, escollit per la seva presència al territori, la disposició de les seves arrels i la seva capacitat de regenerar-se. L'aigua residual entra a la bassa a través d'un punt i comença a escampar-se per tota la superfície de l'estany.

4.3. Governança i gestió del reg

El canal del Pirigallo és el canal que s'encarrega de subministrar aigua a tota la regió B de Capinota, aquest consta de dos trams diferenciats amb una diferent governança. Com s'ha comentat abans, el primer tram és el que s'inicia a la presa del riu Arque i finalitza a la plaça del cementiri. Com que la presa forma part del municipi d'Irpa-Irpa, aquest tram és propietat de la municipalitat, sent l'ajuntament de Capinota qui en té les competències de gestió. El marge de la propietat dels terrenys del canal és la seva secció definida a cada tram i, mirant de sud a nord i en la direcció de l'aigua, un marge d'un metre a l'esquerre i d'un metre i mig a la dreta.

La comunitat de regants es reuneix un cop cada dues setmanes per valorar en conjunt la gestió de l'aigua del canal i repartir els torns de reg. L'àrea total de reg del Pirigallo es divideix en set zones (Fig. 17). Les dues primeres són de domini públic i tot i que estan connectades a algunes parcel·les individuals, han deixat d'estar en funcionament per falta de manteniment i d'escassetat d'aigua. La resta es reparteix en cinc zones considerades prioritàries per la gran quantitat de camps que reguen, on el canal accedeix a través dels seus ramals secundaris. Cada zona disposa d'un representant que canvia anualment i són els que, segons la necessitat de l'aigua i les previsions del canal, negocien els torns i quantitat de temps que disposaran per regar.

4.3.1. La gestió del reg: "La tanda"

Aquest sistema de torns per a la gestió de l'aigua involucra a tota la comunitat, tot i que els últims anys, les conseqüències de la sequera i la mala qualitat de l'aigua han provocat conflictes entre els regants. Hi ha zones on normalment no tenen problemes per accedir a l'aigua, com la ZONA 4 o la ZONA 3, tant la ZONA 7 com la ZONA 5 són derivacions secundàries de les zones anteriors i, per tant, depenen de la quantitat d'aigua segons una previsió i tenen el risc de no disposar de reg de forma continuada atesa la dificultat de controlar com l'aigua i complir

amb els torns. Les ZONES 1 i 2 gairebé sempre estan tancades i l'agricultura que si desenvolupa té un paper residual. Molts camps tradicionals d'aquestes zones han quedat relegats a matollars o han desaparegut. La ZONA 6 és la zona més afectada pels últims anys, ja que disposa només d'una tercera tanda, després de totes les anteriors i que prové de l'aigua sobrant del reg de les ZONES 5 i 7.

El projecte, mitjançant la recuperació de les derivacions del canal principal, principalment gràcies al nou accés generat des del carrer principal, des de la plaça del cementiri i des de la plaça del molí, reactiva el pas del canal per les zones 1 i 2 i aprofita part dels camps abandonats com a punt de buidatge del drenatge de les rases del mateix canal. La intervenció que comporta la reparació, adequació i el canvi de secció en el tram principal del canal de reg, així com el revestiment i ampliació de la secció en els trams secundaris, pretén millorar la capacitat de reg, així com millorar la qualitat de l'aigua i el seu reaprofitament. En alguns punts es generen les basses que permeten l'acumulació, que busquen facilitar la gestió de l'aigua per garantir l'accés a aquesta a totes les zones del Pirigallo. D'altra banda, el reaprofitament i recollida de l'aigua pluvial així com el tractament de depuració d'algunes aigües residuals permet la connexió d'aquestes amb les derivacions secundàries que serveixen l'aigua a les ZONES 5, 7 i 6, s'augmenta la seva disponibilitat i se'n millora la qualitat, amb l'objectiu de frenar l'abandonament de l'agricultura en aquest sector per la falta d'aigua.

5. Conclusions

La investigació desenvolupada ha mostrat la importància de la relació entre aigua i territori i qualsevol projecte de ciutat hauria d'abordar-ho atenent a totes les etapes del seu cicle. Això per tal d'entendre quines dinàmiques han contribuït al desenvolupament històric i a la consolidació dels assentaments urbans.

L'anàlisi elaborada i la metodologia emprada han mostrat les complexes interrelacions existents entre els diversos actors de l'aigua, traduïts en unes dinàmiques territorials que obeeixen de les seves pròpies lògiques.

El treball ha evidenciat el paper fonamental de la construcció d'un atlas territorial i com les cartografies ajuden a formular un relat que vertebrava el projecte al voltant de l'aigua. El treball ha mostrat també com la restauració del canal pot contribuir a una millora de la qualitat i la gestió del reg.

A través de l'observació dels processos de configuració morfològics de Capinota i la seva vida quotidiana, ha estat possible interpretar les diferents formes d'habitar i entendre l'espai públic, com llocs on l'aigua és un gran contenidor de memòria col·lectiva.

Els canals de reg són un element identitari del paisatge urbà de Capinota, en tant que aquests són indispensables per al reg i el desenvolupament econòmic de la regió, però desenvolupa al mateix temps una triple funció de connectivitat ecològica, subministradora d'aigua domèstica no potable i d'evacuació. Atesa aquesta importància és necessari tractar els canals per millorar el seu funcionament

i contribuir a la millora del reg, però, sense ignorar la importància de tractar i millorar la qualitat de l'aigua. Per això, el projecte proposa noves mesures per al seu tractament i depuració, així com alternatives per l'autoabastiment d'aigua.

“El Valle bajo” és el gran eix vertebrador del mosaic agroforestal de la regió, per tant, cal potenciar el seu valor ecològic. Es tracta de reivindicar una estructura ambiental ecosistèmica existent, protegir-la i posar-la al centre del projecte. La configuració i el tractament d'un sistema regulat i planificat dels espais lliures i dels marges fluvials són el pas següent imprescindible per a contenir les pressions urbanitzadores i extractives que esgoten el riu.

Finalment, cal destacar com la implicació dels diferents agents, públics i privats, ha esdevingut imprescindible en la gestió del territori. Per aquest motiu, cal que aquests agents siguin actius en la seva protecció i preservació, des del suport administratiu i econòmic en plans i projectes de desenvolupament rural, fins a la preservació i definició de bones pràctiques entre la comunitat, en el correcte ús i bona gestió d'un recurs cada cop més escàs i d'un valor incalculable.

6. BIBLIOGRAFIA

Grijalva, M.S. (2015). LA URBANIZACIÓN GLOBAL: DE LO ANDINO A LO URBANO. Des-territorialización y reterritorialización del Centro Histórico de Quito. Breve aproximación a una genealogía de la calle Cuenca. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales - FLACSO Sede Ecuador.

Helene Izembart, B.L.B. (2003). Waterscapes: El tratamiento de aguas residuales mediante sistemas vegetales: Using Plant Systems to Treat Wastewater. Barcelona: Gustavo Gili.

Llop Torné, C (2008) Atlas Urbano-guia Metodologica Analisis Ciudad Latinoamericana. Master en desarrollo urbano y territorial. Universidad Nacional de Rosario. <https://www.studocu.com/es-ar/document/universidad-nacional-de-rosario/analisis-urbanistico/llop-torne-atlas-urbano-guia-metodologica-analisis-ciudad-latinoamericana/10745182>

Llop Torné, C. (2018) Metrópolis rurales emergentes en Latinoamérica. Master en desarrollo urbano y territorial. Departament d'Urbanisme i Ordenació del territori. Barcelon. DUOT.

Mappinggis. (2020) <https://mappinggis.com/2019/05/combinaciones-de-bandas-en-imagenes-de-satelite-landsat-y-sentinel/> (Consulta: 14/06/2020)

PDI Capinota (2006) Plan de Desarrollo Integral de Capinota. Departamento de Cochabamba. Capinota.

Tapia Uriona, R. (2014) Contribuciones para la construcción de la teoría sobre la ciudad latinoamericana. A: “VI Seminario Internacional de Investigación en Urbanismo, Barcelona-Bogotá. Barcelona: DUOT-UPC.

DOI: 10.5821/qru.11899

Adrián Alvarez Barcial
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

adrian.alva.89@gmail.com

EL RÍO JORDÁN COMO. EJE ESPACIAL DE TUNJA, COLOMBIA. El paseo universitario

Maria Elena Arteaga

Estudios han mostrado que en las zonas urbanas los ríos son ejes de conexión al territorio como potencial en el desarrollo sostenible. Actualmente, cuando el crecimiento es fragmentado y sin una estructura definida, el diseño urbano de las ciudades no vincula adecuadamente los procesos ecosistémicos entre los ríos y su entorno construido. Este artículo plantea, desde una perspectiva proyectual, tres propuestas de diseño urbano del río Jordán. El río está localizado al nororiente de Tunja, Colombia. Las propuestas se evalúan como escenarios de río, y a través de características cualitativas y cuantitativas se plantea una propuesta final que brinda jerarquía al río en relación con el contexto teniendo en cuenta los índices de compacidad. Se concluye que la mejor propuesta resulta con compacidad absoluta promedio de 1.4 y una compacidad corregida promedio de 6, evidenciando la importancia de aumentar altura y área construida en zonas cercanas al río.

Palabras clave: Diseño urbano, Planeación urbana, Urbanización, Uso de suelo.

Studies have shown that in urban areas, rivers are axes of connection to the territory as a potential for sustainable development. Currently, when growth is fragmented and without a defined structure, the urban design of cities does not adequately link the ecosystemic processes between rivers and their built environment. This article proposes, from a design perspective, three urban design proposals for the Jordan River. The river is located northeast of Tunja, Colombia. The proposals are evaluated as river scenarios, and through qualitative and quantitative characteristics, a final proposal is given hierarchy to the river in relation to the context, taking into account the compactness indexes. It is concluded that the best proposal has an average absolute compactness of 1.4 and an average corrected compactness of 6, showing the importance of increasing height and built area in areas close to the river.

Keywords: Urban design, Urban planning, Urbanization, Land use, rivers

Introducción

El presente artículo surge a partir del planteamiento desarrollado para el Trabajo Final de Maestría en Diseño Urbano de la Facultad de Artes de la Universidad Nacional de Colombia, con coautoría del docente Nelson Domingo Dueñas Pinto de la escuela de Arquitectura y Urbanismo de la Facultad de Artes de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

La relación que existe entre la ciudad y los cuerpos de agua se puede entender, desde el punto de vista eco sistémico, como una unidad que modifica los elementos naturales y los construidos. Debido a que la ciudad y los cuerpos de agua comparten el mismo hábitat y sus transformaciones, estas deben tratarse bajo mutuos acuerdos para propender por un desarrollo sostenible. (Martinez, 2018)

A pesar del papel imprescindible que tiene el río en la regulación de procesos naturales, éstos muchas veces no se consolidan como escenarios urbanos centrales sino como elementos secundarios. Sin embargo, en los últimos años, muchas ciudades están redirigiendo su interés en la recuperación de los ríos. El discurso dominante, donde se acepta la desaparición de las huellas hídricas, está transformándose hacia un nuevo relato donde los ríos pueden ser factor de cohesión social (Dávila, 2019)

Este artículo tiene como objetivo desarrollar una propuesta de diseño urbano que permita configurar el crecimiento de la ciudad junto al río Jordán, reconociendo la relación sistémica entre lo natural y construido, a partir de un contexto que está concentrando una nueva zona comercial, con grandes superficies y espacios universitarios. Este sector es reconocido por tener el mayor crecimiento urbanístico de la ciudad durante el siglo XXI, por la construcción de avenidas, zonas residenciales, edificios gubernamentales, centros médicos, deportivos y universitarios. Todo este desarrollo ha surgido ignorando el río.

La propuesta de diseño se desarrolla a partir de la elaboración de dos series de planos, la primera, de recopilación histórica del crecimiento de Tunja desde 1950 hasta el 2020. En la figura 1, se evidencia que la ciudad empieza a consolidar un crecimiento de manera lineal teniendo como eje de desarrollo la Avenida Norte configurando morfológicamente una bisagra entre la Tunja alta tradicional histórica y la Tunja baja contemporánea cercana al río.

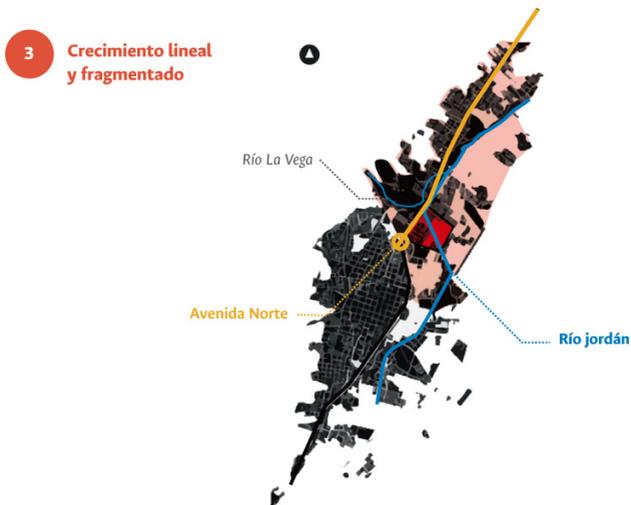


Fig. 01. Ilustración del plano actual de Tunja con crecimiento lineal y fragmentado. Fuente: Elaboración propia.

En la figura 2 se relaciona el plano histórico, de usos y de alturas, los cuales hacen evidencia que el uso dominante en el sector es el residencial, producto de la aparición de urbanizaciones campestres a partir de los años 80's, desarrollando dos sectores: uno al costado suroccidental y otro al costado nororiental del río (los cuales inicialmente contemplaban construcciones hasta 2 pisos) posteriormente aparecieron nuevas urbanizaciones de vivienda (tipo conjunto cerrado) con altura hasta 5 pisos tipo especialmente en el sector de Mesopotamia. Adicionalmente, la llegada de los equipamientos urbanos en los años 50 con la UPTC, en los 70 con el Estadio de la Independencia y en 2005 con la construcción del centro comercial Unicentro, con su comercio ancla, estableció un nuevo foco de desarrollo aprovechando los ejes viales que enmarcan el sector.



Fig. 02. Plano histórico, de usos y alturas del tramo de río a estudiar. Fuente: Elaboración propia.

Lo anterior, aplicado a la sección de estudio del río Jordán, zona nororiental de Tunja la cual presenta actualmente un proceso de densificación acompañado de crecimiento urbano fragmentado a lo largo de un río, ignorándolo. A partir de este diagnóstico, se identifican tres problemas en el territorio y el río:

1. Cambio en la configuración de la ronda hídrica del Río Jordán detectando áreas construidas sobre la ronda. En la figura 3 se identifica una de las áreas que más “estrangulan” por el crecimiento de vivienda.



Fig. 03. Cambio en la configuración de la ronda hídrica del Río Jordán detectando áreas construidas sobre la ronda. Fuente: Fotografía propia

2. Falta de integración de dos sectores con un crecimiento vinculado al río. En la figura 4, se muestra una de las integraciones peatonales actuales, evidenciando la carencia de infraestructura para una buena integración urbana.



Fig. 04. Falta de integración de dos sectores con un crecimiento vinculado al río. Fuente: Fotografía propia

3. Carencia del uso dotacional en las escalas zonales y locales a partir de la llegada del centro comercial. En la figura 5 se muestra la actual relación entre el comercio de grandes superficies en relación a un colegio en un contexto residencial.



Fig. 05. Carencia del uso dotacional en las escalas zonales y locales a partir de la llegada del centro comercial. Fuente: Fotografía propia

Este tramo del río hace parte de la subzona 7 (Alba, Arenas. 2018) tiene unos 800 m lineales y se caracteriza por un perfil de elevación de pendiente media de 0%; por tanto, equivale a un terreno plano. En la figura 6 se presenta el sector de estudio con los diferentes elementos urbanos del contexto.



Fig. 06. Sector de estudio y sus elementos urbanos. Fuente: Plano de google maps modificado por ponente

En el siguiente capítulo se presenta una revisión de literatura desde la estructura urbana ambiental, la integración y articulación urbana. Posteriormente, la metodología a partir de cuadros de área y evaluación de la propuesta final de diseño, planteado finalmente algunas conclusiones.

La estructura urbana ambiental

Las definiciones de estructura urbana ambiental tratan sobre ejes que agrupan áreas de soporte ambiental importantes para la vida humana y ecosistemas en el suelo urbano y de expansión. (Departamento Nacional de planeación, 2017). De acuerdo con Dávila (2018) y Salingaros (2005) definen el concepto de *estructura urbana-ambiental* a partir de redes jerárquicas, fractalidad y escenarios de cohesión social. Parte del diagnóstico del sector de estudio se relaciona con una estructura urbana existente (influida por el crecimiento urbano fragmentado) que crece y se va desarrollando hacia un cuerpo de agua. Es una estructura que requiere ser consolidada a partir de una jerarquización. La teoría fractal, en este caso, se convierte en lo opuesto a la fragmentación Dichas redes abrazan al río como parte de su territorio, el contexto mira al río, dotándolo de jerarquía y transformándolo en centro. Es una relación desde el contexto hacia el río.

La integración urbana.

La integración urbana, definida por Londoño (2014) hace referencia a la óptima relación ciudad / ecosistema como una relación deseable de integración espacial que no solo beneficia a la población en términos físicos y ambientales, sino también a la ciudad en términos de cualificación espacial. Por su parte, Gorgolas (2017) define la integración a partir del espacio público; la forma del sistema de espacios públicos determina la forma y estructura de la ciudad y acota el territorio, incidiendo en aspectos claves de la ordenación, como la articulación con el contexto natural y urbano, La correcta disposición de las actividades en el espacio urbano incide de manera determinante en la definición de su estructura. La integración urbana, fortalece la estructura urbana/ ambiental porque fomenta la fractalidad mediante un sistema de espacios públicos que determina la forma de la ciudad frente al río. Se trata de una relación desde el río hacia su contexto.

La articulación urbana.

Desde la articulación urbana, Hurtado (2016) propone a los equipamientos como articuladores de estructuras ecológicas y Ezquiaga (2000) explica que la presencia de un criterio de respuesta a un entorno urbano caótico mediante la adopción de tipos edificatorios de transición, permite la generación de un orden de conjunto y la constitución de la referencia común que organizará una jerarquía de elementos espaciales públicos. Se puede decir que la articulación urbana promueve unidad y centralidad; fortalece la estructura y la integración, al destacar los equipamientos como micro centralidades que se distinguen por su vocación. La articulación promueve la relación centro periferia (río y contexto) y su relación con la ciudad.

En la figura 7 se resalta la relación conceptual construida desde la revisión de literatura, entendiendo que desde el río se plantea una estructura urbana en red, que existe una integración urbana a través de caminos permeables al río y la articulación constituye focos de actividades específicas en torno al río.

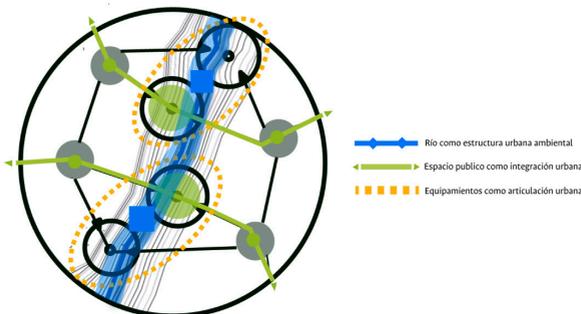


Fig. 07. Esquema de conclusión conceptual de acuerdo la revisión de literatura. Fuente: Elaboración propia

Compacidad

Se presenta el concepto de la Compacidad, el cual está relacionado con el desarrollo sostenible de las áreas urbanas y se considera lo contrario a la dispersión urbana. De acuerdo con la Agencia de Ecología Urbana de Barcelona (2009) la construcción de la ciudad implica una desnaturalización del medio ambiente y, según la forma en que ésta se haya construido, se ejercerá una presión de diferente grado sobre el territorio. Asimismo, el espacio público representa aquella parte de ciudad que es de dominio común y garantiza la circulación de los peatones y de los vehículos.

La compacidad absoluta (CA)

Evalúa el modelo de ciudad existente., se aproxima a la idea de densidad edificatoria con relación al consumo del suelo. El valor deseable de CA es 5 y el ideal es mayor que 5. Variable: volumen de las edificaciones. *Para este caso se toma la altura acuerdo a la normativa, donde se establece una altura de 3m por piso

La compacidad corregida (CC)

Calcula el equilibrio entre la compresión y la descompresión urbana. Se calcula dividiendo el volumen edificado por el espacio público de estancia. Tiene unos rangos de valores entre 10 a 50 metros deseables. Variable: espacio público de estancia

Metodología

Metodológicamente se abordará una investigación proyectual que tiene que ver directamente con los procesos de planificación enfocados en dar solución a un problema de tipo práctico, en una región específica, a partir de un diagnóstico de las necesidades del momento y de las tendencias futuras. Cuando se planifica del presente hacia el futuro se habla de previsión, la cual consiste en tomar ciertas medidas en el presente para resolver con anticipación algunos problemas que pudieran surgir en el futuro (Hurtado, 2000).

En la figura 8, se muestra el río Jordán y la localización de su nacimiento en zona rural del municipio de Tunja, en el páramo de la Vereda de Runta, (denominado como una de las áreas protegidas de carácter privado del municipio de Tunja y continúa su curso hasta la zona urbana donde se une con el río la vega, donde se localiza la sección de río a estudiar.

El propósito de la propuesta de diseño es establecer una idea de ciudad respetuosa con su entorno natural configurando mayores áreas verdes, donde exista un crecimiento urbano con un dominio frente al cuerpo de agua y la ciudad. De acuerdo a lo anterior, se plantean tres propuestas de diseño urbano

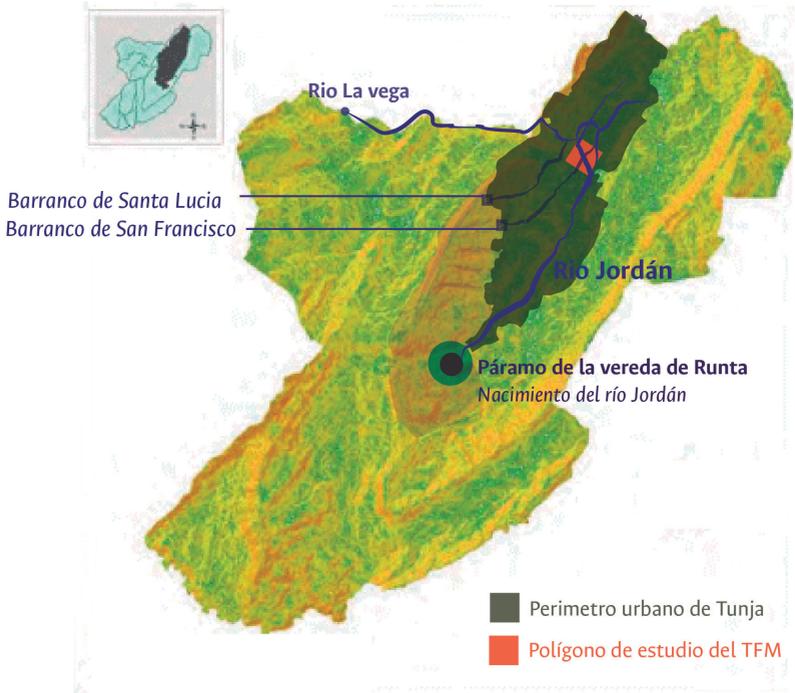


Fig. 08. Nacimiento del río Jordán y geografía de Tunja. Fuente: Elaboración propia

como alternativas de escenarios de río las cuales son elementos para definir la propuesta final de diseño urbano. La metodología se basó en cuadros de áreas comparativo de diseño urbano evaluando las áreas de vivienda, equipamientos, comercio y espacio público. A continuación, se presentan los criterios de evaluación establecidos para orientar las alternativas de escenarios:

- Incremento de áreas verdes
- Aumentar los senderos y andenes y recorridos peatonales sobre las vías
- Aumentar equipamientos escalas urbana, zonal y local
- Incrementar vivienda (multifamiliar: de 2 a 5 pisos de 5 a 8/12 pisos)
- Priorizar el comercio local minoristas en primer piso.

Para realizar este ejercicio de áreas, en la figura 9 se presentan los datos del estado actual, a partir de un cuadro de áreas:

CUADRO GENERAL DE ÁREAS - Situación actual		
DESCRIPCIÓN	TOTAL	
ÁREA BRUTA TOTAL	453.000,00	m2
SUELO DE PROTECCIÓN (RONDAS)	42.435,00	m2
TOTAL CONTROL AMBIENTAL	30,00	m2
CONTROL AMBIENTAL VIA 1 - Av norte	10,00	m2
CONTROL AMBIENTAL VIA 1 - Av olímpica	10,00	m2
CONTROL AMBIENTAL VIA 1 - Av universitaria	10,00	m2
TOTAL PARQUES	17.054,00	
PARQUE 1 Remansos 1	685,00	m2
PARQUE 2 Remansos 2	449,00	m2
PARQUE 3 Remansos 3	744,00	m2
PARQUE 4 unicentro	7.953,00	m2
PARQUE 5 colegio	1.772,00	m2
PARQUE 6 mesopotamia 1	959,00	m2
PARQUE 7 mesopotamia 2	164,00	m2
PARQUE 8 mesopotamia 3	2.488,00	m2
PARQUE 9 mesopotamia 4	1.428,00	m2
PARQUE 10 mesopotamia 5	412,00	m2
VIAS LOCALES	22.654,00	m2
USOS	133.878,00	m2
DOTACIONAL	4.668,00	m2
COMERCIAL PRIMER PISO	73.940,00	m2
RESIDENCIAL	55.270,00	m2
ARBOLES	1.107,00	m2
ARBOLES X PERSONA	0,11	Arb/hab
HABITANTES	10.063,00	unidad
DENSIDAD POBLACIONAL	0,02	m2 / Hab
VIVIENDA UNIFAMILIAR	77.378,00	m2
VIVIENDA MULTIFAMILIAR	33.163,00	m2
CUADRO GENERAL DE EDIFICABILIDAD		
INDICE OCUPACION (I.O.)	0,3	
INDICE CONSTRUCCION (I.C.)	1,00	

Fig. 09. Cuadro de áreas del sector actual. Fuente: Elaboración propia

Propuestas de alternativas de escenarios de río.

Las alternativas de escenarios de río se proponen como objetivos de diseño responden a las problemáticas identificadas en el sector.

- Configurar una estructura urbana ambiental a partir el río Jordán como espacio público ambiental, habilitando nuevas zonas verdes para la ronda que soporte a las actividades y servicios urbanos en especial los universitarios
- Establecer nuevas integraciones a lo largo de la estructura urbana ambiental del río, configurando una red vial y peatonal jerarquizada que permita el intercambio de actividades entre los barrios que conforman los sectores
- Dotar al sector con un sistema de equipamientos que permita aumentar el área dotacional y fortalezca las nuevas integraciones y actividades a lo largo de la estructura ambiental de río como paseo.

Alternativa 1. La ronda articulada por 3 espacios urbano

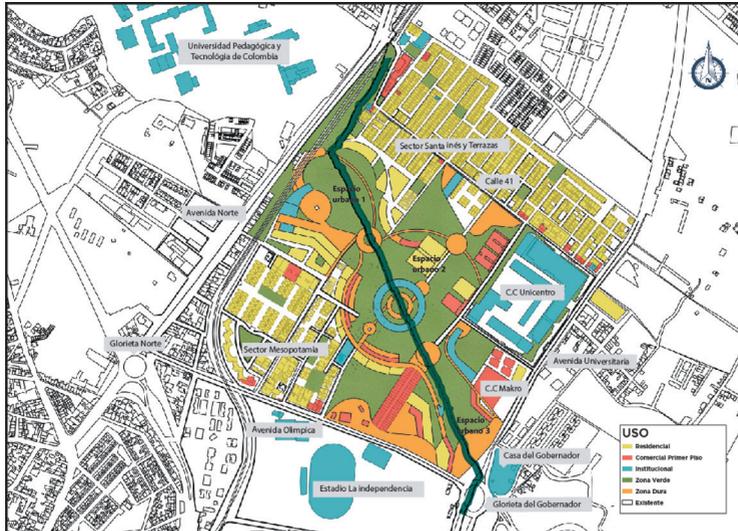


Fig. 10. Alternativa 1. La ronda articulada por 3 espacios urbanos. Fuente: Elaboración propia

Esta alternativa se destaca por tener una relación formal a partir de tres (3) espacios adyacentes al río desde el centro hacia los frentes que dan a la ciudad. Como espacio central se destaca la localización de un equipamiento cultural ambiental para reforzar el cuidado de la ronda a partir de un orquideorama (relación entre arquitectura y organismos vivos, a partir de un sistema modular, donde lo natural y material son una unidad que permite definir una organización material, ambiental y espacial particular (Archdaily,2008) donde se realicen actividades investigativas del río con posibilidad de establecer huertas urbanas a su alrededor. El segundo espacio se establece como escenario que da frente a la Avenida Norte, a partir de la estación del ferrocarril, a partir de uso institucional y administrativo, determinando este escenario como punto clave de servicios para los ciudadanos; este espacio se articula con el campus de la UPTC y el Pozo Donato. El tercer espacio, por su parte, estará destacado por su cierre a partir de una plazoleta central al río que responde tanto a las actividades dotacionales (centro médico y colegio) como a las de la ciudad, al integrarse con la Casa del Gobernador. De esta alternativa se destaca la posibilidad de un recorrido continuo que enmarca todo el tramo del río, con presencia de áreas comerciales, áreas verdes y nuevos escenarios para los equipamientos actuales y brindando mayor accesibilidad a ellos.

Respecto a la situación actual, esta alternativa incremento el I.O a una unidad (de 0.3 a 0.4) y el I.C se mantuvo en 1.0. Esta alternativa, es una de las que menor área ocupada tiene en relación al estado actual, destacándose

como la alternativa con mayor área verde. Frente a la red vial no se proponen cambios significativos. La cantidad de vivienda y comercio se mantiene similar a la existente. Esta alternativa se destaca por tener la mayor área de equipamientos, dada la propuesta de centro cultural ambiental e investigativo que se propone como elemento central de la propuesta, apoyada en nuevas áreas de pisos permeables que permiten un recorrido continuo entorno al río.

Alternativa 2. La Ronda como un solo espacio urbano



Fig. 11. Alternativa 2 La ronda como un solo espacio urbano. Fuente: Elaboración propia

Esta alternativa se destaca por la forma en que contiene la ronda, a partir de un frente semicontinuo que demarca un solo espacio frente al río. Se interpreta como un centro extendido que relaciona el río con su contexto a través de nuevos recorridos peatonales que se conectan con plazoletas y nodos comerciales que vinculan los equipamientos establecidos, configurando una red interior como paseo de río. Para el frente edificatorio que configura el río, se establecen transiciones entre el río (plazoletas) y se establecen tres puntos comerciales que se localizan como frentes del proyecto hacia las avenidas Norte, avenida Universitaria y avenida Olímpica.

Con respecto a la situación actual, aumentó el I.O a una unidad (de 0.3 a 0.4) y el I.C a dos unidades (de 1.0 a 1.2). Así mismo, no supera la situación actual frente a las áreas de vivienda. El comercio y las vías aún presenta déficit. En términos generales, se puede decir que esta alternativa, dota al sector con más área de equipamientos, andenes y áreas verdes frente a la situación actual. Esta alternativa propone un aumento en la densificación evidenciada

en el nuevo I.C, pero manteniendo la idea de una intervención de parque urbano para el río.

Alternativa 3. La ronda a partir de franjas urbanas

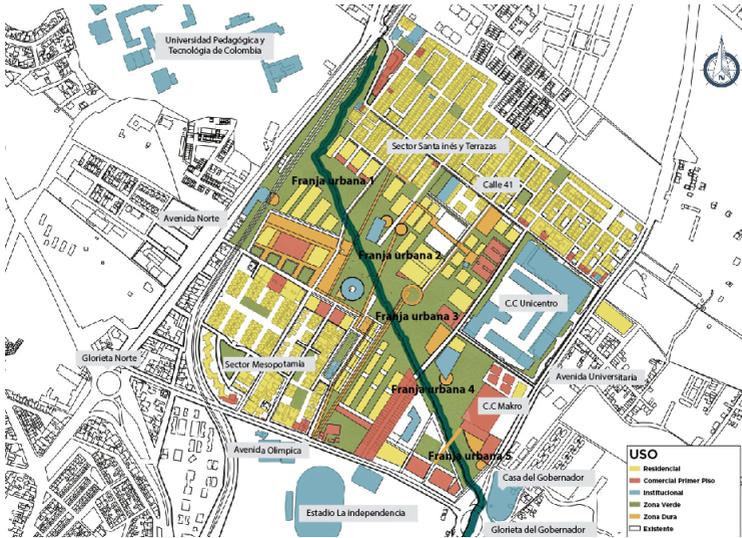


Fig. 12. Alternativa 3 La ronda a partir de franjas urbanas. Fuente: Elaboración propia

Se configura a partir de franjas dando continuidad a la morfología urbana actual. A partir de esta malla se establecen las áreas a intervenir, identificando cinco (5) franjas; cada una con actividades particulares diferenciadas para dar una estructura integral urbana a partir del río. Para este caso de describen las actividades de cada una:

Franja urbana 1: Como frente urbano, sobre la Avenida Norte, se establece un estrecho vínculo entre el equipamiento de transporte y administrativo y la estación del ferrocarril como punto de partida de un parque lineal férreo que demarca un recorrido frente al campus de la UPTC hasta vincularse con el paisaje del Pozo de Donato. En este frente se establece un uso comercial y residencial, acompañado de espacios de encuentro sobre el río y recorridos peatonales que integran los dos sectores.

Franja urbana 2: Este segundo frente se configura a partir de una plaza de encuentro cultural, que se vincula con dos equipamientos, uno educativo y otro cultural, dando un nuevo carácter a la ronda frente del río.

Franja urbana 3: La tercera franja se propone como un área central para el río, a partir de un arbolado acompañado de una plazaleta como escenario

para eventos públicos. En esta franja se configura la segunda integración de los dos sectores a partir de un sendero peatonal que conecta desde la calle 1 hasta con la Avenida Olímpica.

Franja urbana 4: En la cuarta franja se propone otro frente de río conformado por equipamientos locales y edificios comerciales. El equipamiento educativo se relaciona con el actual bulevar comercial que conecta con Unicentro; del otro lado del río, se ubica un centro médico deportivo y de negocios que se relaciona con el bulevar comercial. Estos dos equipamientos se vinculan a un parque zonal que soporta las actividades del colegio y el centro médico como escenarios de recreación, ocio y descanso.

Franja urbana 5: En la quinta franja, como frente de ciudad sobre la Avenida Universitaria, se plantea como un escenario de eventos públicos enmarcado en un área comercial. Se establece un vínculo con la Casa del Gobernador como una extensión de esta edificación de gobierno.

En esta propuesta se evidencia un aumento en el I.O a dos unidades (de 0.3 a 0.5) y un I.C que aumenta dos unidades (de 1.0 a 1.2). Se evidencia incremento en el comercio y vivienda, pero no superan su área respecto a la situación actual. Así mismo aumenta el área de primer piso, vivienda, andenes y vías. Esta propuesta se enfocó en densificar el sector, caracterizando unas primeras áreas de río principales y estableciendo las nuevas áreas residenciales y comerciales. A partir de los cuadros de áreas de las tres alternativas, se presenta la figura 11 comparativa de alternativas:

Determinantes para la propuesta final de diseño urbano

De acuerdo a la tabla comparativa anterior, como hipótesis se puede decir que los porcentajes de comercio y vivienda en las tres alternativas son valores que no sobrepasan los porcentajes de la situación actual. Con respecto al espacio público, se evidencia un crecimiento de estas áreas a través de cada alternativa, destacándose la alternativa (3). De acuerdo a lo anterior, se to-

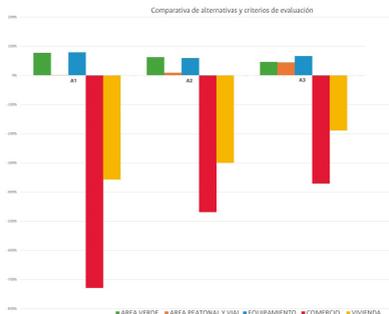


Fig. 13. Comparativa de áreas entre alternativas y criterios de evaluación. Fuente: elaboración propia.

maron en cuenta los siguientes ítems como determinantes para la propuesta final de diseño urbano:

- Como punto de partida, para el desarrollo de la alternativa final se tendrán en cuenta las áreas de la alternativa 3 como punto de comparación.
- La alternativa final deberá superar o mantener como mínimo el porcentaje de área ocupada mayor (16%)
- Dado que la alternativa 3 es la que menor área verde presenta, es pertinente establecer nuevas áreas verdes que superen el 20% faltante entre la alternativa 1 y configurar la gráfica con tendencia a crecer, lo que supone una organización de áreas verdes de río para fortalecer la estructura como espacio público ambiental.
- Para los equipamientos es indispensable aumentar el área, teniendo en cuenta que la alternativa 3 no se destaca por ser el valor más alto; por lo tanto, es pertinente aumentar 12.180m² en equipamientos para llegar al mínimo requerido, lo que supone una mejor distribución de áreas de equipamiento.
- Con respecto a las áreas peatonales y viales, para garantizar unos buenos índices de estas áreas se propone aumentar su tamaño, lo que supone una mayor integración del sector.
- Es indispensable aumentar el área en vivienda y comercio para llegar a unos indicadores mínimos que, de acuerdo con la propuesta 3, se debe aumentar 72,260 m² de vivienda y 54,291m² de comercio.

Propuesta final de diseño urbano: La ronda a partir de recintos urbanos¹

De acuerdo a los determinantes anteriormente mencionados, se presenta la figura 12 la cual muestra la propuesta final de diseño urbano:

De acuerdo con los objetivos de diseño, se establece que:

1. Para la configuración de la estructura urbana/ambiental para el río Jordán como espacio público ambiental, se tomaron las siguientes decisiones de diseño urbano:

- En la figura 13 se muestra como la ronda está configurada a partir de 4 espacios unidos por el río, diferenciados por las vocaciones asignadas, que soportan las actividades y servicios universitarios y dotacionales en relación con el río.

1. Los recintos urbanos (término acuñado por el arquitecto colombiano German Samper Ospina), aparecen cuando se diseña para conjuntos urbanos compactos donde los volúmenes aislados forman volúmenes continuos, donde se perciben una separación del área construida y los espacios vacíos.

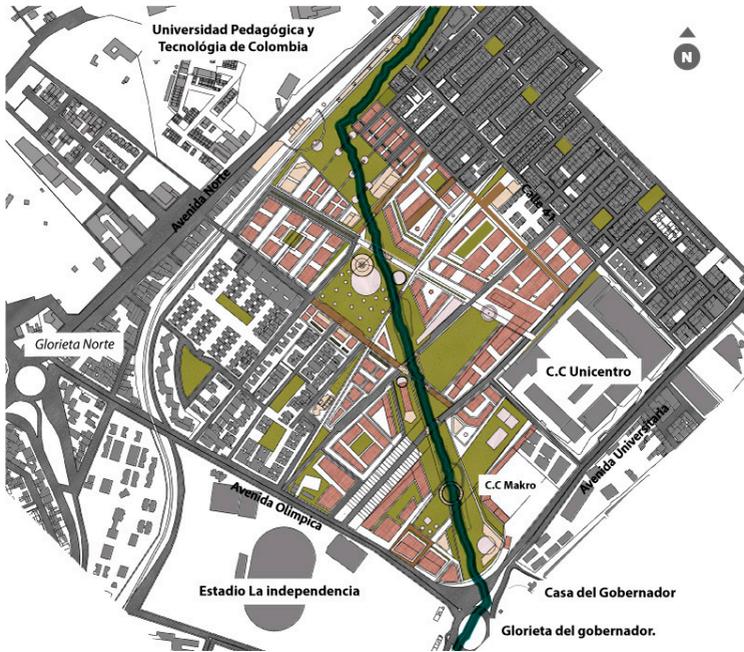


Fig. 14 Alternativa 4. Final: La ronda a partir de recintos urbanos. Fuente: Elaboración propia

2. Para la configuración de las integraciones viales y peatonales a lo largo del río Jordán, como escenario de red jerarquizada que es permeable a la ciudad, se tomaron las siguientes decisiones de diseño urbano:

- En la figura 14 se establece la integración como un segundo nivel de estructura que fortalece los 4 espacios de ronda y conecta con la actual infraestructura vial. Esta integración contempla 2 ejes peatonales nuevos y 3 ejes viales nuevos.

3. Para la configuración de la articulación urbana, a través del uso dotacional de centralidades a lo largo de la estructura ambiental de río, se tomaron las siguientes decisiones de diseño urbano:

- En la figura 15 se muestra el sistema de 8 equipamientos nuevos de escala local, zonal y urbana que articulan la nueva estructura de río en sus 4 escenarios y a su vez se localizan articulando las nuevas integraciones viales y peatonales de ambos sectores, permitiendo una nueva transición dotacional desde el río hacia la ciudad y viceversa. A continuación, se presentan los equipamientos propuestos de acuerdo con su tipología:

A partir del desarrollo de la propuesta de diseño urbano, en la figura 16 se presenta como tabla de barras comparativas los resultados de las cuatro alter-



Fig. 15 Recintos urbanos de río. Fuente: elaboración propia.

nativas, evidenciando los aumentos de áreas en propuesta final en relación al área de vivienda la cual mantiene valores negativos.

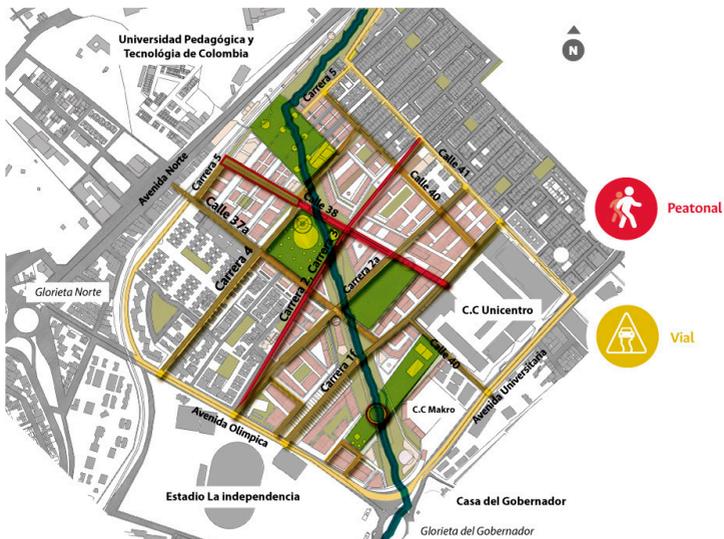


Fig. 16 Integraciones viales y peatonales. Fuente: Elaboración propia

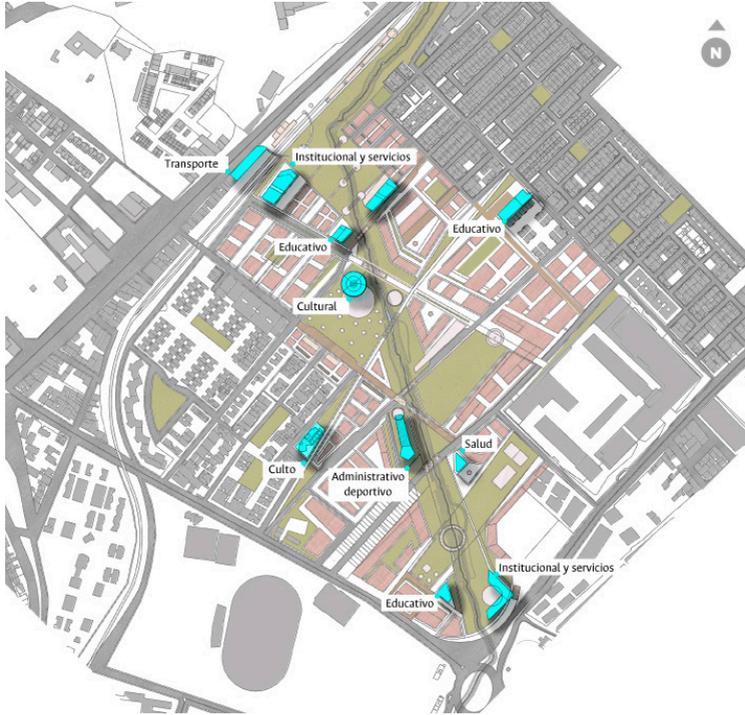


Fig. 17 Sistema de equipamientos para el río. Fuente: Elaboración propia

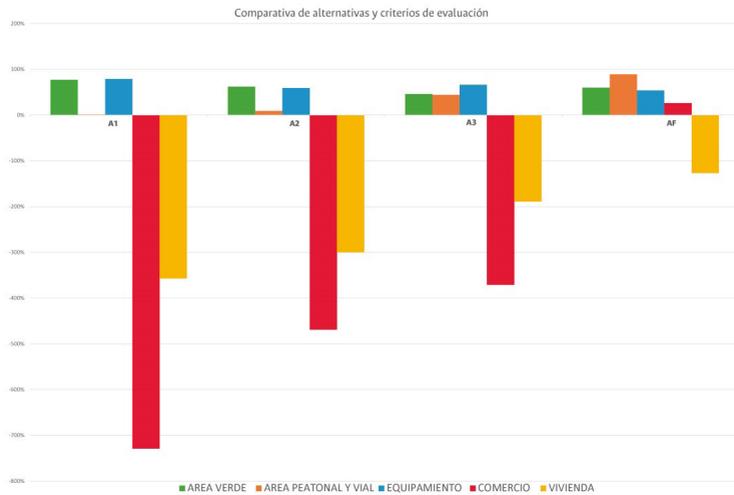


Fig. 18 Comparativa de áreas de las 4 alternativas y los criterios de evaluación.

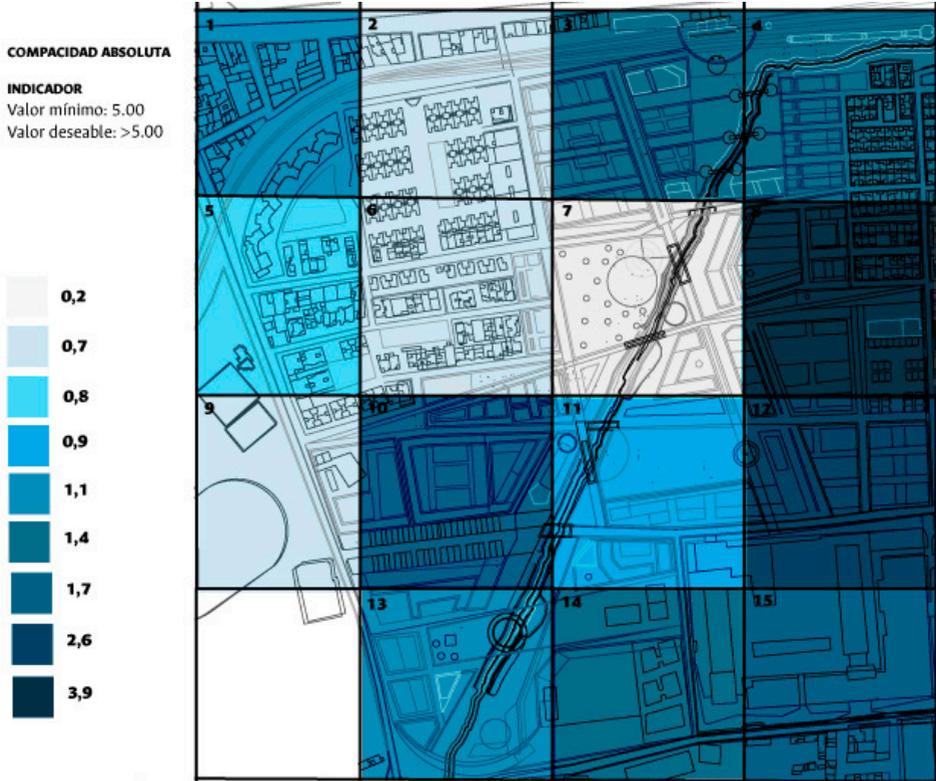


Fig. 19 Gráfica de la compacidad absoluta de la propuesta de diseño urbano. Fuente: elaboración propia..

Como parte final de la propuesta de diseño urbano, se desarrolla el análisis de compacidad como validación cuantitativa. A continuación, en la figura 17 se muestra el resultado de la **compacidad absoluta**:

- Los valores más altos de compacidad, aunque no llegan a los deseables, se encuentran en la cuadrícula 8 con una CA de 3,9, en donde se localizan alturas entre los 2 a 5 pisos. La cuadrícula 12 con una CA de 2,6, donde se localizan alturas desde los 3 a los 8 pisos.
- Los valores mínimos se encuentran en la casilla 7 con una CA de 0,2, aquí se localiza una de las áreas de río con equipamiento de dos pisos; en esta área se ubica solo un 2% del área edificada la cual tiene alturas entre 12 a 10 pisos y la cuadrícula 6 con una CA de 0,7. Se localizan alturas entre los 2 a 3 pisos, primando la tipología de vivienda unifamiliar.
- El valor promedio de compacidad absoluta para la propuesta es de 1.4



Fig. 20. Gráfica compacidad corregida de la propuesta de diseño urbano.

A continuación, se muestra la gráfica resultante de la **compacidad corregida**:

Las cuadrículas que cumplen con el índice de compacidad corregida deseable son la cuadrícula 1 con una CC de 17m² donde se localiza EPE del contexto; la cuadrícula 2 con una CC de 10m²; la cuadrícula 8 con CC de 10m². Por último, la cuadrícula 15 con valores de CC de 17m².

Los valores mínimos se encuentran en la casilla 7 con una CC de 0, esta cuadrícula está configurada por el EPE del área de río con vocación cultural; y la cuadrícula 13 con una CC de 1, localizado principalmente la plazoleta del equipamiento institucional y el área verde del parque del río.

El valor promedio de compacidad corregida para la propuesta es de 6



Fig. 21. Gráfica comparativa entre los valores más bajos y los más altos en la aplicación de la compacidad absoluta

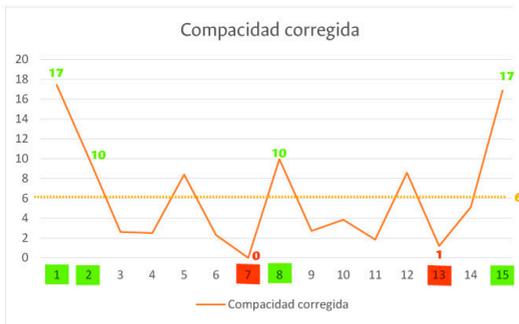


Fig. 22. Gráfica compacidad corregida de la propuesta de diseño urbano

Conclusiones

Se evidencia que, desde la compacidad absoluta (CA), el territorio no llega a los estándares de compacidad, determinando así que, para llegar a los valores ideales de una ciudad compacta, es necesario que cada cuadrícula aumente en el volumen edificado (VE) unos 200.000m³, es decir aumentar área ocupada y altura. Se presenta a continuación una gráfica donde se proyectan estos valores según cada cuadrícula.

Por otro lado, se puede mencionar que, solo el 13% de la propuesta se acerca a unos valores adecuados de CA, un 53% de la propuesta presenta valores de compacidad promedio de 1.4 y el 33% presenta valores de CA menores de.

En relación a la compacidad corregida (CC), se logra los valores ideales en un 26% del sector. Es importante aumentar la altura y área en las zonas cercanas a los (4) recintos urbanos de río ya que tienen un promedio de 2,3 en la CC

Como última reflexión se comparto la frase de Jaime Ferrarte, donde menciona que en la ordenación “ningún territorio debe ser poblado ni usado por encima de su capacidad natural para ello” Lo que conlleva a un mayor y mejor uso de esos territorios actualmente poco proyectados. Esto se resalta entendiendo que Tunja es una ciudad de origen agrícola y es indispensable no perder este potencial característica como desarrollo sostenible; La propuesta que hoy se presenta propone una ciudad de límites naturales frente a la huella construida, para determinar desde el diseño ideas de ciudades en relación a los cuerpos de agua.

Bibliografía

Dávila, H. T. (2018). La huella hídrica en la estructura urbana. El centro tradicional de Bogotá. *Bitácora Urbano-Territorial*, 28(3), 99-110. Revistas UNAL.

Ezquiaga, J. M. (2000). Escala intermedia en el proyecto urbano. Los planes urbanísticos de la escala intermedia. *Revista de urbanismo (Madrid)*, 5, 6-20

HURTADO, J. (2000). Metodología de la investigación holística. Caracas: Fundación Sypal.

Fuentes electrónicas:

Agencia d'Ecologia Urbana de Barcelona (2009). Sistema de indicadores y condicionantes para ciudades grandes y medianas. <https://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0722854.pdf> (Consulta: 15/10/2021)

Alba Rubio, L. M. & Arenas Arias, Y. (2018). Formulación de vía verde como alternativa de movilidad y recuperación ambiental del río Jordán Tunja. <http://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/3090> (Consulta: 13/03/2021)

Departamento Nacional de planeación. DNP (2017) Incorporación de la estructura ambiental integrada en el suelo urbano y de expansión del POT. <https://portalterritorial.dnp.gov.co/KitOT/Content/uploads/C%20AMBIENTAL.pdf> (14/052022)

Górgolas, P. (2017) El proyecto urbano del fragmento residencial. https://www.researchgate.net/publication/320197562_EL_PROYECTO_URBANO_DEL_FRAGMENTO_RESIDENCIAL . (Consulta: 20/08/2021)

Hurtado, J. & León, W. (2016). Transformación de ríos urbanos, Río Fucha: el equipamiento como articulador de dinámicas urbanas con la estructura ecológica del Río Fucha. <http://polux.unipiloto.edu.co:8080/00003087.pdf> (Consulta: 17/ 03/2021)

Londoño Londoño, Andrés (2014). Integración urbana del Río Fucha caso específico tramo. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/52233> (Consulta: 17/ 03/2021)

Martínez, E. (18 de junio de 2018). Ríos urbanos: ciudades de medio mundo apuestan por devolver sus cauces al estado natural. <https://www.larazon.es/atusalud/medioambiente/rios-urbanos-ciudades-de-medio-mundo-apuestan-por-devolver-sus-cauces-al-estado-natural-BN18734522/> (Consulta: 21/10/2021)

Orquideorama / Plan B Arquitectos + JPRCR Arquitectos (2008). <https://www.archdaily.co/co/727251/orquideorama-plan-b-arquitectos>. (Consulta: 23/08/2021).

Salingaros, Nikos A. (20 “Principios de Estructura Urbana, conectando la Ciudad Fractal” <https://zeta.math.utsa.edu/~yxk833/fractalcity-spanish.pdf> (Consulta: 17/ 03/2021)

DOI: 10.5821/qru.11910

María Elena Arteaga
Facultad de Artes, Escuela de Arquitectura y Urbanismo
Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá
mearteagav@unal.edu.co

RENATURALIZACIÓN DE RÍOS URBANOS EN BOGOTÁ

NUEVOS PATRONES URBANOS QUE RECONCILIAN CIUDADES Y ECOSISTEMAS

Angélica Holguín Alzate

Este artículo presenta un proyecto de diseño urbano de un corredor ambiental en un tramo del río Fucha (Bogotá, Colombia) que relaciona el nodo logístico-productivo de El Vergel con el barrio residencial Andalucía. A partir del análisis de la renovación del Arroyo Cheonggyecheon, en Corea del Sur; el proyecto Parques del Río Medellín, en Colombia y del Chicago Riverwalk, en Estados Unidos, como referentes de ríos urbanos, en conjunción con los conceptos de resiliencia ecológica, urbanismo del agua, diseño urbano sensible al agua y ecobarrios, se formularon cinco principios conceptuales: garantizar el acceso al agua, conservar la vida barrial residencial, crear espacio público aprovechable, atender la actividad logística e integrar servicios ambientales en la estructura urbana. En la intervención se transformaron los principios en tres operaciones de diseño: conectar el borde hídrico, reconfigurar el perfil urbano y cualificar el espacio público. Se desarrolla el trabajo con un enfoque aplicado a la solución de problemas en la relación agua-ciudad. Como resultado, el proyecto se concreta en un corredor que ofrece atributos ambientales y urbanísticos que crean una transición entre los elementos hídricos y el medio ambiente construido.

Palabras clave: diseño urbano, proyecto urbano, renovación urbana en bordes de río, renaturalización de ríos urbanos.

This article presents an urban design project for an environmental corridor in a section of the Fucha River (Bogotá, Colombia) that links the logistics-productive node of El Vergel with the Andalucía residential neighborhood. On the basis of urban projects such as the renovation of the Cheonggyecheon River, in South Korea; Parques del Río Medellín project, in Colombia, and Chicago Riverwalk, in the United States, added up to the concepts of ecological resilience, water urbanism, water-sensitive urban design, and eco-neighborhoods, five conceptual principles were formulated: guarantee access to water, preserve residential neighborhoods, create usable public space, attend to logistics activity and integrate environmental services into the urban structure. In the intervention, the principles were transformed into three design operations: connecting the water edge, reconfiguring the urban profile and qualifying the public space. This article is developed with a practical approach to the solution of problems in the water-city relationship. As a result, the project materializes in a corridor that offers environmental and urban attributes that create a transition between the water elements and the built environment.

Keywords: urban design, urban project, urban renewal on river banks, renaturation of urban rivers.

Introducción: la relación entre ríos y urbes

La preocupación teórica que da origen a este proyecto es la relación entre la forma urbana y los elementos hídricos. Cuando la ciudad no se planifica teniendo en cuenta preexistencias naturales como los ríos, las relaciones entre los elementos naturales y urbanos pueden resultar problemáticas, tanto para la vitalidad ambiental como para las edificaciones aledañas y el bienestar de quienes habitan las ciudades. Desde inicios del siglo XX, las ciudades latinoamericanas han experimentado procesos de urbanización descontrolada que tiene como consecuencias la fragmentación de los ecosistemas por el tejido urbano y una transformación drástica del sistema hídrico (como lo expone Rojas-Bernal, 2017). La rápida extensión de la ciudad acabó por utilizar todo el espacio libre disponible, en detrimento de rondas de ríos y áreas libres contiguas que son fundamentales para mitigar los efectos de los cambios estacionales, que suelen variar la dimensión del río mismo. Esta condición, sumada a los cambios en los procesos pluviales que genera el cambio climático, ya que en algunas latitudes del planeta se han registrado regímenes de lluvias más prolongados o más intensos (Brown Manrique et al, 2015), pone en alto riesgo las zonas urbanas cercanas a cuerpos de agua.

La situación de la relación general de las formas urbanas con los ríos se hace evidente de una forma notable en las zonas industriales de las ciudades, en especial en los sectores logísticos, donde se desarrollan actividades de almacenamiento, recepción y transporte de mercancías a gran escala. Estas actividades se ubicaron en las periferias de las ciudades, cerca de aeropuertos, terminales de transportes, puertos fluviales o estaciones ferroviarias. Con frecuencia, estos sectores logísticos bordearon los ríos urbanos, por la relevancia histórica que tomaron los muelles y puertos para el desarrollo industrial de las ciudades desde el siglo XIX (Shannon et al, 2008). Sin embargo, esta proximidad ha generado problemas espaciales que afectan la calidad urbana; como la falta de permeabilidad *física* entre las edificaciones y el espacio público, dada por las tipologías cerradas de la urbanización industrial (Hatuka y Ben-Joseph, 2017); una falta de diversidad de actividades debido a la tendencia de zonificación de usos heredada de la planificación moderna (Hatuka y Ben-Joseph, 2017); el déficit de espacios públicos y zonas verdes; y un deterioro en el espacio público peatonal, dado por la prevalencia de los vehículos de carga que transportan las mercancías y materias primas. Estas situaciones dificultan la relación entre los habitantes de un centro urbano y las áreas industriales cercanas a cuerpos de agua.

Esta problemática, que supone la relación deteriorada entre ciudad y río, da lugar a preguntar ¿cómo modificar los patrones urbanos de lo construido en sectores logísticos para incrementar la calidad espacial urbana en bordes de río? Responder esta pregunta no solo implica la transformación de los ríos en sí mismos, para mejorar las condiciones ambientales en la ciudad, sino también la modificación simultánea de los patrones urbanos de lo construido, para incrementar la calidad espacial urbana en bordes de río. Para desarrollar esta investigación seleccionamos el sector logístico ubicado en el barrio El Vergel y su borde sobre el río Fucha en Bogotá, Colombia, como sitio de estudio para responder esta pregunta generadora, pues allí se presenta de manera patente esta situación.

¿Cómo conciliar el río y la ciudad?

El proyecto se presentó como parte del Trabajo Final de Maestría en Diseño Urbano llamado *“Ecobarrio logístico El Vergel: renovación urbana, diseño y renaturalización en el río Fucha en Bogotá”*, y su objetivo principal fue configurar un corredor ambiental hídrico en uno de los tramos urbanos del río Fucha en Bogotá, que relacionara el nodo logístico-productivo de El Vergel con el barrio residencial Andalucía, dotándolo de atributos ambientales y urbanísticos que ayuden a crear una transición entre los elementos hídricos y el medio construido. En la figura 01 ilustramos la ubicación del sector en la ciudad, para entender las relaciones urbanas del sitio específico, un sector con usos logísticos de almacenamiento de mercancías y reparación de vehículos de carga. Es importante señalar la presencia de dos ríos en simultáneo, el San Francisco y el Fucha, así como la cercanía de la Av. Calle 13, una avenida metropolitana que sirve de ingreso y salida de la ciudad, lo que significa una conexión con la región y el país.



Fig. 01. Sitio de la intervención. Fuente: elaboración propia a partir de mapa de Google Maps.



Fig. 02. Fotografía del Sitio de la intervención. Fuente: Google Maps.

A raíz de estas investigaciones surgió la necesidad de puntualizar las soluciones a las problemáticas espaciales manifiestas en la relación borde de río-ciudad logística a través de unas estrategias de diseño más concretas y aplicables a escala de diseño urbano, ya que en la literatura consultada no existen herramientas de fácil materialización en el espacio, que permitan a arquitectos y planificadores de ciudad tomar decisiones en los proyectos de transformación de la ciudad ya consolidada. Para lograr el objetivo de la investigación y elaborar un diseño, fue preciso formular **cinco principios de diseño** (ver Figura 03) a partir de los conceptos de *Resiliencia ecológica*, que expone la necesidad de permitir, a través del diseño, que los elementos naturales se regulen en sus procesos ecológicos (Molina-Prieto, 2016), *Urbanismo del agua*, una teoría bajo la cual se deben planificar las ciudades en función del agua como elemento natural que las abastece y abraza (Shannon, 2008), *Diseño Urbano Sensible al Agua*, una metodología de intervención que integra los espacios residenciales con áreas de retención de aguas lluvias (Wong, 2006), *Servicios ambientales*, un concepto que explica la importancia de la conservación de los elementos de la naturaleza que nos benefician a los humanos (Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, 2005), y *Ecobarrios*, que propone estrategias de desarrollo o intervención de barrios con el fin de reducir su impacto negativo ambiental (Kyvelou y Papadopoulou, 2011), teorías que se consultaron para el desarrollo de esta investigación.

Los principios conceptuales son:

1° Garantizar el acceso al agua: tanto en zonas residenciales como en los centros de empleo es importante hacer a todos los ciudadanos partícipes de los procesos del ciclo hídrico, a través de estrategias espaciales que permitan una transición de los elementos de la estructura ecológica principal a las formas construidas (Wong, 2006). Como lo señala Shannon et al (2008:6): “(A mediados del siglo XIX) el agua perdió su atracción natural. Se convirtió en un objeto de meros procesos de saneamiento y depuración y entre más pronto el agua sucia pudiera ser arrojada en algún lugar fuera de la ciudad, mejor. Estaba cubierta y escondida. La época del “Urbanismo Limpio” [De Meulder

1997] comenzó con el destierro visual del agua. A partir de ese momento, el agua se convirtió en un ausente. Su presencia en el urbanismo moderno era un truco de ingeniería, fuera de vista y, en consecuencia, fuera de la mente. Higienizada, canalizada, cubierta, entubada – escondida. El agua urbana estaba ausente”. Uno de los *propósitos esenciales* de la recuperación urbana de fuentes hídricas es recuperar la visibilidad e interacción directa con el agua en las ciudades, en todos los procesos naturales en los cuales esta interviene.

2° Conservar la vida barrial residencial: cuando existen zonas residenciales aledañas a la estructura ecológica de una ciudad, es más probable que quienes habitan estos sectores desarrollen un sentido de pertenencia por los ríos, los visiten y los cuiden. Esto se alinea con la perspectiva de Bernal (2017), que en su investigación plantea asentamientos de vivienda en inmediaciones al río Bogotá, con formas urbanas que permitan que los procesos naturales se den de manera adecuada.

3° Crear espacio público aprovechable: teniendo en cuenta que el río Fucha tiene áreas libres de protección ambiental, estas áreas pueden complementarse con zonas deportivas y parques claramente delimitados para recreación, práctica deportiva y esparcimiento de los habitantes y trabajadores de la zona.

4° Atender la actividad logística: se busca conservar esta actividad que existe gracias a las dinámicas del mercado y las necesidades económicas y funcionales del sector, por estar ubicado cerca de una vía de carácter metropolitano de entrada y salida de la ciudad. Este patrón de localización podemos verlo en distintas latitudes con el uso logístico y para efectos de este diseño se busca una ciudad mixta y compacta, que permita que estas actividades coexistan con las demás para aportar a la vitalidad del sector en un rango horario más amplio. Además, según lo señalado por Hatuka y Ben-Joseph (2017:22) “está surgiendo una gran oportunidad para redefinir el papel de la industria en la ciudad, convirtiéndola en una parte interna del tejido urbano, tanto como la vivienda o el comercio”. Esto quiere decir que, tal como en muchas ciudades del mundo, las zonas de almacenamiento que se ubican cerca de los ríos tienen gran potencial de transformación urbana, bajo la lógica de reutilizar estos espacios para otras actividades minimizando los residuos generados por la demolición.

5° Integrar servicios ambientales en la estructura urbana: La Estructura Ecológica Principal de Bogotá (EEP), a la cual pertenece el río Fucha, provee a la ciudad entera de servicios ambientales, tal como fueron definidos por la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio en 2005, son los beneficios que obtenemos los humanos de los ecosistemas. Existen servicios ambientales de varios tipos: de aprovisionamiento de agua y alimentos; de regulación del clima; de apoyo a la reproducción de especies; y de tipo cultural para esparcimiento. Todos estos beneficios no pueden limitarse a las inmediaciones del

río Fucha, sino que deben potenciarse e integrarse en el resto del tejido de la ciudad. Integrar servicios ambientales en la estructura urbana es el último de los principios de esta intervención, en miras a proteger los ecosistemas y lograr una amalgama viable entre los sistemas naturales y nuestro entorno construido.



Fig. 03. Principios conceptuales de la intervención. Fuente: elaboración propia

Pensar en el diseño de los cuerpos hídricos y de la forma urbana tanto de lo construido como de los espacios libres que los rodean, es pertinente para aportar a la discusión de la dicotomía entre ciudad-naturaleza que se ha venido dando en los últimos años. El crecimiento urbano acelerado y desorganizado como el que presenta la ciudad latinoamericana, es un fenómeno que por lo general acaba por disminuir las áreas libres y reservas naturales que son vitales para los procesos biológicos del territorio, generando riesgos urbanos como erosión e inundaciones. A la hora de abordar el desarrollo urbano, uno de los aspectos más importantes, espacialmente, son las áreas libres y su relación con el espacio ocupado por edificaciones. Sobre este tema, Ian McHarg (1969:172) teoriza de forma contundente en su libro *Diseñar con la Naturaleza*: “(...) ciertas áreas contienen tales valores, limitaciones, restricciones y, en ciertos casos, tales prohibiciones, que la urbanización es totalmente inadecuada”. Por lo tanto, resulta esencial entender las preexistencias geográficas y biológicas a la hora de elegir los sitios donde la urbanización tomará lugar. Como conclusión, la ciudad se debería diseñar a partir de dos sistemas con patrones independientes pero fusionados: el natural y el urbano.

Sin embargo, es a través del diseño de propuestas específicas que podemos dar una respuesta más tangible, viable y clara que solucione las problemáticas asociadas y además proponga retos a los agentes que intervienen en la transformación de la ciudad, desde la política pública y la planificación hasta la arquitectura y el hábitat humano. Esta investigación, precisamente se orienta a contribuir con la elaboración de propuestas concretas que acerquen a la realidad la solución espacial a las problemáticas que envuelven al agua y la ciudad.

A los principios de intervención se sumó el análisis de tres referentes proyectuales de intervenciones en ríos urbanos: la renovación del Arroyo Cheonggyecheon, en Seúl, Corea del Sur; el proyecto Parques del Río Medellín, en Colombia y Chicago Riverwalk, en Estados Unidos. Estos ejemplos fueron seleccionados con tres criterios específicos: el primero, por ser intervenciones en ríos que habían sido canalizados en el pasado, al igual que el río Fucha; el segundo criterio fue que el proyecto estuviese construido, y no hiciera parte de algún plan del que no pudiese apreciarse su resultado materializado en la realidad; y el tercer criterio fue que el proyecto estuviese ubicado dentro de la estructura urbana en distintas situaciones contextuales. En el caso específico del arroyo Cheonggyecheon en Corea del Sur, esta era una corriente hídrica que no solo estaba canalizada, sino además entubada, y fue renaturalizada sacando su cauce a la superficie, constituyendo uno de los proyectos de mayor vanguardia en el diseño urbano de ríos de los últimos años. El proyecto del río Chicago resulta atractivo por su concepción de las variaciones en el espacio público asociado al río. Por último, se incluyó un proyecto que se ubica en Colombia, en un contexto más cercano al del Fucha. Para este propósito se incluyó Parques del río Medellín, el más reciente proyecto de renovación en bordes de río en nuestro país.



Fig. 04. Proyecto Arroyo Cheonggyecheon en Seúl, Corea del Sur . Fuente: ArchDaily. <https://www.archdaily.co/802883/tres-claves-para-recuperar-los-espacios-publicos-y-fomentar-la-vida-urbana> (Consulta: 17/01/2023)

En el proyecto del arroyo Cheonggyecheon en Seúl, Corea del Sur, la mayor parte del área está destinada al uso peatonal, y tiene dos frentes paralelos de edificaciones con morfología de barra continua. Esto le da una perspectiva lineal que conserva densidades medias. Otra de las características clave de esta propuesta es su diseño resiliente. Por medio de la disposición de las aguas a dos niveles, no solo responde a las épocas donde existen lluvias abundantes, sino también a aquellas donde las lluvias sean menores, controlando así el nivel del cauce, para evitar malos olores por sedimentación. Tiene además dos vías paralelas al río y andenes en ambos costados con una franja vegetal.

Lo que se rescata de este ejemplo para efectos del diseño de esta propuesta, es abordaje de cada uno de los tramos del río de manera distinta, entendiendo las características espaciales de las construcciones que le dan frente, así como se dispusieron áreas con carácter de permanencia y circulación en cada uno de los tramos. Por otra parte, en este tramo en particular se caracteriza por disponer áreas de estancia para los ciudadanos, ya sea a modo de mobiliario propiamente dicho o utilizando los laterales del río cuando no se encuentra muy caudaloso, o para ofrecer recorridos peatonales, cumpliendo con el concepto de multifuncionalidad.



Fig. 05. Proyecto Parques del río Medellín, Colombia . Fuente: <https://landscape.coac.net/parques-del-rio-medellin> (Consulta: 17/01/2023)

El siguiente proyecto es una renovación de la zona circundante al río Medellín, en Medellín Colombia. Para hacer posible esta intervención, las vías paralelas al río fueron enterradas, para dar paso a una plataforma completamente peatonal a nivel, con varios puentes que permiten atravesarlo (ver Figura 05). Presenta unos senderos peatonales a ambos lados del cauce, y aunque no se interviene el perfil del río en sí, existe una especial atención a la calidad urbana del espacio público y a la disposición de espacios de permanencia, tanto en forma de edificaciones, como en zonas de espacio público sobre el cauce que sutilmente acercan al usuario al agua y al paisaje de la ciudad.

De esta intervención se rescata para el desarrollo del proyecto, la configuración de un perfil más cerrado a través de la ubicación de edificaciones de baja altura cerca al río, que sin ser muy invasivas visualmente permiten una mayor actividad asociada al espacio público, la prioridad peatonal con el gesto de ubicar la vía en un nivel subterráneo para liberar una mayor área de espacio público a nivel, y una calidad ambiental alta a través del incremento en las zonas vegetadas tanto en el río como en las zonas circundantes. Estas estrategias fueron útiles para solucionar, entre otras, la problemática de una falta de permeabilidad, ya que el río Medellín constituía una barrera urbana

difícil de cruzar, mientras al tiempo se mejoraron las condiciones ambientales y de espacio público.



Fig. 06. Proyecto Chicago Riverwalk, EE.UU. Fuente: ArchDaily. <https://www.archdaily.com/780307/chicago-riverwalk-chicago-department-of-transportation-plus-ross-barney-architects-plus-sasaki-associates-plus-jacob-ryan-associates-plus-alfred-benesch-and-company> (Consulta: 17/01/2023)

En cuanto al proyecto del paseo hídrico en la ciudad de Chicago, esta intervención cuenta con áreas verdes en relación directa con el agua, y unas plataformas que conforman el recorrido peatonal. La densidad en este caso es mucho más alta, respondiendo también a un sector central de la ciudad con muchos usos institucionales, así como de oficinas a gran escala. En este proyecto también se interviene cada tramo por separado dándole una “personalidad particular”, en este caso con una operación de abalconamiento sobre el agua generando distintos nichos de estancia para contemplación o incluso pesca, zona que también puede inundarse dependiendo de los fenómenos pluviales específicos en cada estación. Resalta de esta propuesta el aprovechamiento del río para espacio público a desnivel (ver Figura 06), el énfasis en la creación de un paisaje agradable, y la disposición de zonas de permanencia y circulación diferenciadas. Estas soluciones se orientaron a darle un uso público al río Chicago, que era un canal diseñado para apoyar la transformación industrial de la ciudad. El corredor del río se encontraba afectado por las actividades industriales y residenciales, tanto en cuanto a la calidad del agua como en relaciones urbanas inexistentes con su contexto.

En cuanto a la forma urbana, existe un patrón en los referentes seleccionados en ordenar el territorio contiguo a los cuerpos hídricos disponiendo la forma de lotes y construcciones con frente al río, usualmente con una vía o espacio lineal de circulación peatonal paralela al cauce hídrico. Adicionalmente, en estos proyectos existe un incremento del espacio público efectivo peatonal y una franja de protección vegetal. En todos estos ejemplos se busca generar distintas características en el espacio público. Teniendo en cuenta lo anterior, a partir de estas lecciones aprendidas se elaboraron tres operaciones proyectuales, que funcionan como repertorios de soluciones con diferentes propósitos: la primera operación busca **conectar el borde hídrico**, para evitar que el río actúe como una barrera urbana, la segunda ofrece distintas opciones para **reconfigurar el perfil** urbano (perfil de río) y la última presenta formas de **cualificar el espacio público**.

Posteriormente, se seleccionaron las operaciones que mejor se ajustaban al caso del tramo escogido en el barrio El Vergel del río Fucha en Bogotá, y se transformaron en decisiones de diseño específicas que se materializan en el proyecto. El método de combinación entre principios y operaciones se ilustra en la Figura 07.

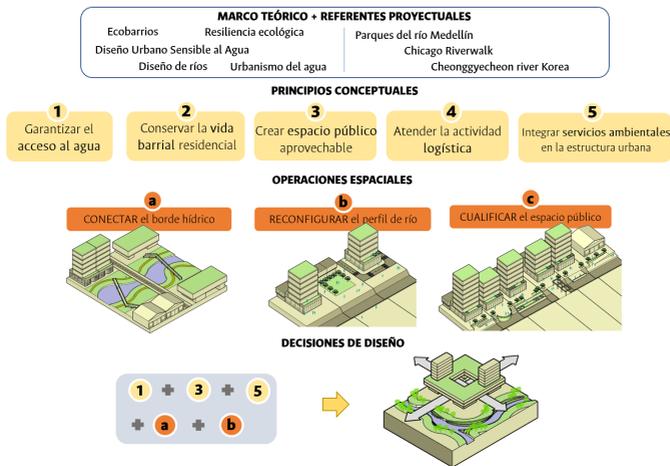


Fig. 07. Esquema de metodología de acercamiento a la propuesta concreta de diseño. Fuente: elaboración propia

Resultado: ecobarrio logístico El Vergel

Esta propuesta de solución a las problemáticas presentadas supone que los ríos urbanos pueden ser objeto de un proceso de renaturalización que consiste en des-canalizar el agua y diseñar un cauce curvo y paisajísticamente adecuado, resiliente ante eventos fluviales y con mayores áreas vegetadas que provean servicios ecosistémicos, de modo que el cauce restaurado se asemeje funcional y estéticamente a un río natural. Ante la imposibilidad de regresar

en el tiempo y obtener de nuevo aquellos limpios cauces naturales de los ríos que existen fuera del contexto urbano, hay lugar a rescatar las características que hacen de los ríos naturales elementos clave de conectividad ecológica dentro de la ciudad y aprovechar sus beneficios para la vida humana. Además, para rescatar el papel fundamental histórico que tienen los ríos en el origen de los asentamientos urbanos, el río renaturalizado evoca la memoria de las antiguas fuentes de agua y vida de la humanidad. En conclusión, se busca que el medio construido se relacione con el río a través de patrones urbanos que otorguen diversidad de actividades en el espacio público y hagan de los bordes de ríos espacios de recreación para los ciudadanos.

Para recapitular las características de la propuesta final, seleccionamos una serie de decisiones de diseño puntuales que pueden dar cuenta de la aplicación simultánea tanto de las operaciones de diseño como de los principios conceptuales de partida en el proyecto. Adicionalmente, incluimos una serie de esquemas que funcionan como memoria proyectual para dar cuenta de los elementos estructurantes de la pieza urbana.

Una de las principales decisiones de diseño aplicadas en el proyecto la hemos denominado **MANZANA PERMEABLE**. Para mejorar la transición entre el corredor hídrico del río Fucha y su entorno construido debemos integrar los servicios ecosistémicos a la estructura urbana. Esto se logra ‘perforando’ las manzanas con espacios verdes que en planta baja puedan ser aprovechados por los peatones, como ejemplificamos en la Figura 08. Aquí entendemos el concepto de permeabilidad en su doble acepción: la capacidad del suelo urbano para absorber y retener agua, aumentando las áreas verdes para evitar riesgos por inundación y gestionar las aguas lluvias; y la característica de las edificaciones que las hace caminables en planta baja por los peatones.

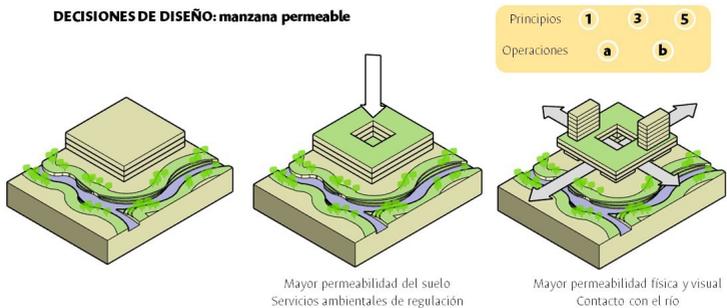
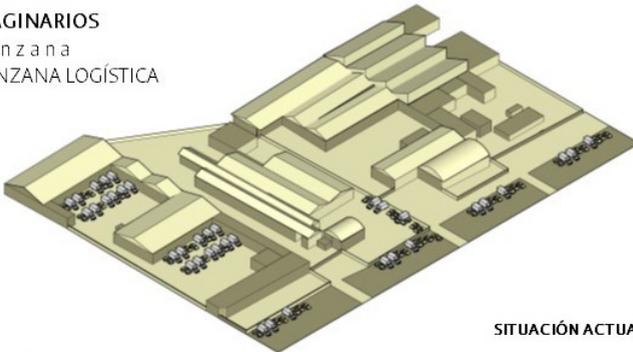


Fig. 08. Esquema manzana permeable. Fuente: elaboración propia

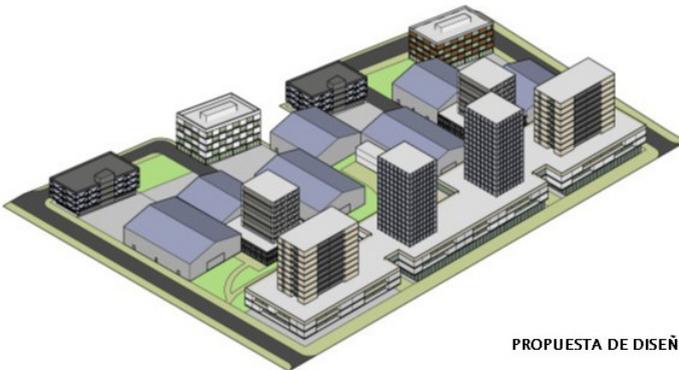
El imaginario de la Figura 09 muestra cómo las manzanas de gran dimensión, con edificaciones de tipología de galpón, cercadas con rejas o muros que se cierran a la ciudad, se convierten en un espacio más abierto. Se implantan edificaciones de diferente altura y área intercaladas con los usos logísticos, que permitan activar estas zonas habitualmente inactivas. Los espacios verdes al interior de la manzana, que muestra el imaginario de la Figura 10, no solo incrementan las áreas vegetadas del proyecto, dando servicios ambientales de control climático, retención de aguas y confort ambiental, sino que además proveen zonas de espacio público aprovechable por residentes y visitantes de la zona, una población que aumentará con la densificación que se propone. Cabe aclarar que en este caso únicamente se densifica en altura el borde contiguo a la avenida Calle 13, no el borde próximo del río, ni las zonas inundables por el mismo, dado que la topografía del río Fucha debería estar calculada para albergar el máximo posible de agua en un periodo de 100 años, evitando que las zonas habitadas se inunden.

IMAGINARIOS

Manzana
MANZANA LOGÍSTICA



SITUACIÓN ACTUAL



PROPUESTA DE DISEÑO

Fig. 09. Imaginario de Manzana tipo logística. Fuente: elaboración propia.

IMAGINARIOS
Espacio público
SUCESIÓN DE PATIOS EN CENTRO DE MANZANA



Fig. 10. Imaginario de Manzana tipo logística. Fuente: elaboración propia.

La segunda decisión de diseño relevante para comprender el proyecto consistió en la **CONSOLIDACIÓN DEL FRENTE RESIDENCIAL** del barrio Andalucía. Se reorientan algunos lotes hacia el río, manteniendo el uso residencial, pero con un frente adecuado que tenga una mirada sobre el corredor ambiental. Además, como puede verse en la Figura 11, se extienden algunas áreas verdes hacia zonas vacías que permitan una integración de las formas urbanas con el río, a través de huertas urbanas comunitarias. El planteamiento contempla la reubicación en sitio de los residentes.

Para efectos de este proyecto, entendemos la necesidad de remover algunas edificaciones para propósitos de renovación urbana, en un sector con muchas edificaciones en mal estado o deterioradas. Sin embargo, debemos tener suficiente sensibilidad para saber que no es necesario realizar una tabula rasa

DECISIONES DE DISEÑO: consolidación de frente residencial

Principios 1 2 3
Operaciones c b



Fig. 11. Esquema consolidación de frente residencial. Fuente: elaboración propia.

IMAGINARIOS
CENTRO COMUNITARIO



Fig. 12. Imaginario de equipamiento, centro comunitario. Fuente: elaboración propia con uso de imágenes de Google Maps.

para mejorar la calidad urbana de un sector determinado, cuando de una zona residencial se trata; pues implica el traslado de muchos residentes que contribuyen a la actividad peatonal y que tienen un valioso arraigo del lugar. Es por esto que buscamos modificar la menor cantidad de edificaciones posible en la zona residencial.

En el imaginario de la Figura 12, antes teníamos un espacio anodino, sin características ni frentes claramente definidos, con muchas fachadas ciegas que lo hacían un sector ignorado por la forma urbana, con poquísima vegetación asociada a un canal rectilíneo que alberga actualmente el río Fucha. En el diseño propuesto se integran equipamientos en conjunción con la vivienda, con frentes orientados hacia el río, que permiten una relación socio espacial con el cuerpo de agua y suplir las necesidades de equipamientos comunitarios.

La tercera de las decisiones de diseño que se tomaron para la elaboración de este proyecto se denominó **TRANSFORMACIÓN DEL PERFIL DEL RÍO FUCHA**. El río canalizado tiene una morfología rectilínea y monótona,

IMAGINARIOS

VISTA SOBRE EL RÍO FUCHA HACIA EL ORIENTE



Fig. 13. Imaginario del espacio del río Fucha Fuente: Elaboración propia con uso de imágenes de Google Maps.

su lecho es impermeable y cuenta con altas velocidades de escorrentía por su topografía plana, además que su cauce responde únicamente a necesidades técnicas de control de inundaciones. A través del proyecto, el propósito es crear espacios de integración urbana, contemplación paisajística, permanencia y disfrute de los ecosistemas que puede generar el río Fucha. El río deja de ser un elemento exclusivamente ingenieril para convertirse en territorio urbano.

No solo se transforma el diseño del río en planta, otorgándole meandros artificiales para disminuir su velocidad, como se muestra en la Figura 13, sino también en perfil, a través de cambios en la topografía, que dejan a los peatones acercarse más al río en algunas zonas, utilizando escalinatas y rampas para realizar actividades de recreación pasiva. Aquí la vegetación tiene un doble propósito: los árboles de mayor porte ejercen el control ambiental en las zonas cercanas a las edificaciones, mientras que hacia el eje del río los arbustos y árboles frutales, de menor porte, proveen servicios ambientales para el control de taludes y provisión de alimento para la fauna, mejorando la conectividad ambiental.

COMPLEJIZAR LOS RECORRIDOS fue una de las decisiones de diseño más importantes orientada a mejorar la permeabilidad física y la movilidad urbana de la zona. Esta decisión responde a la necesidad de atender las entradas y salidas de vehículos para uso logístico, y maximizar las posibilidades de encuentro con el agua para todos los actores urbanos. En la Figura 14 aparecen tres esquemas de la zona de intervención en axonometría. De arriba hacia abajo, el primero (14 A) ilustra los recorridos peatonales propuestos para el proyecto, el segundo (14 B) los recorridos vehiculares, con una escala de color donde el rojo significa vías de mayor jerarquía y amarillo las vías

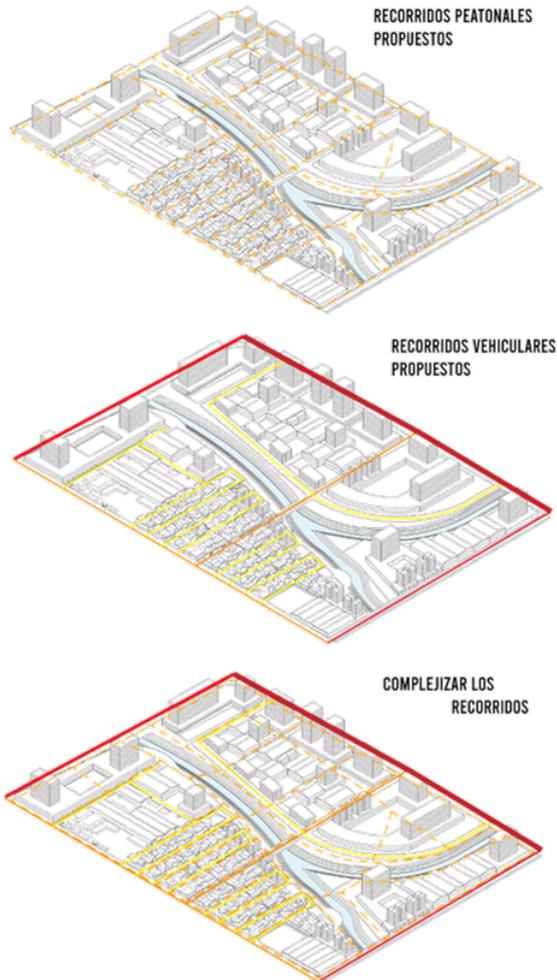


Fig. 14. Esquema de recorridos. A, B y C, en orden descendente Fuente: Elaboración propia

IMAGINARIOS

VISTA SOBRE EL RÍO FUCHA HACIA EL ORIENTE



Fig. 15. Imaginario de calle. Fuente: Elaboración propia con uso de imágenes de Google Maps.

de menor jerarquía o dimensión. Por último (14 C), en el tercer esquema se juntan los dos anteriores superpuestos, para comprender la complejidad en los recorridos que se logró con el proyecto. Para llegar a este resultado se utilizó además la operación de diseño denominada **“Conectar el borde”** ya que se incluyó una vía vehicular adicional que atraviesa el canal del río Fucha, y numerosos caminos peatonales adicionales. Por otra parte, las vías que no son completamente continuas en sentido transversal al río sí tienen una continuidad a modo de calle paralela al cauce hídrico.

En el imaginario de calle (ver Figura 15), ilustramos la carrera 81ª, una vía vehicular que actualmente no atraviesa el río Fucha, reforzando su condición de límite, no cuenta con zonas diferenciadas para proteger al peatón, y se fomenta el parqueo de vehículos de carga sobre la vía. En la propuesta de diseño, en cambio, se removieron salidas de vehículos de carga de esta calle, se diferencian claramente las zonas peatonales de las vehiculares, y se implementaron galerías para proteger al peatón dentro de plataformas con alturas más variadas.

IMAGINARIOS

AV. CALLE 13



Fig. 16. Imaginario de articulación con el transporte en la Av. Calle 13. Fuente: Elaboración propia con uso de imágenes de Google Maps.

También era necesario generar una articulación clara con los sistemas de transporte. Sobre la Av. Calle 13, no hay suficiente espacio para el peatón, que está avasallado por seis grandes carriles vehiculares, y tampoco se contempla al ciclista, ya que no existen carriles para este tipo de vehículo. Además, las edificaciones existentes no corresponden a la escala del perfil de esta Avenida de escala metropolitana. En el imaginario de la Figura 16 se muestra el diseño de andenes más amplios, de 10 metros, con espacio suficiente para una franja de mobiliario y vegetación, ciclorruta y cruces peatonales para el acceso a sistemas masivos de transporte, así como edificaciones de mayor densidad que den una escala apropiada a la amplitud del perfil urbano.

La última de las decisiones de diseño elegidas para demostrar a través de este proyecto, se denomina **CALLES COMPARTIDAS**. Dentro del barrio Andalucía II las calles tienen un perfil estrecho y un espacio peatonal limitado que es amenazado por el uso logístico, por lo cual se decidió implementar un modelo de calles compartidas al interior de la zona residencial, que permita a quienes tienen vehículos ingresar con baja velocidad, incluir vegetación y proteger la vida barrial residencial y sus dinámicas. Este modelo promueve

IMAGINARIOS CALLE 16



Fig. 17. Imaginario de calle compartida dentro del barrio Andalucía. Fuente: Elaboración propia con uso de imágenes de Google Maps.



Fig. 18 Vista general del proyecto en 3D Fuente: Elaboración propia

el transporte peatonal, así como los modos de transporte alternativos y sostenibles, como la bicicleta, para los traslados cortos de escala barrial. En el imaginario de la Figura 17, se evidencian las características de una calle compartida con vegetación, zonas permeables para facilitar la retención de agua en el tejido urbano y continuidad peatonal a través de las texturas de piso.

La propuesta “Ecobarrio logístico El Vergel” conjuga ideas del diseño urbano teniendo en cuenta criterios ambientales, de aprovechamiento del suelo y permeabilidad visual y física para alcanzar una mejor calidad urbana en sectores logísticos próximos a cuerpos de agua. El diseño planteado integró teorías del diálogo conceptual de diversos autores y lecciones proyectuales, en una propuesta que prioriza la relación entre lo construido y el espacio natural del río Fucha, ofrece zonas de transición en el espacio público y diseña formas urbanas que integran lo público-privado de forma que exista un mayor contacto de los ciudadanos con el cuerpo hídrico.

Conclusiones

Este proyecto aportó a una problemática global pertinente en los tiempos de hoy, donde el diseño urbano es una disciplina comprometida con el mejoramiento de la calidad de vida en las ciudades, que se ha perdido entre otras razones por el olvido de los espacios naturales y cuerpos hídricos de la ciudad. Es necesario trabajar en colaboración interdisciplinaria los aspectos técnicos de ingeniería en conjunto con el diseño urbano, la arquitectura y otras disciplinas para avanzar hacia diseños más resilientes que permitan a los cuerpos de agua transformarse protegiendo la conectividad ambiental y adaptándose a los efectos del cambio climático.

El diseño propuesto logró configurar un corredor para un tramo del río Fucha donde se aborda la forma de lo construido, la forma del espacio público y la forma de los ríos urbanos para configurar un proyecto integral. Además, se incluyeron criterios de ubicación y selección de la vegetación, y disposición del agua en el espacio ambiental. El diseño además recogió y aplicó conclusiones teóricas y de referentes proyectuales existentes en una propuesta que prioriza la relación entre lo construido y el espacio natural que corresponde al cauce hídrico, ofrece zonas de transición en el espacio público y formas urbanas que integran lo público-privado de forma que exista un mayor contacto de los ciudadanos con el cuerpo hídrico.

Las operaciones de diseño aplicadas en el proyecto “Eco-barrio Logístico” pueden aplicarse en sectores similares para crear un espacio de transición adecuado entre los elementos hídricos y un entorno construido con actividades logístico-productivas. El sitio escogido es un ejemplo ideal para probar estas operaciones, por varias razones: primero, la presencia simultánea de dos ríos urbanos importantes para la ciudad; segundo, un sector con presencia de

actividades logísticas en desuso, muchas de las cuales ya se han ido transformando por las dinámicas en este mercado mediadas por las importaciones y las compras on-line, que nos exige una transformación tipológica y urbana; y tercero el potencial de desarrollo inmobiliario dado por la Avenida Calle 13.

El diseño urbano es una herramienta ideal para relacionar los elementos hídricos y las zonas urbanas, ya que nos permite abordar estas problemáticas desde una perspectiva integral que no solo mejore el espacio público, sino también la forma construida y las relaciones con el contexto urbano. Además, la idea de recuperar un río de manera progresiva, concibiendo cada tramo del río de manera específica, sugiere un nivel de entendimiento de los fenómenos urbanos que son consecuencia de sistemas de escala regional, urbana, zonal o barrial.

Las zonas logísticas asociadas a los ríos urbanos, que en muchos casos se convierten en no-lugares y espacios olvidados, constituyen un problema espacial que actualmente afecta a comunidades, residentes y entes gubernamentales, que destinan una cantidad determinada de recursos para evitar que se sigan contaminando las fuentes hídricas en sectores donde no existe un reconocimiento o atención a la importancia de estos. El diseño urbano aquí presentado aporta a la solución del problema, en cuanto convierte estos espacios urbanos en catalizadores con un gran potencial de actividades y usos que son compatibles con la conectividad ambiental que se necesita para reconstituir la relación entre la vida urbana y los procesos naturales, a través de la renaturalización de ríos urbanos.

Bibliografía

BROWN MANRIQUE, O. et al. (2015) El cambio climático y sus evidencias en las precipitaciones. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental* (La Habana), 36, n. 1, p. 88-101.

EVALUACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS DEL MILENIO. "Panorama General de los Informes". <https://www.millenniumassessment.org/es/About.html#1>. (Consulta 10/02/2021).

GALARZA-MOLINA, S., y MOLINA-PRIETO, L. (2019) Bogotá, Una Ciudad Sensible Al Agua: Elementos de Reflexión. *Cuadernos de Vivienda y Urbanismo* (Bogotá), 12(23) p. 1-5.

HATUKA, T. y BEN-JOSEPH, E. (2017) Industrial Urbanism: Typologies, Concepts and Prospects. *Built Environment* (Oxford) 43, p. 10-24.

KYVELOU, S. y PAPAPOULOS, T. (2011) Exploring a South-European eco-neighbourhood model: planning forms, constraints of implementation and emerging resilience practices. *Int. J. Sustainable Development* (Bankok), 14, p. 77-94.

MC HARG, I. (1969) *Design with Nature*. Philadelphia: Natural History Press.

MOLINA-PRIETO, L. (2016). Resiliencia a inundaciones: nuevo paradigma para el diseño urbano. *Revista de Arquitectura* (Bogotá), 18, p. 82-94.

PROMINSKI, M. et al. (2017) *River, Space, Design*. Basel: Birkhauser.

ROJAS-BERNAL, C. (2017) Settling with Waters. Design Investigations for Flood Adaptation in the Sabana de Bogotá. *Labor e Engenharia* (Campinas), 12, p. 71–89.

SHANNON, K. et al. (2008) *Water Urbanisms*. Amsterdam: SUN Publishers.

WONG, T. (2006) Water Sensitive Urban Design. The Journey Thus Far. *Journal Australasian Journal of Water Resources* (Canberra) 10, p. 213-222.

DOI: 10.5821/qr.11909

Angélica Holguín Alzate
Facultad de Artes, Escuela de Arquitectura y Urbanismo
Universidad Nacional de Colombia
aholguina@unal.edu.co

CIUDAD DE AGUA, CIUDAD ANFIBIA, CIUDAD DE MÉXICO

RESCATE Y RENATURALIZACIÓN DE LOS SUSTRATOS HÍDRICOS

Paola Coderch Carretero

Ciudad de México, íntimamente ligada al agua desde su fundación, es hoy una de las ciudades con mayor estrés hídrico del mundo. Sueñan con devolverle su ecosistema perdido, pero ¿es posible recuperar la llamada ciudad lacustre?

Para dar respuesta, este trabajo estudia la relación histórica con el agua, radiografía la metrópoli buscando los sustratos hídricos que perduran; y explora los proyectos relacionados con rescatar su condición anfibia. También se han elaborado una serie de planos totalmente originales que muestran los asuntos esenciales relativos al agua; obteniendo una herramienta cartográfica de análisis que, a modo de atlas, permite visibilizar y relacionar las cuestiones hidrográficas mencionadas. La superposición de unas cartografías sobre otras, interconectando capas, permite extraer conclusiones a través del paralelo gráfico generado.

Ciudad de México necesita una nueva cultura del agua y este trabajo constituye un documento que invita a re-inventar la relación de la ciudad con su legado hídrico.

Palabras clave: agua, México, expansión urbana, lluvia

Mexico City, intimately linked to water since its foundation, is one of the cities with the greatest water stress in the world. Some people dream of bringing back the city's lost ecosystem, but is it possible to recover the lake city?

This work studies the historical relationship with water, x-rays the metropolis looking for the water substrates that endure; and explores the projects related to rescuing its amphibious condition. A series of totally original plans have also been elaborated, showing the essential issues related to water; obtaining a cartographic tool of analysis that, as an atlas, allows to visualize and relate the mentioned hydrographic issues. The superimposition of some cartographies on others, interconnecting layers, allows conclusions to be drawn through the graphic parallel generated.

Mexico City needs a new water culture, and this work constitutes a document that invites us to re-imagine the relationship between city and its water legacy.

Keywords: water, Mexico City, urban sprawl, rainfall

Introducción

“El Distrito Federal es una ciudad que tiene origen de quimera, sacada del agua, levantada sobre el agua. Los mexicanos viven sobre lo inestable, trampa, marisma y pantano a la vez. Aquí lo real y lo irreal se confunden. [...] La imagen de la Ciudad de México es la de una isla que va a terminar tragada por el lodo.”

Poniatowska, 2011: 285

El agua ha sido siempre un elemento determinante para el desarrollo de las civilizaciones. Casi el 90% de la población mundial se estableció inicialmente junto a una fuente de agua dulce, o a menos de 10 kilómetros de ella.

Ahora nos enfrentamos a una crisis mundial: se prevé que para el 2040 la mayor parte del planeta carecerá de agua suficiente para cubrir el consumo anual de la población (Klein y Posner, 2018). Ciudad del Cabo, en Sudáfrica, fue la primera ciudad del mundo en enfrentarse al llamado “Día Cero”: en abril de 2018 se planeaba cortar el suministro de agua por falta de reservas y cuatro millones de personas pasarían a tenerla racionada en suministros provisionales; pese a todo, el asunto quedó en mero aviso debido a la lluvia, a las fuertes medidas de ahorro impuestas y a la reacción de la población al respecto.

Ciudad de México es otra de las grandes urbes que pronto podría enfrentarse a su propio “Día Cero”; y que el D.F. sea una de las ciudades con mayor estrés hídrico del mundo resulta paradójico si nos remontamos a sus orígenes. Según la leyenda, los mexicas fundaron la Gran Tenochtitlán donde ordenó Huitzilopochtli, dios del sol y de la guerra, allí donde hallaron “un águila parada sobre un nopal, con las alas extendidas”; y esto fue sobre un fragmento de tierra inhóspito en las aguas del Lago de Texcoco, el cual formaba parte de un sistema de cinco grandes lagos y recibía las aguas de unos 45 ríos.

El proceso de desecación y deshidratación al que ha sido sometida la ciudad durante más de cuatro siglos, desde que los españoles conquistaran el imperio azteca, ha provocado cambios ambientales aparentemente irreversibles y ha desembocado en la Ciudad de México actual, una mancha urbana infinita que se muere de sed y que apenas puede abastecer de agua potable a los 22 millones de personas que habitan en ella. El agua, antes visible, ahora es invisible. La escasez de agua no es nada nuevo para gran parte de los capitalinos:

muchos difícilmente reciben unas horas de agua al día y son frecuentes los cortes parciales del suministro; sin embargo, en octubre de 2018 un “megacorte” descontrolado provocó que cuatro millones de personas se quedaran sin agua en sus hogares durante más de una semana. Por otra parte, las lluvias torrenciales que todos los años riegan la metrópoli durante los meses de verano a veces llegan a provocar grandes inundaciones capaces de paralizar el funcionamiento de la ciudad. De esta manera, la Ciudad de México enfrenta hoy una paradoja hídrica de abundancia y escasez y la Autoridad del Espacio Público ha reconocido las inundaciones cíclicas y la escasez de agua como algunas de las vulnerabilidades urbanas más acuciantes en la ciudad (Boer y Marín Salinas, 2016).

Frente a todo lo anterior, un colectivo encabezado por el arquitecto mexicano Alberto Kalach publicó en 2010 *México: Ciudad Futura*, un Atlas que presenta 37 proyectos desarrollados a nivel conceptual y cuyo objetivo es devolver a la ciudad el ecosistema perdido, volver a la ciudad lacustre. Con este proyecto estaban reinventando la ciudad y se preguntaban: ¿es posible recuperar la idea de la ciudad acuática?

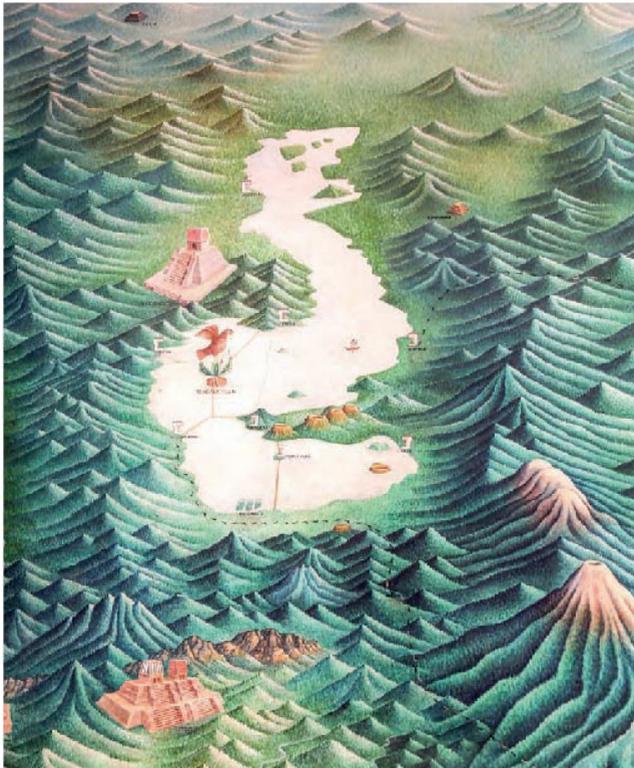


Fig. 01. El Lago de Texcoco. Fuente: Mural en la Sala Mexica del Museo Nacional de Antropología



Fig. 02.Recreación de Tenochtitlán por el artista Tomás Filsinger

Fig. 03 Ciudad de México hoy. Fuente: La Vanguardia.

¿ES POSIBLE RECUPERAR LA IDEA DE UNA CIUDAD LACUSTRE?

El rescate de los sustratos hídricos de la Ciudad de México es posible; pero, sobre todo, es extremadamente urgente y necesario para la supervivencia – social, medioambiental y económica – de la ciudad.

Partiendo de la hipótesis anterior, el primer objetivo es investigar la viabilidad de rescate y renaturalización de los sustratos hídricos de la ciudad.

Para ello, se estudia la relación histórica de la ciudad con el agua y se radiografía la metrópoli en busca de los sustratos hídricos que perduran, buscando entender cómo funciona el sistema hídrico actual y exponiendo los problemas relativos a la gestión de sus recursos: la dependencia de fuentes externas para el abastecimiento de agua potable, la sobreexplotación de los acuíferos, los hundimientos diferenciales de la ciudad, la desigualdad en el suministro de agua o las inundaciones cíclicas.

Además, también se exploran y analizan críticamente los proyectos más significativos que han pretendido recuperar la condición lacustre de la ciudad, ya sea de manera real o utópica, tratando de establecer relaciones entre dichas propuestas y los sistemas hídricos de la ciudad.

A medida que avanza la investigación, se va echando en falta documentación gráfica completa, coherente, reunida y de calidad, bien georreferenciada más allá de esquemas y diagramas pixelados que resultan muy difíciles de solapar unos con otros y de identificar exactamente sobre el mapa. Se vuelve entonces fundamental traducir la información teórica y literaria en materiales cartográficos que permitan visibilizar fácilmente la dimensión espacial de los sistemas y proyectos hídricos, y tiene lugar una recopilación de material gráfico: imágenes, dibujos, esquemas, diagramas y planos sobre cada temática tratada.

Por último, se pretende elaborar un documento lo más completo posible que invite a re-imaginar la relación que la CDMX puede tener con su legado acuático; un paralelo gráfico que relacione todas las capas de información tratadas en esta investigación (evolución histórica, hidrografía, proyectos de rescate hídrico) y ofrezca al interesado una mirada panorámica global, además de la posibilidad de llegar a conclusiones propias mediante la superposición de los diferentes planos. En definitiva, **el objetivo final es construir una herramienta cartográfica de análisis territorial, a modo de atlas, que complete gráficamente las investigaciones teóricas existentes y arroje algo de luz sobre temas que no quedan resueltos, permitiendo visibilizar y relacionar de manera clara y conjunta las principales cuestiones hídricas de la ciudad.**

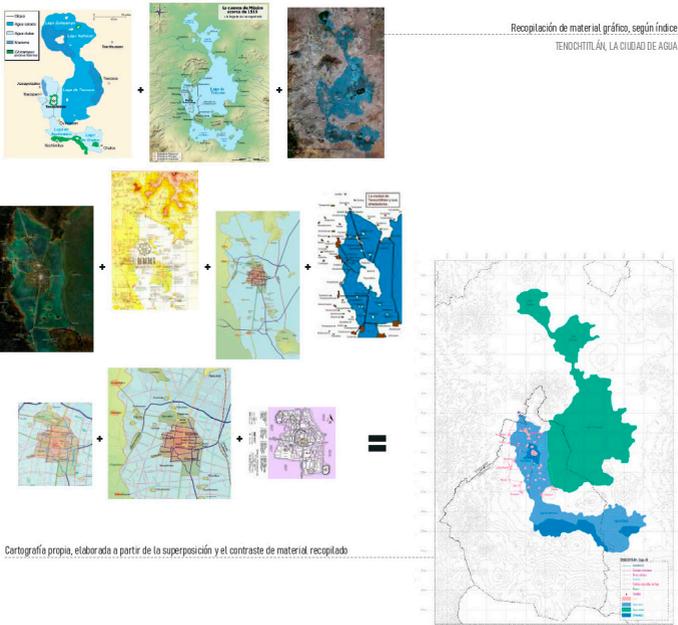
Cada plano se confecciona aglutinando, superponiendo, contrastando, redibujando y relacionando las imágenes recopiladas, y todo se cocina sobre dos bases topográficas descargadas del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI): una base a escala 1:250.000, la cual abarca todo el sistema hídrico de la CDMX y eso incluye los estados de Michoacán, Hidalgo, Estado de México y Ciudad de México; y otra base a escala 1:20.000 que se centra exclusivamente en el Distrito Federal.

Lo que se obtiene es una serie de planos que, desde el mismo encuadre y a la misma escala, muestran las principales problemáticas relacionadas con el agua: desde las condiciones físicas de la Ciudad de México hasta las modificaciones del paisaje hechas por el ser humano y los proyectos también imaginados por él. El juego de opacidades al superponer unas cartografías sobre otras permite ir estableciendo relaciones entre ellas, interconectando capas, analizándolas y sacando conclusiones a través del paralelo gráfico generado.

El análisis territorial es fundamental para construir una estrategia efectiva, y los mapas son una valiosa herramienta de organización. La meta es definir y explicar el desafío de una Ciudad de México potencialmente sensible al agua, reflexionando sobre su capacidad para ser rescatada.



Esquemas y ptanos pixelados, difíciles de solapar e identificar sobre el mapa



Recopilación de material gráfico, según índice TENOCHTILÁN, LA CIUDAD DE AGUA

Cartografía propia, elaborado a partir de la superposición y el contraste de material recopilado

Fig. 04. Recopilación de material gráfico, superposición y elaboración de cartografías propias. Fuente: Elaboración propia

La primera vez que se planteó recuperar radicalmente el ecosistema lacustre fue en 1951, año en que tuvo lugar el VIII Congreso Panamericano de Arquitectos en la capital mexicana. En su comunicado *“El hundimiento de la Ciudad de México y su posible solución urbanística”*, el arquitecto Alberto T. Arai propuso inundar de nuevo la metrópoli para que esta recuperase su condición pantanosa, ya que se consideraba que el hundimiento y otros cambios ambientales de la ciudad eran consecuencia directa de la deshidratación de sus lagos.

El proyecto no cuajó, pero la idea principal fue retomada en los años 60

por el ingeniero Nabor Carrillo, quien propuso la construcción una serie de lagunas de regulación interconectadas que, además de controlar las fuertes inundaciones que hasta ese momento continuaba sufriendo la ciudad, modificaban considerablemente la calidad del aire (Kalach et al., 2010). Este Plan de Recuperación del Lago de Texcoco, desarrollado finalmente por Gerardo Cruickshank, ha servido como ejemplo e inspiración para varias generaciones.

Sin ir más lejos, en 1989 surgió el Parque Ecológico Xochimilco con otras dos lagunas de regulación de inundaciones; y en 1991, el Plan Texcoco fue retomado por los arquitectos Teodoro González de León y Alberto Kalach, quienes realizaron un profundo diagnóstico sobre lo acontecido en la ciudad y desde 1997 desarrollaron un proyecto concreto, “*Vuelta a la ciudad lacustre*” (González de León, 2011), buscando un nuevo modelo de relación entre la ciudad y su asiento natural: con sus ríos, sus mantos acuíferos, sus aguas pluviales y lacustres.

Esta iniciativa no prosperó y se vio arrastrada por la corriente de otra conflictiva propuesta: diseñar un nuevo aeropuerto en las mismas tierras yermas que legítimamente le pertenecen al Lago de Texcoco. Diez años más tarde, el libro “*México: Ciudad Futura*” presentaba como principal propuesta de rescate hídrico, precisamente, una “isla aeropuerto” ubicada sobre el terreno inundado del antiguo lago. Este proyecto tampoco llegaría a hacerse realidad; y en su lugar, en 2014 comenzó la construcción del aeropuerto proyectado por Norman Foster y Fernando Romero.

En los últimos años se puede hacer un recuento que va desde las macro intervenciones, como el Parque Ecológico Lago de Texcoco de Iñaki Echeverría, hasta proyectos de acupuntura hidro-urbana como el proyecto piloto Parque Hídrico Quebradora: una propuesta de infraestructura paisajística, diseñada por Manuel Perló Cohen y Loreta Castro-Reguera, que propone mejorar la calidad del agua que se infiltra al acuífero, así como tratar las aguas para dar mantenimiento a las áreas verdes y también para distribuir pipas de agua potable dentro de la delegación en la que se localiza: Iztapalapa. También son dignos de mencionarse otros dos proyectos relevantes: el Plan Maestro para el rescate del río Magdalena, desarrollado a partir de 2007 por la UNAM; y el proyecto “*Isla Urbana*”, dedicado a desarrollar e instalar sistemas de captación de lluvia en puntos de la ciudad que presentan carencias absolutas de agua para el consumo humano. Esta última es la única propuesta centrada exclusivamente en gestionar el indomable sustrato hídrico.

Por último, y para hacer hincapié en la pertinencia del tema, a finales del año 2018 se publica “*La crisis del agua y la metrópoli: Alternativas para la Zona Metropolitana del Valle de México*” un compendio de textos que abordan los problemas relativos a la gestión de recursos hídricos, además de repasar todos

los proyectos que durante los últimos años han tratado de recuperar los sustratos hídricos de la ciudad. Lorena Castro-Reguera, una de sus compiladoras lleva desde hace unos años un Taller Hídrico Urbano en la UNAM para abordar toda esta problemática hídrica desde la arquitectura.



Fig. 05. Recopilación de material gráfico, superposición y elaboración de cartografías propias. Fuente: Elaboración propia

DE LA CIUDADE DE AGUA A LA CIUDADE DE MÉXICO

Ciudad de México está muy cerca de convertirse en una auténtica “ciudad montaraz”, si es que no se trata ya de una ciudad sin ley. En su libro “Fuera del mapa”, Alastair Bonnet las describe como aquellas que no son producto ni de gobiernos ni de ideologías, sino muestras de lo que pasa cuando se desploman esas estructuras. Esto quizá se deba a que durante los últimos cien años la ciudad ha crecido salvaje y sin apenas planificación, y ahora resulta muy difícil someterla a ningún tipo de orden: ha florecido sin los servicios necesarios, sin el equipamiento social adecuado y sin parques, teniendo la ciudad uno de los índices más bajos de espacios verdes por habitante; todo ello consecuencia de un desarrollo urbano liderado por los asentamientos humanos irregulares: las obras de infraestructura, incluida la hídrica, no han servido para conducir el crecimiento de la ciudad, sino que se han ejecutado casi siempre tras la ocupación del suelo por parte de los invasores. Parece entonces que se trata de una ciudad indomable, diseñada por habitantes igual de indomables, que ha llegado al punto de tener vida propia y la capacidad de dominar a sus habitantes y no sus habitantes a ella.

Se ha invertido completamente la morfología de la ciudad. La mancha urbana ha sepultado a la hídrica y en la actualidad solamente sobrevive una docena de lagunas muy reducidas en comparación a su extensión original. La descontrolada expansión de la Ciudad de México tuvo su inicio tras la Revolución Mexicana, como consecuencia de la disponibilidad que habían dejado los lagos desecados

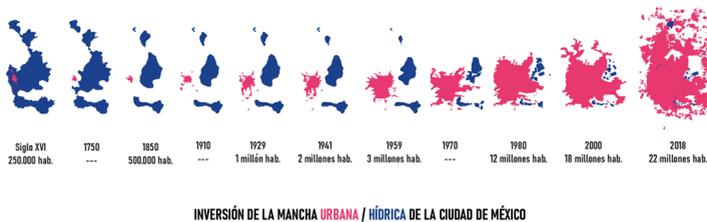


Fig. 06. Inversión de la mancha urbana / hídrica de la Ciudad de México. Fuente: Elaboración propia

Se trata también de una inevitable ciudad mestiza, ahora más española que azteca, en la que se ha producido un ecocidio atroz durante más de cuatro siglos. Los españoles que llegaron de la mano de Hernán Cortés no lograron manejar el acuoso territorio que estaban conquistando, y fue así como lo sentenciaron a un terrible desagüe que aún no conoce su fin. No queda claro si la metrópoli ha perdido, o sólo ha olvidado, sus orígenes de ciudad acuática, pero ha pasado de ser una ciudad con un profundo conocimiento y control

del agua a una ciudad que la rechaza casi por completo. Los españoles nunca llegaron a comprender que el agua era la pieza clave del ecosistema, la sangre misma de un entorno endorreico que nunca tuvo intención de deshacerse de ella; de hecho, el vital líquido no termina de agotarse a pesar de todos los esfuerzos por desecar y deshidratar la cuenca. Ha desaparecido el lago, han desaparecido los ríos, pero todavía queda la lluvia.

Las lluvias torrenciales continúan desplomándose sin piedad sobre la ciudad año tras año; y aunque la mayor parte es evacuada inmediatamente a través de la gigantesca infraestructura de drenaje, aún hay veces que el agua sobrecarga los conductos provocando inundaciones y sacando a flote las aguas negras. Incluso podría decirse que se aprecia un crecimiento exponencial de la frecuencia de aluviones como respuesta a la plancha de asfalto que recubre la ciudad, y a la construcción del desagüe conocido como “sistema de control de inundaciones”. Casi pareciera un castigo divino de Tláloc, que se niega a ser olvidado.

HIDROGRAFÍA DE UNA CIUDAD ANFIBIA

Las megaestructuras ya no son la respuesta. No tiene sentido seguir buscando agua a cientos de kilómetros fuera de la metrópoli porque nunca será suficiente para calmar la sed de una de las ciudades más pobladas del mundo. Se trata de una situación insostenible que tampoco promete funcionar en las próximas décadas. Así pues, la Ciudad de México es una pescadilla que se muerde la cola: se ha deshidratado a sí misma y ha evacuado el agua que le pertenece de manera natural y ha tenido que traer el agua potable de otras cuencas, e incluso otros acuíferos, y la extracción de agua de los acuíferos está provocando el hundimiento acelerado de la gran urbe; y al hundirse, se provocan fisuras en la red de drenaje. Y vuelta a empezar. Y a pesar de todos los esfuerzos realizados, los capitalinos ponen en duda la calidad y la potabilidad del agua que llega a sus hogares porque desconocen la procedencia de la misma y relacionan algunas enfermedades directamente con el consumo de agua del grifo. En consecuencia, México ocupa el primer lugar a nivel mundial en consumo de agua embotellada (Montero-Contreras, 2016). La privatización del agua va de la mano de la falta de conciencia e información.

El sistema hídrico de la Ciudad de México tiene puntos de entrada y de salida: es un sistema lineal que claramente necesita evolucionar a uno circular; abrazar de nuevo el ciclo del agua para generar un sistema de reciclaje y autoabastecimiento. En el Valle de México, para lograr un uso de agua racional, ecológico y sustentable es fundamental aprovechar el mayor y más accesible recurso hídrico de la ciudad, actualmente desperdiciado: la lluvia. Y esto solo se conseguirá si la ciudad entera es capaz de recibir el orín de los dioses como un regalo, y no como una maldición.

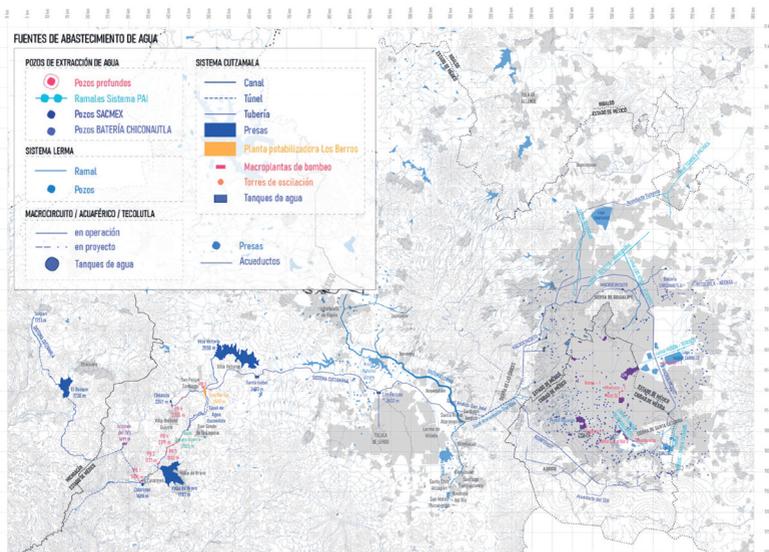


Fig. 07. Fuentes de abastecimiento de agua de la Ciudad de México. Escala 1:250.000. Fuente: Elaboración propia

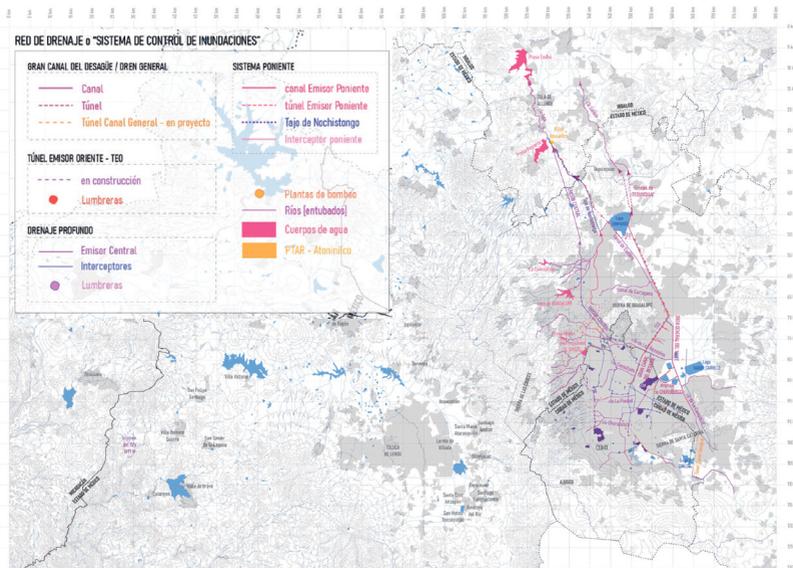


Fig. 08. Red de drenaje o "sistema de control de inundaciones" de la Ciudad de México. Escala 1:250.000. Fuente: Elaboración propia

RESCATE DE LOS SUSTRATOS HÍDRICOS

Se ha llevado a cabo un análisis crítico de proyectos de muy diversas escalas, desde la territorial del Lago de Texcoco, hasta el detalle constructivo del sistema de Isla Urbana; y se ha verificado que los proyectos que buscan la vuelta a la ciudad lacustre no cuajan. En los último cincuenta años, solo Isla Urbana ha conseguido salir a flote: un proyecto cuya escala no tiene cabida en el mapa y el cual es independiente del funcionamiento de la ciudad. ¿El secreto? Se trata del único colectivo que ha sabido comprender realmente los palpitos de la metrópoli y el “modus operandi” de sus habitantes.

En primer lugar, la urbe está desatada y fuera de control: cualquier Máster Plan relacionado con la captación de agua de lluvia tardaría más años de los debidos en hacerse realidad, y eso en caso de que se llevase a cabo – el Proyecto Texcoco, concretado en el nacimiento del lago Nabor Carrillo, simboliza la única esperanza al respecto. Los últimos proyectos cancelados por la presidencia de López Obrador, tanto el aeropuerto de Foster y Romero como el Parque Hídrico de Perló y Castro-Reguera, demuestran la inestabilidad a la que se enfrentan las propuestas cuando se produce un cambio de gobierno durante las obras. De momento, el largo plazo no funciona. La política es la gota que colma la fragilidad de una ciudad a la que, en el fondo, nadie puede gobernar.

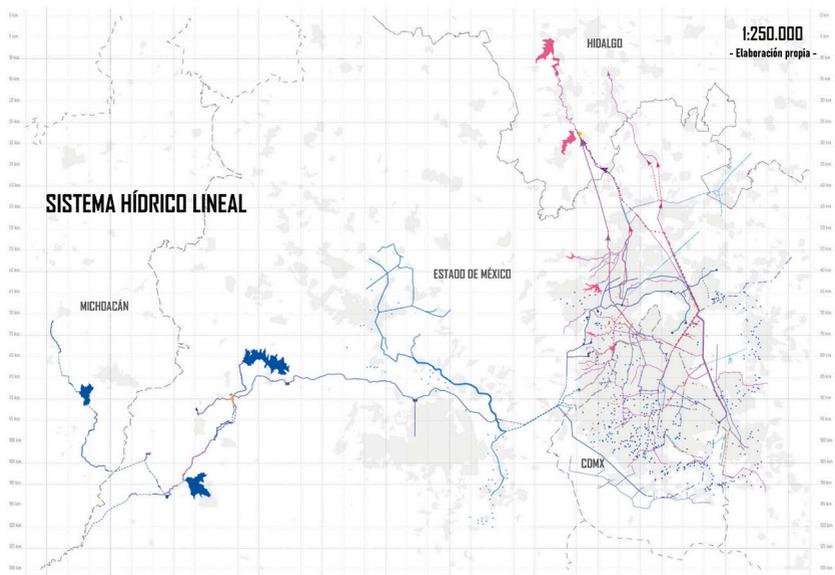


Fig. 09. Superposición de dos cartografías: fuentes de abastecimiento y red de drenaje. Escala 1:250.000. Fuente: Elaboración propia

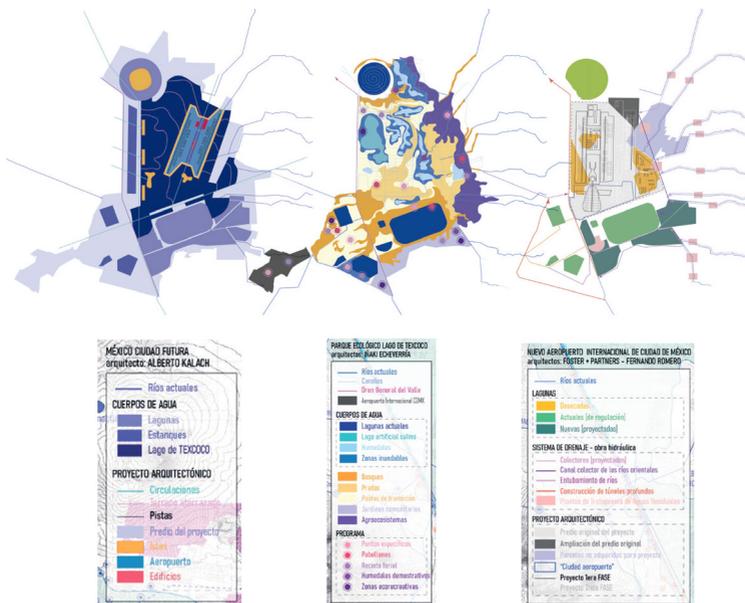


Fig. 10. Proyecto “México: Ciudad Futura”. Arquitecto: Alberto Kalach

Fig. 11. Proyecto “Parque Ecológico Lago de Texcoco”. Arquitecto: Iñaki Echeverría

Fig. 12. Proyecto “Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (NAICM)”. Arquitectos: Foster + Partners, Fernando Romero. Fuente: Elaboración propia.

“Vuelta a la ciudad lacustre” es como llamaron en 1998 Teodoro González de León y Alberto Kalach a su proyecto de rescate del lago; sin embargo, durante la primera década del siglo XXI la propuesta se vio arrastrada por la necesidad de construir un nuevo aeropuerto en esas mismas tierras yermas. En el año 2010 el proyecto renombrado “México: Ciudad Futura” incluía un nuevo aeropuerto concebido como una isla, el cual ayudaría a impulsar el rescate del lago al convertirse en una “magnífica” puerta a la futura ciudad lacustre.

El 3 de septiembre de 2014, el presidente Enrique Peña Nieto presentaba el proyecto de NAICM, pero se trataba de una propuesta de Norman Foster y Fernando Romero. Expertos recomendaban altamente no instalar el aeropuerto en esta zona, ya que el suelo del área de Texcoco es conocido por su alta salinidad y su consistencia gelatinosa. Se trata de un suelo inestable, con una alta capacidad para la retención de aguas y poco apto para construir una infraestructura tan pesada (Navarro, 2014).

El 3 de enero de 2019, el gobierno de Andrés Manuel Obrador anunció la cancelación definitiva del NAICM, dejando un cadáver sobre la laguna. Se anunció que en su lugar se levantaría el Parque Ecológico Lago de Texcoco, un proyecto de Iñaki Echeverría publicado por primera vez en 2010.

En segundo lugar, y como consecuencia de lo anterior, se podría decir que los ciudadanos se gobiernan solos. Los mexicanos son supervivientes por naturaleza: saben que no deben esperar una ley y una ayuda que seguramente no llegará. El 70% de los mexicanos autoconstruye su vivienda desde la informalidad (Mendoza, 2108). Isla Urbana funciona porque ha entendido que son los propios ciudadanos quienes tienen que involucrarse directamente en el proyecto para que éste salga adelante; pero no de manera pasiva o receptiva, sino activa. Performativa. Se trata de un proyecto pequeño, asequible y con manual de instrucciones: un proyecto de autoconstrucción. El agua de cada uno depende de cada uno mismo. Igual que tantas otras cosas en la ciudad indomable.

Por último, el colectivo ha sabido detectar la mejor estrategia. No tiene sentido lamentarse y continuar añorando la soñada ciudad lacustre porque a estas alturas es evidente que se trata de un sueño imposible; sin embargo, y como ya he mencionado anteriormente, todavía queda una abundante fuente de agua que no termina de agotarse: la lluvia. Isla Urbana abraza la lluvia, la cosecha y la aprovecha para su consumo, demostrando que es posible aprender a gestionar y canalizar el agua que cae del cielo.



Fig. 13. Sistema familiar de captación de agua de lluvia de "Isla Urbana": el Tlaloque. Fuente: Youtube. Fotografía extraída del vídeo "¡Capta lluvia con ISLA URBANA!"

El siguiente paso hacia una ciudad sensible al agua consiste en pasar del detalle constructivo a la escala arquitectónica. De lo particular a lo general. Pasar de las instalaciones familiares de captación de lluvia, a un sistema arquitectónico más complejo de cubiertas recolectoras de lluvia en una vecindad. Imagino así la ciudad de los paraguas. Una ciudad en la que todas las cubiertas han sido restituidas y su función no es desalojar el agua, sino recolectarlo, tratarlo y almacenarlo para su posterior consumo. Más adelante serían las calles, convertidas de nuevo en canales; y por último la restitución parcial del lago, el cual se ha tragado las ruinas del NAICM. Revertir el daño causado es

prácticamente imposible. La Ciudad de México es tan grande que no basta con el rescate de un solo río para alterar el imaginario colectivo de todos sus millones de habitantes. Lo ideal sería establecer una red de proyectos hídricos, relacionados los unos con los otros, que abarcara toda la ciudad.

“*México Ciudad Futura*” logra recuperar la imagen de una ciudad acuática, ya que realmente evoca la vuelta a la ciudad lacustre y lo hace desde un medio accesible a toda la sociedad; sin embargo, no se trata de un libro popular. Hoy por hoy, quizás la manera de inyectar dicha imagen sea a través de una serie de ficción que recree los escenarios de la ciudad imaginada.

Los mexicanos le han dado la espalda a Tláloc, lo han combatido y lo han olvidado. Es necesario volver al dios del agua y reconocer que no es posible permanecer si menospreciamos el origen de la vida.

“Si abandonáramos la Ciudad de México, en pocos años volvería a ser un gran lago. Los edificios que de él emergiesen, con el tiempo, se verían envueltos con vegetación exuberante brotando como cascadas desde todos sus entresijos; millones de aves serían los nuevos habitantes de las obras construidas por el hombre”.

México: Ciudad Futura, Alberto Kalach

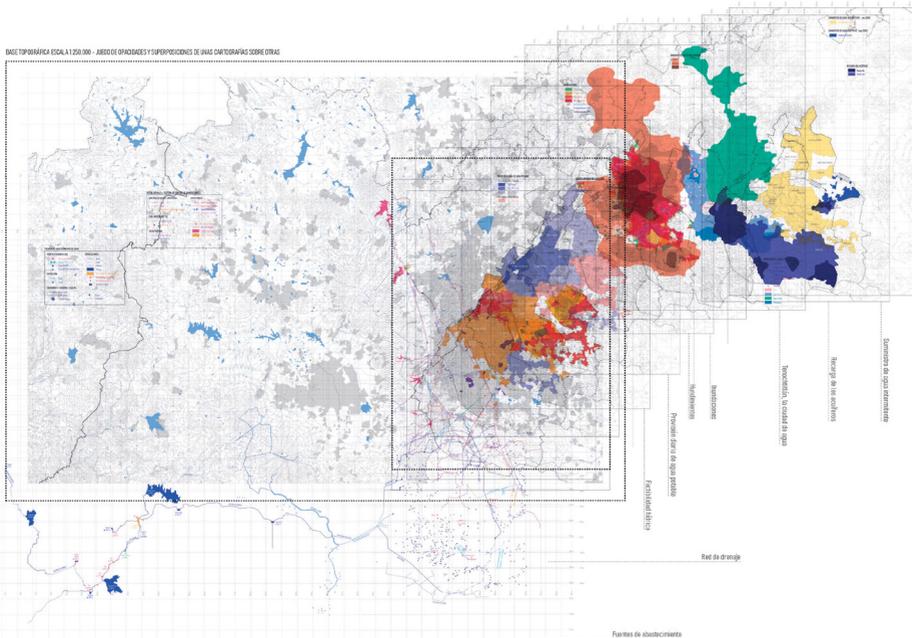


Fig. 14. Base topográfica escala 1:250.000 – Juego de opacidades y superposición de cartografías. Fuente: Elaboración propia

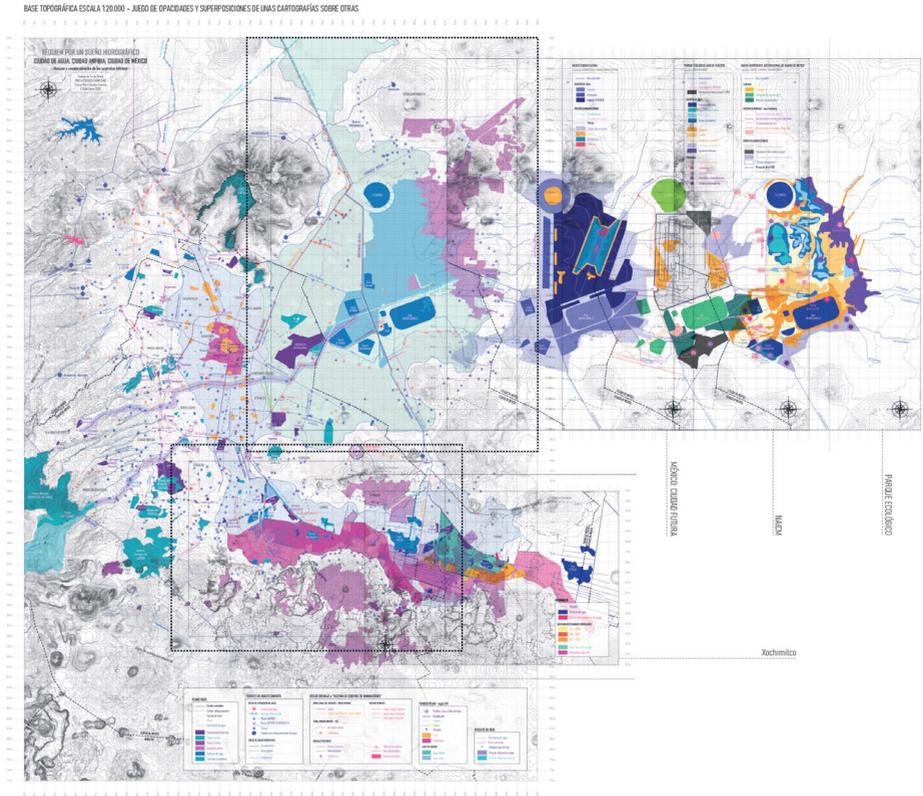


Fig. 15. Base topográfica escala 1:20.000 – Juego de opacidades y superposición de cartografías sobre otras. Fuente: Elaboración propia

Para finalizar presento una miniatura de la superposición de todo el conjunto de planos realizados, los cuales son el resultado de la investigación realizada.

Sobre la base topográfica a escala 1:250.000 encontramos fuentes de abastecimiento, red de drenaje, factibilidad hídrica, provisión diaria de agua potable, hundimientos, inundaciones, Tenochtitlán, recarga de los acuíferos y suministro de agua intermitente.

Sobre la base topográfica a escala 1:20.000 encontramos los proyectos “México: Ciudad Futura”, “Parque Ecológico Lago de Texcoco” y “NAICM”, así como un análisis de la zona chinampera de Xochimilco.

Frente a la condición estática de los planos resultantes, muy valiosos para comprender gráficamente la complicada situación hídrica de Ciudad de México, se llega a la conclusión de que existe la necesidad de crear una platafor-

ma que permita a los usuarios acceder a la documentación y jugar con ella de manera interactiva. Será el próximo paso de esta investigación que ve lejos su fin.

BIBLIOGRAFÍA

ATLAS DE RIESGOS DE LA CIUDA DE MÉXICO - Secretaría de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil: <http://www.atlas.cdmx.gob.mx/analisisn2/>

BOER, F. y MARÍN SALINAS, E. (2016) *Hacia una Ciudad de México sensible al agua - El espacio público como una estrategia de gestión de agua de lluvia*, Rotterdam: De Urbanisten [Online]

CANAL ONCE IPN (2011) "El desalojo de las aguas" en *Sobre el agua*, México. [Online]

CANAL ONCE IPN (2011) "Las fuentes de abastecimiento" en *Sobre el agua*, México. [Online]

CANAL ONCE IPN (2011) "La cuenca de México en la actualidad" en *Sobre el agua*, México.

COHEN, J. y HAGERMAN L. (2013) *H2Omx*, México: Cactus Film and Video. [Online]

DATOS ABIERTOS DE LA CIUDA DE MÉXICO - Gobierno de la CDMX: <https://datos.cdmx.gob.mx/explore/?sort=modified>

ECHEVERRÍA, I. (2010) *Parque ecológico del lago de Texcoco*, México: Gobierno Federal.

GEOCOMUNES - Datos SHAPEFILE: http://132.248.14.102/layers/CapaBase:iii_1_2_pozos_sacmex#more

GONZÁLEZ APARICIO, L. (1980, 1ed. 1973) *Plano reconstructivo de la región de Tenochtitlan*, México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.

GONZÁLEZ REYNOSO, A. E. et al. (2010) *Rescate de ríos urbanos: propuestas conceptuales y metodológicas para la restauración y rehabilitación de ríos*, México: UNAM, Coordinación de Humanidades, Programa Universitario de Estudios sobre la Ciudad [Online]

GRUPO AEROPORTUARIO DE LA CIUDA DE MÉXICO (2016) *Nuevo Aeropuerto Internacional de México : retos y soluciones del NAICM*, México: Secretaría de Comunicaciones y Transportes [Online]

ISLA URBANA: <http://islaurbana.org/>

INEGI - Instituto Nacional de Estadística y Geografía: <https://www.inegi.org.mx/default.html>

KALACH, A., LIPKAU, G. y CELORIO, G. (2010) *México: Ciudad Futura*, México: Editorial RM.

KLEIN, E. & POSNER, J. (2018) "La crisis mundial del agua" en *En pocas palabras*, Episodio 2, Estados Unidos: Vox Media, distribuida por Netflix. [Online]

MENDOZA, M., "El 70% de mexicanos autoconstruye su vivienda, desde la informalidad" en *Publimetro*, 15 de julio de 2018 [Online]

NAVARRO, C. (2014) "7 retos para construir el nuevo aeropuerto en Texcoco", en *Obras*, Construcción, septiembre 2014 [Online]

PERLÓ COHEN, M. y CASTRO-REGUERA MANCERA, L. (2018) *La crisis del agua y la metrópoli. Alternativas para la Zona Metropolitana del Valle de México*, México: Siglo XXI Editores.

PERLÓ COHEN, M. y CASTRO-REGUERA MANCERA, L. (2016) Parque Hídrico LA QUEBRADORA. Propuesta general, México: UNAM [Online]

PERLÓ COHEN, M. y GONZÁLEZ REYNOSO, A. E. (2005) ¿Guerra por el agua en el Valle de México? : Estudio sobre las relaciones hidráulicas entre el Distrito Federal y el Estado de México, México: UNAM, Coordinación de Humanidades, Programa Universitario de Estudios sobre la Ciudad [Online]

PONIATOWSKA, E. (2011) Leonora, Barcelona: Seix Barral, Editorial Planeta, S. A.

SACMEX (2012) El gran reto del agua en la Ciudad de México: pasado, presente y perspectivas de solución para una de las ciudades más complejas del mundo, México. [Online]

SACMEX - Factibilidad hídrica CDMX: <https://www.sacmex.cdmx.gob.mx/atencion-usuarios/factibilidad-hidrica>

SÁNCHEZ LLORENS, M., “Colectivo México Ciudad Futura. Reversibilidad antropógena de los hechos urbanos” en *rita*, Madrid: redfundamentos (2014), núm. 2 octubre; pp. 84-91.

SÁNCHEZ LLORENS, M., La naturaleza de los sustratos rasgados de Ciudad de México: entre la inquietud medioambiental de la revolución social y la persuasión de la ciudad moderna, Madrid.

SISTEMA CUTZAMALA: <https://www.arcgis.com/apps/MapJournal/index.html?appid=925b754ec2f649fb8eb4403bb8671676>

TORRES BERNARDINO, L. (2014) Sistema Lerma: una visión política de la gestión pública del agua. ¿Solución federal o estatal?, Toluca: IAPEM, Instituto de Administración Pública del Estado de México, AC [Online]

DOI: 10.5821/qru.11891

Paola Coderch Canetero
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid (ETSAM)
Universidad Politécnica de Madrid (UPM)
paucoderch@gmail.com

PUBLIC GROUND AS COASTAL DEFENCE IMAGINING THE MEDITERRANEAN BEACHFRONT BY THE ATLANTIC

Sérgio Barreiros Proença, Francesca Dal Cin, Cristiana Valente Monteiro, Carlota Gala Licona, Maria Inês Franco

*The article explores the role of public ground composition design as a defence element for coastal agglomerations vulnerable to sea level rise in extreme weather events scenarios. It addresses one of the pilot case studies of the [ENTRA]MAR Urban form intertwined with the sea research project, Quarteira, a coastal city located in the Algarve region of southern Portugal, which is vulnerable to flooding and erosion phenomena. The article provides an opportunity to systematise the reading and interpretation phases and also the research by-design phase based on scenario development that was conducted during the fourth-year design studio at the Lisbon School of Architecture of the Universidade de Lisboa and therefore, to share its preliminary results on “imagining the Mediterranean beachfront by the Atlantic”. Attributing Mediterranean values and characteristics to Quarteira involves, as Braudel wrote in *Les Mémoires de la Méditerranée*, observing the coastal landscapes over and over again, until the physical and urban characteristics are eloquently revealed and named. Finally, it is underlined the need to design the space between land and sea based on the inherited memory of the coastal landscape and the operative role the public ground design may have as coastal defence.*

Keywords: *sea level rise, seashore street, research by design, design scenarios, Quarteira.*

1. A Mediterranean coast facing the Atlantic

Coast, from the Latin *costa*, takes on a polysemic character in Latin-based languages, passing from the anatomical meaning to that of the back of a book, the rib of a leaf, of a dome, or of the outer planking of ships, a steep mountain section but also the limit between the land and the sea.

“Portugal is Mediterranean by nature, Atlantic by position” (Pequito Rebelo, 1929: 55). These words synthesise the dual nature of the landscape that Orlando Ribeiro identified, years later, in the geographical characteristics of the Portuguese continental territory. The author in the text “Portugal, o Mediterrâneo e o Atlântico” identifies four geographical regions in the Portuguese territory: North Atlantic, Pre-Atlantic, Pre-Mediterranean, and Mediterranean (Ribeiro, 1945). The geographical divisions coincide with orographic relief, river basins, soil conformation, and different characteristics of vegetation cover. In the climatic-territorial subdivision proposed by Orlando Ribeiro, the coast is distinguished by two zones, Atlantic (northern and central part) and Mediterranean (southern part), subdivided respectively into Pre-Atlantic and Pre-Mediterranean. If the boundaries of the Atlantic and Mediterranean are given by geographical references, the boundaries between the Pre-Atlantic and Pre-Mediterranean are more blurred in the landscape. The wetlands of the Tejo estuary up to promontory of Sines are identified as pre-Mediterranean; these areas include the cities of Cascais, Lisbon, Sesimbra, and Setúbal, among others. Ribeiro presumably identifies the beginning of the area defined as Mediterranean in the city of Portimão, whose limit is marked by the Arade River. Moreover, in 1945 Orlando Ribeiro described the Algarve region in these words, “apart from a few large fishermen’s agglomerations, what is most impressive are the vegetable gardens, the shacks in the shade of the trees, the intensive polyculture that stops only at the edge of the cliffs or lapped by the tide” (Ribeiro, 1945: 170-172).

In the previous description of Portuguese bathing tourist areas compiled by Ramalho Ortigão in 1876, the territory was limited to the south by Setúbal, extending from the north of the country to Tróia, therefore excluding the Alentejo and Algarve region from the inventory. It was not until the 1920s, with the 1923 decree, that the beaches of the Algarve were identified, and thus promoted to the public, as seaside resorts. This political act of land-use planning aimed to promote tourism in those urban areas that were still mainly devoted to agriculture and fishing.

The specificity of the southern coast when compared with the western coast of Portugal is acknowledged not only in the geographical character of the land but also anthropologically regarding its relation to the sea. The protection from the waves and prevailing north-westerly winds provided by the topography of the area, as well as the specific fish fauna of the seabed of the Algarve coast, contribute to the Algarve region being considered a Mediterranean region due to its natural characteristics. Furthermore, fishermen have distinct traditional fishing techniques from the ones used on the Portuguese western coast, using also distinct boats which are more similar to the ones of the Mediterranean coastal areas (Silva Lopes, 1975). Therefore, we might argue that the Algarve coast shares a stronger bond with the neighbouring Mediterranean coasts than with the Portuguese Atlantic west coast. Indeed, we believe that the sea has connected far more than it has separated and has always been a generator of relations.

Imagining the Mediterranean beachfront by the Atlantic, is framed in the research project [ENTRA]MAR, Urban form intertwined with the sea, and systematises the different design approaches to the urban margin of Quarteira vulnerable to the effects of rising mean sea level, such as erosion and flooding, carried out during the design course at the Lisbon School of Architecture of the University of Lisboa. The article firstly frames and addresses the urban evolution and characterization of the city's contact with the sea and subsequently characterises and orders the distinct academic proposals according to the composition principle and the proposed materiality. Considering the public space of coastal cities as the first infra-structural system for the adaptation and transformation of the city, lines structure the shoreline space, as matricial guidelines that allow the project to be formed.

2. The transformation of Mediterranean coastal cities

Over time, the space between the land and the sea has been transformed in its territorial morphological characteristics until it has become a threshold place between the city, the urban system, and the sea. In the threshold space, especially when the coast is low and sandy, different uses and functions have followed one another. Indeed, it was initially a place dedicated to fishing activities, where boats were housed, nets were spread, and fish was traded.

From the late 19th and early 20th century, coastal agglomerations facing the Mediterranean underwent several processes of transformation. As a result of the Grand Tour phenomenon, punctual architectural elements –such as cottages, hotels, and thermal establishments– that dotted the coastal landscape began to be built throughout Europe (Lobo, 2014). In order to meet the new needs, not only buildings are being constructed but also public spaces such as belvederes, wide tree-lined avenues, and gardens, as well as infrastructure such as piers and docks to accommodate shipping. Although these elements

were initially conceived as singular buildings constructed at scenic places in the landscape, in the course of the historical process they were incorporated into the city or were themselves the driving force behind the formation of the urban agglomeration.

Although punctually the transformation of coastal agglomerations began in the first half of the twentieth century, it is since the 1950s that, thanks to the economic boom, the greatest transformation takes place. The advent of mass tourism, also facilitated by the advent of the automobile as an accessible commodity, contributed to the construction of various infrastructure systems, including seashore streets, and hotels and tourist infrastructure were built in the vacant urban areas.

A new concept of the urban space bordering the sea, bounded by a homogeneous built front, in which the main social and economic activities of tourist cities take place, began to take shape during this historical period. With the formation and consolidation of the street by the sea, both fixed structures, such as stairs and ramps that facilitated the transition from urban public space to the sand, and temporary seasonal structures, such as beach tents and sun shading structures, began to be built. Population growth in the urban coastal belt during the 20th century has contributed to the vulnerability of coastal areas (EC, 2016). The increase in urban vulnerability nowadays is mainly due to the effects of sea level rise and extreme weather events (Sam-path et al, 2019).

3. Quarteira's contact with the sea

The city of Quarteira is located in the municipality of Loulé, in the Algarve region (southern Portugal), between the Quarteira and the Almargem streams, close to a three-kilometer-long stretch of sand surrounded by pine forests. The city of Quarteira has more than 20.000 inhabitants, a number that triples during the summer months with the fluctuating population, attesting to the city's tourist seasonality.

Over time, the relationship established between the built-up area, the beach and the sea has undergone successive transformations. The historic nucleus was originally built relatively far from the coastal strip, it was connected to the beach through a single structural axis, the ancient pathway whose incision corresponds to Rua Vasco da Gama Street. In the 1940 and 1950, Quarteira was known as the "Grande Praia Popular do Algarve" (Relvas, 2010: 44). The identity of this coastal landscape is strongly related to the population that lived from the sea. The sea, as a communication infrastructure and productive space, determined the occupation of the beach, which was appropriated as a natural ramp to moor boats, extend and repair nets and fishing gear, and support small built structures dedicated to the construction and maintenance of boats and support for fishing activities. (Fig. 1)

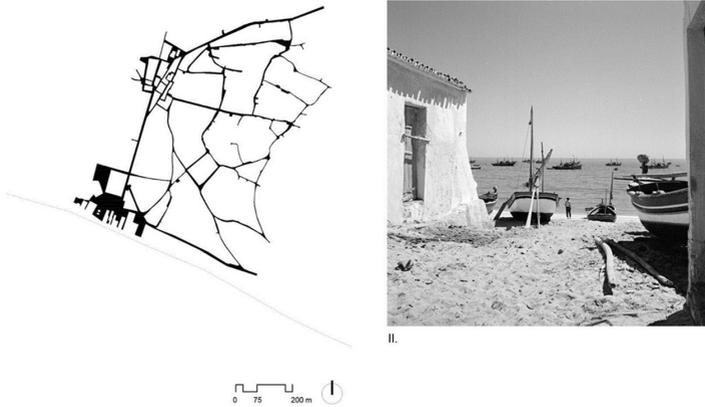


Fig. 01. (I) Urban Layout of Quarteira in 1934. Source: Author's Edition; (II) Houses and boats in Quarteira beach. Source: Artur Pastor. Arquivo Fotográfico Municipal de Lisboa ref.: PT/AMLSB/ART/011402.

Until before the urban transformation that affected the town of Quarteira, the shore was not delimited by rigid boundaries but with blurred edges, and there were small fishermen's houses built directly on the sand next to the boats lying dry. As the city evolved, the construction of the street parallel to the sea, on the edge of the sandy beach, introduced a change in the ancient relations between the urban agglomeration and the sea. Indeed, the introduction of the rigid infrastructural element into the natural environment led to a transformation of the economic and social activities that took place along the shoreline. The seashore street allowed the construction of a number of summer cottages, during the 1940's decade, disposed along the road infrastructure and facing the sea (Lobo, 2013) that are already well established and evident in photographs of 1950. The development of a new urban front also entailed a change in the social occupation of the beachfront: first occupied by the poorer social class, fishermen, then by the wealthy families of the neighbouring town of Loulé. During this period, different uses on the beach started to coexist: the working one, related to fishing; and the pleasure one related to the new need and trend of sea and sunbathing. (Fig. 02)

In the 1970s, urbanisation began on the land of the former Quinta de Quarteira (est. 1974) of the tourist resort of Vilamoura, together with the construction of the marina at the mouth of the Ribeira de Quarteira (est. 1974). These events, combined with Quarteira's proximity to Faro and the international airport (est. 1965); as well as the natural characteristics of the landscape, have promoted the conversion of the fishing agglomeration to a city dedicated to the new social paradigm: the "sun and sea tourism". (Fig. 03) Since the second half of the 20th century, in fact, tourism has been the driving force behind the formation and transformation of new types of coas-



Fig. 02 (I) Urban Layout of Quarteira in 1972. Source: Author's Edition; (II) Quarteira seashore street and beachfront. Source: Fototeca CM Loulé.

tal settlements, stimulated by the drafting of the Portuguese Tourism Fund in 1956 (Lobo, 2010). It was therefore from the 1970s onwards that, following the consolidation of the street by the sea, the contemporary urban front began to be built, composed of buildings mostly dedicated to accommodating tourism-related functions. The public space that divides and connects the beach to the city stretches for approximately 3 kilometres with an average width of about 60 metres; established at a variable elevation between 4 and 5 metres above mean sea level, it is nowadays, due to the effects of the rise in mean sea level, vulnerable to flooding and erosion.

Moreover, coastal erosion, caused by the prevailing swell from West to East, was accentuated with the construction of the Vilamoura marina breakwaters and also with the most recent construction of the fishing harbour defense infrastructure (est. 1999). According to Teixeira (2004), "Quarteira corresponds to the section of the Algarve coastline where the highest levels of coastal erosion are currently occurring" (Teixeira, 2004:11), which causes the constant transformation in the morphology of the coast. The built-up front of the seafront, supported by a wall on the beach, has been protected from erosion caused by the sea waves by breakwaters built in the 1970s and by frequent artificial sand feedings. However, on the leeward side (in this case east side) of the breakwaters, erosion has intensified and the retreat of the coastline has caused successive falls of the cliff. Causing, for example, the collapse of Forte Novo in the early 1980s, of which only submerged ruins remain. (Fig. 04)

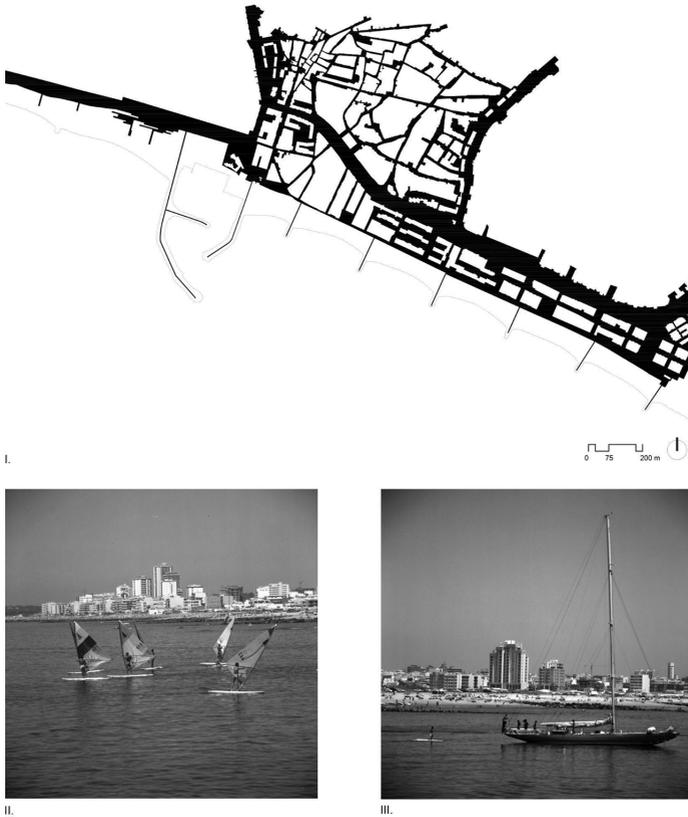


Fig. 03 (I) Contemporary Urban Layout. Source: Author's Edition; (II) Quarteira from the sea. Source: Artur Pastor. Arquivo Fotográfico Municipal de Lisboa ref.: PT/AMLSB/ART/030137; (III) Quarteira from the sea. Source: Artur Pastor. Arquivo Fotográfico Municipal de Lisboa ref.: PT/AMLSB/ART/030140.

For the urban seafront of Quarteira, PIAAC-AMAL, the intermunicipal plan of climate change adaptation of the Algarve region, includes predictable scenarios of coastline retreat in the coastal urban front and suggests continuing the artificial feeding of the beach during the next decade. However, this solution implies maintenance and becomes unfeasible in relation to the cost-benefit in the long run, therefore subsequently proposes the construction of a dune over a dike (dike-in-dune), while addressing the need to remove and relocate the seafront first built line from 2040 onwards (Dias & Santos, 2019).



Fig. 04 (I) Quarteira beachfront from the sky. Source: Nawaf Al Mushait, 2022. [ENTRA]MAR Archive; (II) Forte Novo Ruins submerged, Source: Nawaf Al Mushait, 2022. [ENTRA]MAR Archive.

4. Public ground as coastal defence

In a context in which climate change drives the gradual but inevitable rise in mean sea level, and the related increased frequency of extreme weather events, addressing the urban form of vulnerable coastal cities becomes an unavoidable exercise. Moreover, we achieve that planning and designing the coastal city as an organism with complex interrelations with the sea, adds to the uncertainty that urban design has to deal with.

The urban edge, the seashore street, of Quarteira thus constitutes a representative and propaedeutic case study to test “the systematic development of possible futures, which adopt the form of narratives and stories” (Gerber et al, 2018: 60). In other words, an architectural approach to possible futures based on the development of scenarios. “Scenarios seem to be suggestive, are convincing, foster interest and polarise, so that the future becomes tangible, and crucial decisions can be made” (Gerber et al, 2018: 61).

In the academic sphere, it is possible to test through speculative projects, which are freer of constraints but firmly based on the conditions of the territory and the wishes and desires of the inhabitants. Jacques Herzog (2020) wrote: “We can’t change society. But at least single projects, like our study of the Swiss landscape, can succeed in being incorporated into real politics. Which means our work can actually be political but, paradoxically, only if we work and think as architects so that the “utopia” takes physical shape. Becomes tangible.” Exploring alternative design strategies by debating the form of cities, their formation and evolution, in relation to mean sea level rise becomes an apparently utopian exercise. Nevertheless, following these words of Jacques Herzog in his letter to David Chipperfield, it is thinking through

design that utopia, oscillating between fiction and reality, becomes plausible.

“The aquatic city as an archetype of imagination and as a structure that responds to fundamental anthropological needs. «I believe in the future of water cities, in a world populated by countless Venice. The force with which Venice acts on the imagination is that of a living archetype that faces utopia»” (Calvino, 1985). Understanding the archetype facing utopia allowed the students of the fourth-year design studio –Integrated Master in Architecture with a specialisation in Urbanism at the Lisbon School of Architecture of the Universidade de Lisboa– to test architectural responses for the transformation and adaptation of the urban beachfront of the city of Quarteira to the mean sea level rise and extreme weather events predicted effects.

The objective is, through research by design, to enrich the debate centred on the future of urban waterfronts. Research by design based on scenarios allows us to develop and compare distinct equal stories that “liberates one from the urge to deliver a generally accepted solution for a problem” (Gerber et al, 2018: 60). In fact, what is described in this article is part of that research by-design process, in which different designs for the same question are tested, allowing in a subsequent phase to be compared and debated by a wider audience, receiving feedback for the future development of the urban margin.

As explained above, until the moment, the strategy for the coastal defence in Quarteira has been based on the creation of hard defensive infrastructure, the breakwaters, and the cyclical feeding of sand on the beachfront. Working in an academic context allowed workgroups to develop distinct design strategies for the urban coast defence based on the design of the public ground and enabled students to experiment with freedom in a controlled context where complexity was gradually added and answered in the design research.

Although utopic as the academical designs seem at first, stemming from the comprehension of the place and the gradual input of the reality complexity allows to ground an “emotional reconstruction” (Zumthor & Lending, 2018) of the urban seashore and the essential condition of developing plausible design scenarios. Moreover, it was not aimed at finding the best or most probable future, rather it is the comparison of all outcomes that enriches the comprehension of the question.

In the design of the thickness of the urban margin between land and water; the form of the city is studied as the result of processes of sedimentation and metamorphosis (Dias Coelho et al, 2014). Processes that translate into the theoretical phases of: (a) the agglomerate establishment; (b) the elementary addition of elements; (c) the geometrization of the margin; and (d) the partition and embellishment (Barreiros Proença, 2018a) to which new

layers can be superimposed that take into account the dynamism of the sea (Barreiros Proença, 2018b). References and theories to support the design strategy can then be incorporated to respond to contemporary needs for protection taking in consideration the complexity of time in shaping the space generated by the juxtaposition and overlap between land and sea. Understanding the public edge of the city as structuring, a formal and material response must be composed for the *emotional reconstruction*, understood by Peter Zumthor as “the formal and material qualities my buildings should have when they speak about the time of their place” (Zumthor & Lending, 2018: 68), of the beachfront.

Methodologically, the semester of the design studio, coordinated by [author name to be included] and tutored by [author name to be included], was structured in three phases to allow students to understand the territory and the theme of the study. Following a series of sequential steps, from reading to design, the main objective was to imagine a “material urbanity” (Solà-Morales, 2010) for the margin of the city of Quarteira, where public space should act as a coastal defence in the case of extreme events scenario of rising sea levels.

Direct experience with reality allows students to research the territory for contributions and suggestions for the definition, transformation, and design of public land in the coastal city. Understanding the territory as a *tabula plena*, as opposed to the idea of *tabula rasa* (Roberts, 2016: 11-12), enables projects to be drawn up in continuity, i.e. acknowledging the meaningful fragments with origin in distinct periods of the formation of the territory and are part of the essence of the place. Thus, three essential phases are considered:

1. *Reading* consists of the territory interpretation and the elaboration of an atlas of architectural elements of the seashore for the theoretical and formal foundation of the design;
2. *Concept* fosters thinking about urban transformation through the conception of scenarios and speculative solutions from a combination of systems and elements (present, to be subtracted and to be added). The resulting masterplan thus comprises the formal materialisation of a concept of spatial and functional organisation, as well as the foreseeing of consequent project actions;
3. *Project* consists of public space design. At this stage, the creation of an urban place in continuity between the private space for public use, the public space and the beachfront natural system is presupposed, creating a cohesion and spatial nexus between them.

The present article focuses on the role of architectural thinking and exploration in the design of the public ground as a coastal defence for urban beach-

front. *Concept* and *Project* phases address the design of the public ground as coastal defence, considering the public space form and materiality can act as a defensive infrastructure regarding sea level rise and extreme weather events. Therefore, the ordered description of the outcomes of the second and third phases of the developed work may contribute to this reflection.

4.1. Lines along the shore: design strategies for coastal defence

Reading has revealed architectural elements that, over time, have succeeded one another in the intertidal space between the land and the sea. Among the elements that have marked the evolution of the urban settlement are the boats and fishing nets; the fish laid for the fish auction; the road by the sea and the transversal street structure; the beach structures and sunshades; and the breakwaters.

Furthermore, it also evidenced that the positioning and direction of these elements share similar composition principles that can be considered as atemporal composition grids of the threshold space between the city and the sea. Characteristics shared with other urban beaches along the Portuguese coast (Proença, Dal Cin, Monteiro, 2021). Over time, lines have been drawn on the beach, spatial interweaving, between fixed and cyclical elements that enable us to ground the design of the thickness of the margin on the atemporal composition grids of the coastal landscape.

Aware that the architectural idea generates form and builds meaningful relationships with place, each of the projects developed pursued a coastal defence design strategy that was supported by the acknowledgments of the *Reading* phase. Thus, the public ground design based its composition on the themes and the underlying form of the margin for the definition of the intertwined space between the land and the sea, with the purpose of creating a meaningful public space that doubled as coastal defence infrastructure.

According to Hill (2015), the definition of coastal defence infrastructures by typologies is relevant for defining design strategy alternatives; indeed, the categorization allows the comprehension of the different design solutions.

Looking retrospectively at the outcomes of the student's semester work, the different design strategies for public ground and coastal defence design it is possible to define types of solutions according to the overall composition layout: (a) *lines parallel to the sea*; (b) *lines perpendicular to the sea*; and (c) *lines in the sea*.

4.1.1. Lines parallel to the sea

One of the design strategies followed in the imagination of a future scenario for the Quarteira margin consisted of emphasising alignments parallel to

the sea and thus to the seashore street. This type of composition resulted in different approaches regarding the materiality or even the choice on how to deal with the sea level rise scenario, nevertheless sharing the same principle of prioritising parallel lines to the margin in the design composition although other elements might be, and are, present.

*Fortificatio*¹ consists of a fortification system to defend from rising sea level, composed of a thick wall and singular elements that dot the margin articulated with the pre-existing Quarteira urban layout, generating enclosed spaces between the edge of the city and the wall, as represented in the compositional diagram. The thickness of the projected wall allows the existence of interstitial spaces to define a system of excavated passages, terraces, and patios that articulates the city and the beachfront with multiple connections and levels of observation. If Fortificatio, recalls the idea of the fortified city, enclosed within high walls and connected to the outside through gates, in the collage having added seated children allows the linear element to be read not as a barrier, but as a connection between the city and the sea. (Fig. 05)

A different approach to the creation of parallel lines of defence was carried out in *Continuity*², by removing the impermeable hard pavements and proposing the renaturalization of the water lines continuity and the constitution of two lines longitudinally along the urban fabric of Quarteira. A dune cord along the margin and a pine corridor in the interior of the city. The artificially created dune cord gives continuity to the recent *Passeio das Dunas* (PROAP), extending it from west to east along the urban beachfront to the Almagem stream. The dune cord acts as a wave dissipator and paths are defined that enable walking between the city and the beach and along the dunes, parallel to the sea. As depicted in the compositional diagram in the first built-up area, lines parallel to the sea are imagined, fragmenting and

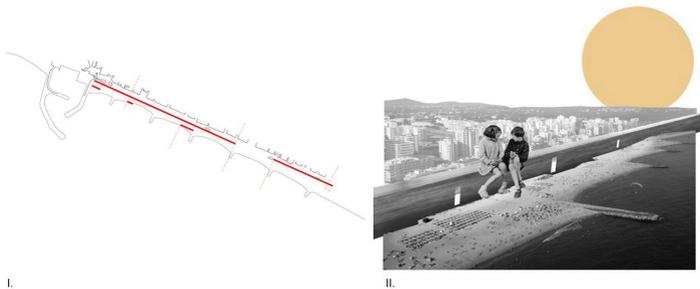


Fig. 05 Lines parallel to the sea: (I) composition diagram of Fortificatio. Source: Author's Edition based on proposal of Francisca Grosso and Anastasya Vasileuskaya, 2021; (II) conceptual collage of Fortificatio. Source: Francisca Grosso and Anastasya Vasileuskaya, 2021.

1 *Fortificatio* was designed and developed by Francisca Grosso and Anastasya Vasileuskaya (Lisbon School of Architecture, Universidade de Lisboa).

2 *Continuity* was designed and developed by Anne-Claire Delattre and José Ignacio Gomez (Lisbon School of Architecture, Universidade de Lisboa).

interrupting the spatial relationship as we know it today, to reproduce a more natural landscape. (Fig. 06)

Fortificatio and *Continuity*, although conceptually corresponding to distinct approaches for the redesign of the margin, both ground the composition in structuring elements parallel to the shoreline. The first creates an elevated thickness along the seashore street to cope with the extreme weather event sea level rise scenario. The mineralisation of a thick linear defence in front of the city generates possibilities for its appropriation but also creates a barrier between the city and the sea that was addressed by excavating the thickness of the wall. The second resorts to porous and adaptable systems based on

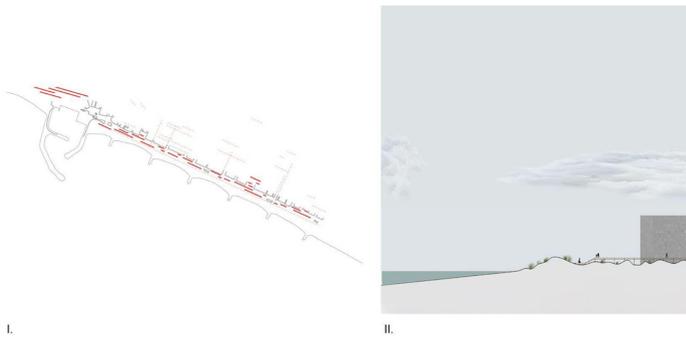


Fig. 06 Lines parallel to the sea: (I) composition diagram of Continuity. Source: Author's Edition based on proposal of Anne-Claire Delattre and José Ignacio Gomez, 2021; (II) type section of Continuity. Source: Anne-Claire Delattre and José Ignacio Gomez, 2021.

natural elements to compose permeable and evolving linear structures that extend parallel to the seashore, both in the margin or inland.

4.1.2. Lines perpendicular to the sea

Quarteira's most distinctive coastal features are the breakwaters that rhythmically extend perpendicularly from the land to the sea. Elements that create a geometric rule that defines segments in the otherwise continuous sand of the beach. The recognition of the elements as singular features in the landscape, and the consequent recognition of the compositional lines, allows for a second design strategy, in which lines perpendicular to the sea prevail.

*Rhythm*³ proposes either to create new breakwaters or to critically consider whether to restore or let existing breakwaters gradually fall into ruins. Furthermore, the projected breakwaters are arranged in continuity with the alignment of the urban layout axis perpendicular to the shore, such as the streets,

³ *Rhythm* was designed and developed by Inês Aragão and Monika Markauskaite (Lisbon School of Architecture, Universidade de Lisboa).

thus extending the public ground of the city into the sea. It is proposed that these elements might have under passages to enable sand drift to occur from one side to the other of the breakwaters. During the summer season, it is proposed to “colonise” the beach and the breakwaters with temporary elements: floating docking finger piers in the sea and beach tents or shading structures in the sand. Therefore, fixed elements are proposed to cope with sea level rise and extreme weather events and cyclical elements are foreseen to appropriate the beach and water answering the expansion needs of the seasonal floating population. Rhythms, conceives the re-appropriation of the space of the margin according to cyclical times, that of winter and summer and the consequent needs that the two seasons draw; that is, protection in the winter months and the possibility of appropriation, through flexible elements, in the summer months to meet tourist and recreational needs. (Fig. 07)

Transitions⁴ stems from the understanding of the comb structure of the breakwaters as evidence of a composition grid that structures the seashore of Quarteira. Composition wise, tidal pools advance from the limit of the seashore street into the sea, acting as breakwaters, within the strict grid that is based on the pre-existing elements, incorporating them in the built structure of the pools. Furthermore, it proposes to elevate part of the urban ground of the seafront. The space below the elevated boardwalk, opening to the beach, ac-

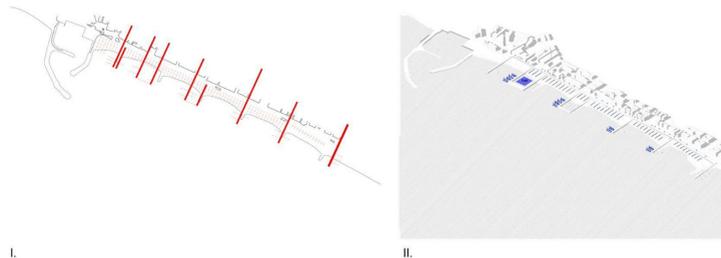


Fig. 07 Lines perpendicular to the sea: (I) composition diagram of Rhythm. Source: Author's Edition based on proposal of Inês Aragão and Monika Markauskaite, 2021; (II) axonometric view of Rhythm. Source: Inês Aragão and Monika Markauskaite, 2021.

commodates temporary, seasonal uses during the summer months, allowing the public ground to extend from the city to the beachfront. (Fig. 08)

4.1.3. Lines in the sea

4 *Transitions* was designed and developed by Lea Jain and Farida Sedky (Lisbon School of Architecture, Universidade de Lisboa).

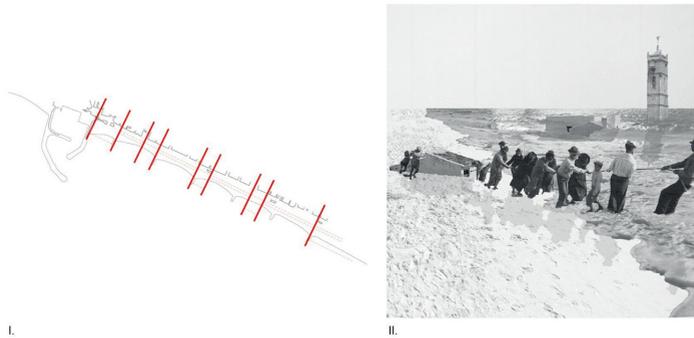


Fig. 08 Lines perpendicular to the sea: (I) composition diagram of Transitions. Source: Author's Edition based on proposal of Lea Jain and Farida Sedky, 2021; (II) conceptual collage of Transitions. Source: Lea Jain and Farida Sedky, 2021.

Considering that undulation and storm surge are significant factors contributing to sea level rise during an extreme weather event, a project strategy was to define defensive structures to dissipate the force of the waves before they could reach the urban coastline. *Habitable Partition*⁵ and *Aparelhar*⁶ (Rigging) refers to different principles of composition that nonetheless propose design solutions in which the pivotal elements are defensive elements in the sea, autonomous from the shoreline.

The design composition of *Habitable Partition* stems from the direction of the harbour breakwaters. A composition grid autonomous from the shore is the base for the placement of anthropic elements in the sea in front of the urban beachfront, as depicted in the composition diagram. As fragments placed along the shore, their positioning envisages the disruption and dissipation of wave strength, nevertheless it doesn't interrupt the sand drift process and thus prevents coastal erosion on leeward side. Furthermore, during the summer season, when the sea is calmer, it is envisioned that floating walkways connect the fragments and the breakwaters are appropriated by facilities that support leisure and tourism and enable bathers' presence as an extension of the beach. As in *Rhythm*, the project imagines that the construction takes place in distinct phases with the possibility in the summer months to juxtapose flexible and ephemeral elements that respond to social needs. (Fig. 09)

Aparelhar [Rigging] acknowledged the underlying matrix grid of the urban layout of the seafront of Quarteira. The definition of a compositional matrix made it possible to order the design of the proposed elements in sequence

⁵ *Habitable Partition* was designed and developed by Anna Panfilova and Manuel Amaral (Lisbon School of Architecture, Universidade de Lisboa).

⁶ *Aparelhar* [Rigging] was designed and developed by Carolina Lombardi and Guilherme Mateus (Lisbon School of Architecture, Universidade de Lisboa).

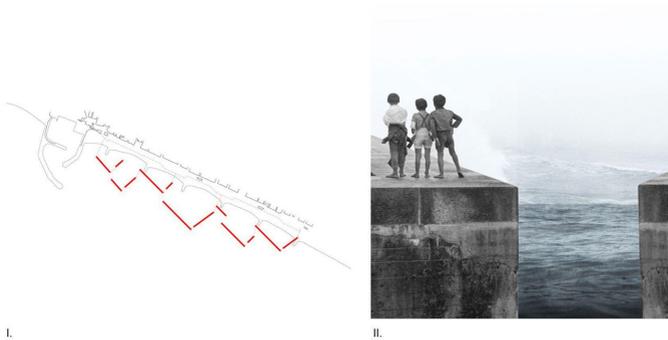


Fig. 09 Lines in the sea: (I) composition diagram of Habitable Partition. Source: Author's Edition based on proposal of Anna Panfilova and Manuel Amaral, 2021; (II) conceptual collage of Habitable Partition. Source: Anna Panfilova and Manuel Amaral, 2021

with the alignment of the city's public spaces. Solid, fixed elements are placed within the composition grid as fragments in the water to diverge and dissipate wave strength before reaching the shore. Compositionally, it is reminiscent of the musical score on which the dotted elements interweave the lines creating shapes and spaces. These also act as foundations that can be rigged in the summer with temporary structures that foster human appropriation in these surfaces, such as masts that support sails as shading cloths. The grid is slightly shifted with respect to the existing breakwaters that, in this scenario, are destined to continue their process of decay and ruin, resignified as monuments, in the etymological sense of *monumentum*, from the Latin verb *monere*, to remember or to warn. Similarly, the nearby ruins of Forte Novo recall the fragility of the human constructions in face of Nature. (Fig. 10)

4.2. Imagining the public ground material urbanity

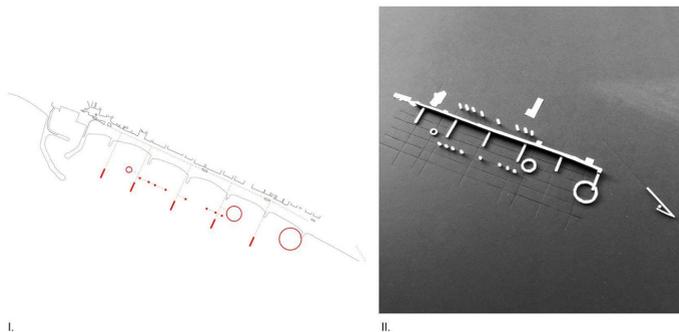


Fig. 10 Lines in the sea: (I) composition diagram of Aparentar [Rigging]. Source: Author's Edition based on proposal of Carolina Lombardi and Guilherme Mateus, 2021; (II) conceptual collage of Habitable Partition. Source: Carolina Lombardi and Guilherme Mateus, 2021.

Manuel de Solà-Morales (2010) defined *material urbanity* as “the ability of urban material to express civic, aesthetic, functional and social meanings”. Materialising the form of each design strategy then becomes essential for its definition... The precision of the built form must therefore be present in the design choice of materials and in the way of building, which are not independent of each other. Indeed, if we recall the words of Frank Lloyd Wright (1943) on the integral ornament, we can read: “the nature pattern of actual construction (...) not only surface qualified by human imagination but imagination giving natural pattern to structure.”

Materialising lines that compose the public ground in the distinct design strategies, more than a reference board for the construction of the urban beachfront, may therefore be understood as the deepening and study of the implementation of a component of the strategy defined. In this way, the detailed project of a part of the system of public spaces on the margin follows the design strategy enunciated by each group, entangled with the intrinsic nature of the place.

The wall thickness of *Fortificatio* was excavated with patios and inner spaces analogous to the fortresses that dot the Algarve coast, and the materialisation of the surfaces resorted to the use of prefabricated concrete blocks composing a stereotomic retaining wall. Protected spaces integrated public space traditional materials of the city beachfront such as sand and *calçada portuguesa* (portuguese cobblestone), thus connecting to the memory of the place. (Fig. 11)

The use of large prefabricated concrete blocks was also the main element for the construction of the lines of *Transitions*. In this case, the precise stereotomy and considerable dimension of the blocks characterise the space of relation between the sea and the city, referring to the pier construction we may find in harbours along the Portuguese coast since the late XIX century (Loureiro, 1904-1909).

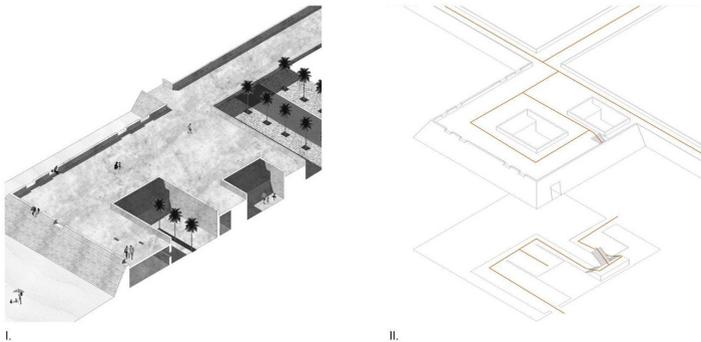


Fig. 11 Fortificatio axonometric section (I) and circulations diagram (II). Source: Francisca Grosso, 2021.

The use of simple urban furniture, reinforcing the composition alignment, contributes to the spartan fixed elements that frame human activities and accommodate the variable nature of the sea. (Fig. 12)

Continuity focuses on the creation of an idealised dune cord between the city and the sea leading to researching systems of establishment and retaining of a dune landscape. The speculative nature of this proposal acknowledges the complex nature of time in the creation of the landscape. The dynamic nature of this process implies that the image of the form is not fully controlled apart

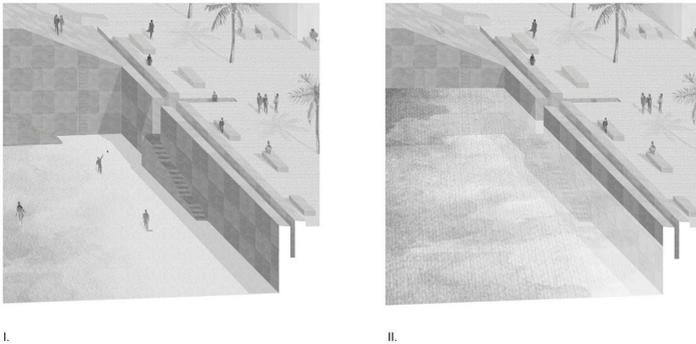


Fig. 12 Transitions axonometric sections in summer (I) and in sea level rise scenario (II). Source: Lea Jain, 2021.

from the fixed elements on the edge of the city or the autonomous paths that either fly over or submerge overlapped by the sand of the continuously changing dunes. (Fig. 13)

The understanding of the public ground as a frame or a stage for the unravelling of human life was a characteristic common to the diverse approaches.



Fig. 13 (I) Continuity exploded axonometric. Source: Anne Claire Delattre, 2021; (II) Desertification control workers making straw checkerboard barriers in the Tengger Desert in northwest China's Ningxia Hui Autonomous Region. Source: Xinhua/Feng Kaihua, 2020, available at: https://english.cas.cn/newsroom/cas_media/202106/t20210618_272235.shtml.

Also, in *Rhythm* is evident the spartan and matricial nature of the construction of the infrastructural elements that double as public space. Allowing the sand and the sea to be the protagonists of the design, along with the cyclical elements that each summer return to their positions. (Fig. 14)

Similarly, *Habitable Partition* materialised the proposed fixed elements recurring to technology currently in use for the construction of breakwaters, on top of which the moulded *in situ* concrete would create the spaces that could support the expansion of the beach life during the summer tourism season and also act as piers and anchoring support. (Fig. 15)

5. Les Mémoires de la Méditerranée

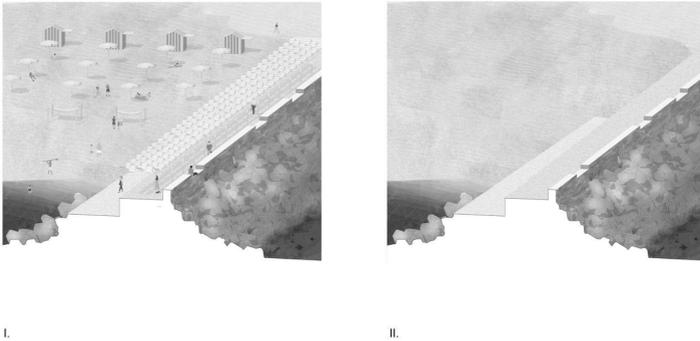


Fig. 14 Rhythm, axonometric sections in summer (I) and winter (II). Source: Monika Markauskaite, 2021.

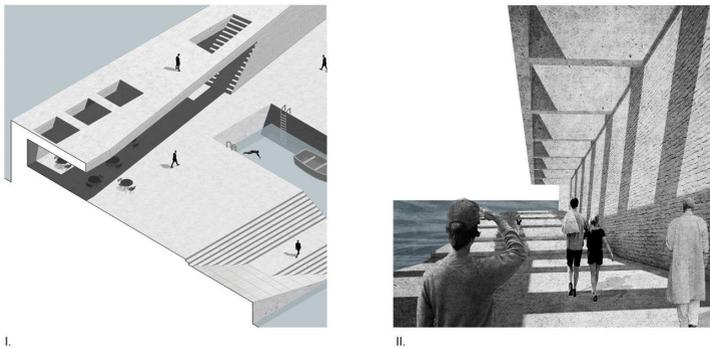


Fig. 15 Habitable Partition, axonometric section (I) and collage (II). Source: Anna Panfilova, 2021.

Since the beginning of the 20th century, urban transformations have been guided by theories that favoured the rigid channelling of watercourses, i.e., through pipelines and the construction of –river and sea– rigid embankments. The seashore street is a marginal area, fragile and subtle, where multiple interactions take place between the city and the water. It is not a boundary or a limit, on the contrary, it is a meeting space, an area of interchange, a zone of transition. Moreover, the reconfiguration of the interface, of the space between the land and the sea, through the introduction of a rigid line –the street by the sea– in the natural environment, as a dynamic system, has changed the relationship between the city and the water.

Therefore, we consider that as Braudel (1998) wrote in “*Les Mémoires de la Méditerranée*”, it is important to urge the reader to observe coastal landscapes over and over again, until the physical and urban features are eloquently revealed and named. It is an exercise of observing the urban phenomena that allows one both to decode the contemporary and ground design responses. As memories of the Mediterranean, all traces of the past can be asserted and depicted, which we turn to nowadays in order to imagine the future. As such, the design approach for the urban space between the land and the sea in these academic proposals considered the inherited memory read in the evolution of the coastal urban landscape for its development.

Jacques Herzog’s letter to David Chipperfield renders clear how architectural thinking can contribute to society. How interpretative studies and design answers, even speculative approaches of a utopian nature, can support a transformation in continuity. One of the contributions of these speculative scenarios is the testing of how coastal defensive infrastructures should be designed as part of the public ground of coastal cities, allowing for expansion and breathing of the public life of the city.

It is considered that the compositional exercise, although applied only to the case of Quarteira might, through typological transfer as proposed by Christ and Gantenbein (2015), become references of compositional principles to other urban contexts with similar coastal characteristics.

6. Acknowledgements

This phase of the research by design was developed in pedagogical context with the students of the fourth-year design studio (Laboratório de Projecto IV) at the Lisbon School of Architecture, Universidade de Lisboa: Ana Beatriz Silva; Anastasiya Vasileuskaya; Anne Claire Delattre; Anna Panfilova; António Lopes; Carolayne Ramos; Carolina Oliveira; Elisabete Caeiro; Farida Sedky Abdelfattah; Francisca Grosso; Guilherme Mateus; Isabella Brenchley-Wood; José Ignacio Gómez; Kamilla Jesus; Lea Jai; Livia Albuquerque; Manuel Amaral; Maria Inês Aragão; Melanie Lálá; Monika Markauskaite;

Rita Marques; Rosana Arifin; Sofia Corradin; Tiago Pereira.

The paper is framed by the research project [ENTRA]MAR Urban form intertwined with the sea. Interpretation and Design of Portuguese Seashore Streets vulnerable to sea level rise, based at CIAUD, Research Centre for Architecture, Urbanism and Design, Lisbon School of Architecture, Universidade de Lisboa. This work is financed by national funds through FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., under the Strategic Project with the references UIDB/04008/2020 and UIDP/04008/2020.

7. References

BARREIROS PROENÇA, S. (2018a). . Portuguese Atlantic seashore streets: the production process interpretation in MADY, C. (coord.) et alli, *City Streets3, Transitional Streets. Narrating Stories of Convivial Streets*. Proceedings. Beirut: Faculty of Architecture, Art and Design, Notre Dame University.

BARREIROS PROENÇA, S. (2018b). Reading and Interpreting Portuguese Atlantic Seashore Streets in Sea Level Rise Context in WINGERT-PLAYDON, K., RASHED-ALI, H. (eds.) *Happiness. The Built Environment: Shaping the Quality of Life, Vol. 1, Conference Proceedings. ARCC-EAAE 2018 International Conference*. Philadelphia: ARCC. pp. 65-73

BRAUDEL, F. (1998). *Les Mémoires de la Méditerranée*. Paris, France: Édition de Fallois.

CALVINO, I. (1985), *Saggi: 1945-1985*. Milano, Italia: Mondadori.

CHRIST, E., GANTENBEIN, C. (2012). *TYPOLOGY*. Paris, Delhi, São Paulo, Athens. Review No. III. Zurich: Park Books.

CORBIN, A. (2009). *L'Avènement Des Loisirs 1850-1960*, Paris: Flammarion.

DIAS, L.F., SANTOS, F.D. (coord.) (2019). Plano Intermunicipal de Adaptação às Alterações Climáticas do Algarve. <https://amal.pt/comunicacao/publicacoes/234-plano-intermunicipal-de-adaptacao-as-alteracoes-climaticas-piaac-amal> (Consulted: 16.02.2022).

DIAS COELHO, C. (coord.), AMADO, A., COSTA, J.P., SANTOS, J.R., MARTINS, P., JUSTO, R., BARREIROS PROENÇA, S., PADRÃO FERNANDES, S., ROSSA, W. (2014). *O Tempo e a Forma. Cadernos de Morfologia Urbana vol. 2*. Lisboa: Argumentum.

EC (European Commission) (2016). *Study on Specific Challenges for a Sustainable Development of Coastal and Maritime Tourism in Europe. Final Report*. Luxembourg: EC (European Commission).

GERBER, A., KURATH, S., SCHURK, S., ZÜGER, R. (2018) *Handbook of Methods for Architecture and Urban Design*. Zurich: Triest.

HERZOG, J. (2020). Jacques Herzog: letter to David Chipperfield - Domus. <https://www.domusweb.it/en/architecture/2020/10/13/jacques-herzog-letter-from-basel.html> (Consulted: 16.02.2022).

HILL, K. (2015). Coastal infrastructure: a typology of the next century of adaptation to sea-level rise, *Frontiers in ecology and the Environment Journal*, 13,(9), 468-476. <https://doi.org/10.1890/150088>

LOBO, S. (2018). Tracing the Edge: Portuguese Coastal Tourism Planning and Architecture of the 1960s in GOSSEYE, J. and HEYNEN, H., *Architecture for Leisure in Post-war Europe 1945-1989*, 14-31. Routledge, Taylor & Francis Group. <https://doi.org/10.1080/13602365.2013.835334>

LOBO, S. (2013). *Arquitetura e Turismo: Planos e Projectos. As cenografias do lazer na costa portuguesa, da 1.ª República à Democracia*. [Doctoral Dissertation in Architecture, Specialty Theory and History], Departamento de Arquitectura da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

LOUREIRO, A.F. (1904-1909). *Os portos marítimos de Portugal e ilhas adjacentes : atlas*. Lisboa: Imprensa Nacional. 1 atlas in 5 volumes

PEQUITO REBELO (1929). *A Terra Portuguesa*. Lisboa: Ottosgráfica.

PROENÇA, S.; MONTEIRO, C.; DAL CIN, F. (2021). Lição de utopia: a cidade entre a terra e o mar. In *Atlântida. revista de cultura*, vol. LXVI, pp. 51-58. Angra do Heroísmo: Instituto Açoriano de Cultura.

RAMALHO ORTIÇÃO, J. D. (2022 [1876]). *As praias de Portugal*. Guia do Banhista e do Viajante. Lisboa: Quetzal / terra incógnita.

RELVAS, D. (2010). *A cidade dos outros: O caso de Quarteira*. [Dissertation Master Degree in Cities and Urban Cultures], Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra.

RIBEIRO, O. (2011 [1945]). *Portugal, o Mediterrâneo e o Atlântico*. Lisboa: Letra Livre.

ROBERTS, B. (ed.) *Tabula Plebea: Forms of Urban Preservation*. Zurich: Lars Müller Publishers.

SAMPATH, D.; COSTA, S.; CARRASCO, A.R.; MENDES, I.; MOURA, D.; VEIGAS-PIRES, C. (2019) *Coastline retreat projections along South Algarve due to Sea Level Rise during the 21st century*. Congresso sobre Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa. Lisboa.

SILVA LOPES, A.M.S. (2006[1975]). *O Vocabulário Marítimo Português e o Problema dos Mediterraneísmos*. In *Separata da Revista Portuguesa de Filologia*, vols. XVI, XVII. Ílhavo: Amigos do Museu Marítimo de Ílhavo.

SÒLA-MORALES, M. (2010). *The Impossible Project of Public Space*. In *In Favour of Public Space, Ten Years of the European Prize for Urban Public Space 2000-2010*, exhibition catalogue. Barcelona: CCCB / Editorial Actar.

TEIXEIRA, S.B. (2004). *Evolução do Litoral de Quarteira*, [Paper presentation] in Conference: Actas do Seminário de Valorização turística do património arqueológico submerso do litoral de Quarteira, Vilamoura, Portugal.

WRIGHT, F.L. (1943). *In the Nature of Materials: A Philosophy*. In *From Frank Lloyd Wright, An Autobiography*. New York: Duell, Sloan and Pearce. pp. 337-349.

ZUMTHOR, P.; LENDING, M. (2018). *A Feeling of History*. Zurich: Scheidegger & Spiess.

DOI: 10.5821/qru.11944

CARTOGRAFÍA HÍDRICO-URBANA PARA EL ANÁLISIS DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS

Juan José Barrios

La relevancia de una propuesta de estabilización hídrica para una determinada región hidrológica (y las cuencas hidrográficas que la componen), está directamente relacionada con la calidad y disponibilidad de información sobre la gestión y el uso de los recursos hídricos y las características morfo-tipológicas de las poblaciones circunscritas dentro de los límites geográficos de la región. En este sentido, dentro de las disciplinas de la hidrología, la hidrografía, el urbanismo y la arquitectura, se pueden construir cartografías híbridas para visualizar con mayor precisión los efectos de la antropización sobre los sistemas hidrográficos, y los riesgos inminentes del mismo sistema hacia las poblaciones. Lo anterior es posible mediante la incorporación de indicadores compatibles dentro de una misma proyección cartográfica y visión dimensional.

En el siguiente artículo, se organizan una serie de cartografías híbridas a través de una perspectiva de enfoque múltiple (inter-escalar y multi-escalar) aplicadas a la región hidrológica 36 en México. Estas cartografías permiten interpretar las dinámicas en los usos del agua por parte de las comunidades urbanas y rurales, así como de sus superficies agro-productivas. Los mapas son útiles para el análisis de las alteraciones al ciclo hidrológico, y la posterior aplicación de intervenciones urbanas específicas para la prevención y mejora de la red hídrica y la infraestructura hidrológica.

Palabras clave: Urbanismo hídrico, estrés hídrico, huella hídrica, restauración fluvial

The relevance of a water stabilization proposal for a certain hydrological region (and the river basins that compose it), is directly related to the quality and availability of information on the management and use of water resources and the morpho-typological characteristics of the populations circumscribed within the geographic limits of the region. In this sense, within the disciplines of hydrology, hydrography, urban planning and architecture, hybrid cartographic notions can be built to visualize with greater precision the effects of anthropization on hydrographic systems, and the imminent risks of the same system toward the population. This is possible by incorporating compatible indicators within the same cartographic projection and dimensional vision.

In the following article, a series of hybrid cartographies are organized through a multiple-approach perspective (inter-scalar and multi-scalar) applied to hydrological region 36 in Mexico. These cartographies facilitate the interpretation of water use dynamics by urban and rural communities, as well as their production surfaces. The maps are useful for the analysis of alterations to the hydrological cycle, and their subsequent application to specific urban interventions for the prevention and improvement of the water network and hydrological infrastructure.

Keywords: Water urbanism, water stress, water footprint, river restoration

1. Introducción

El objetivo de esta investigación es desarrollar una metodología para la generación de cartografías hídricas mediante un enfoque geográfico de cuenca. Para ello se incorporan los datos geoestadísticos y catastrales disponibles en el territorio mexicano y se aplican en el contexto de la región hidrológica número 36.¹ Cuando la información vectorial no existe o no se encuentra homologada para su uso dentro de Sistemas de Información Geográfica (SIG) se opta por exponer el proceso para construirla mediante las herramientas incluidas en software SIG.

Se ha decidido enfocar el estudio sobre la región hidrológica 36 a la que pertenecen las cuencas de los ríos Nazas y Aguanaval (zona noroeste de México), debido a que estas cuencas presentan un grado de presión² elevado sobre los recursos hídricos. Una primera aproximación a la región mediante la búsqueda de información geoespacial disponible permite reconocer una serie de carencias en las distintas escalas de trabajo, pero principalmente en la escala territorial (menor o igual a 1:50.000) y en las comunidades rurales fuera de los perímetros urbanos. Aunque el Instituto Nacional de Estadística y Geografía en México (INEGI) cuenta con una estructura importante y recursos nacionales, la producción de información local depende de organismos descentralizados con magnitud y presupuesto variable. A pesar de que el desarrollo de información catastral es un proyecto nacional urgente, aún se encuentra en desarrollo en el país.

Si bien, se cuenta con información sobre algunas localidades urbanas de mayor envergadura dentro de la región como la ciudad de Torreón, dicha información catastral tampoco incluye las edificaciones, información fundamental para los estudios morfológicos. Si se toma en cuenta que un proyecto de restauración regional requiere de una homogeneidad en la información de todas las poblaciones involucradas en la administración y consumo de los recursos hídricos, es fundamental generar información cartográfica que nos la permita definir.

1. Las regiones hidrológicas son agrupaciones de cuencas. En el territorio mexicano se encuentran reconocidas 37.

2. "Grado de presión es el porcentaje que representa el agua empleada en usos consuntivos respecto al agua renovable. Es un indicador del grado de presión que se ejerce sobre el recurso hídrico de un país, cuenca o región. El grado de presión puede ser muy alto, alto, medio, bajo y sin estrés. Se considera que si el porcentaje se encuentra entre 40 y 100% se ejerce un grado de presión alto, o cuando es mayor de 100% muy alto" (CONAGUA, 2018: 90)

Además de la información catastral y edificatoria es necesario incorporar las cartografías hídricas, la morfología del catastral agrícola. Esto permite reconocer las dinámicas productivas, y las superficies en uso y disponibles en su porcentaje relacional a la extensión de la cuenca hidrográfica. La incorporación de esta capa de información hace posible comprender las lógicas de asentamiento y producción de un conjunto de poblaciones desde la historia del territorio y su colonización.

Conocer la forma del territorio para comprender los procesos relevantes en la transformación de la matriz biofísica es fundamental para entender el resultado formal del orden territorial (Eizaguirre, 1990: 15). Es en este conocimiento y a través del poder de la definición de los componentes del territorio (De Solà-Morales, M., 1989: 16) que se pueden sintetizar alternativas para la mejora de las dinámicas productivas de las poblaciones dentro de las cuencas hidrográficas.

La cartografía resultante del análisis de los componentes del territorio, permite visualizar una serie de mapas hídrico-urbanos que, en conjunto, constituyen una base de conocimiento que considera a todas las poblaciones de la región como parte fundamental de un proyecto de restauración fluvial. Utilizando como hilo conductor el agua, se podrá visualizar de manera intra-escalar las afectaciones a los flujos hídricos y el ciclo hidrológico de la región y fomentar estrategias afines con la mejora de la estabilidad hídrica pero también de los escenarios urbano-productivos y rural-productivos del conjunto de comunidades.

A continuación, se presenta el desarrollo de la metodología en base a 4 escalas para la generación de cartografías hídrico urbanas, se procede desde la mayor escala territorial hasta la local.

2. Escalas de trabajo: Unidades de análisis en territorios bajo estrés hídrico elevado. Cuenca, subcuenca, microcuenca y cuenca urbana.

En este apartado de la investigación se determinan, además de los límites físicos, los márgenes teórico-conceptuales de las cuencas hidrográficas, y se utilizan definiciones principalmente encuadradas dentro del contexto mexicano. A partir de estas unidades de análisis, se establecen los alcances urbanos indirectamente, es decir, las fronteras definidas de las cuencas determinaran los límites en la cantidad de poblaciones a evaluar para un alcance total de la región. Estas poblaciones con sus líneas de comunicación y espacios productivos comprenderán el alcance urbano del estudio.

La finalidad es reconocer como punto de partida para la aproximación a la restauración fluvial un enfoque en las regiones hidrológicas, sus cuencas y subdivisiones. De acuerdo a Cotler y Caire (2009:18) La planeación y la gestión en el contexto de una cuenca posibilitan una visión global y sistémica

del territorio. Dentro de esta planeación de cuenca se pueden determinar las principales fuentes contaminantes, sus intensidades e impactos en la dinámica eco-hidrológica. Lo anterior con la finalidad de priorizar zonas de trabajo, y facilitar la colaboración entre instituciones para la coherencia de las acciones. En ese sentido, el manejo integral de cuencas, como proceso, proporciona un nuevo rumbo para relacionar ciencia, política y participación pública.

2.1 Región Hidrológica

En el territorio mexicano se han identificado 37 regiones hidrológicas (RH) que agrupan a su vez, cuencas y subcuencas de los sistemas hidrográficos. Los límites de estas regiones están representados por los bordes naturales de las cuencas que agrupan. Si bien existe otro modelo de agrupación de las cuencas desarrollado por CONAGUA que se denomina Región Hidrológico Administrativa (RHA) y que por escala antecedería a la RH, en este estudio se opta por utilizar los límites de las regiones hidrológicas ya que estos respetan las características morfológicas, orográficas e hidrológicas a diferencia de las RHA que se agrupan por divisiones políticas para facilitar la administración de los recursos hídricos.

2.2 Cuenca hidrográfica

La región hidrológica 36 es un sistema hidrográfico comprendido por 5 cuen-

Región hidrológica	Precipitación normal 1991-2020 (mm)	Área (km²)	
1	B.C. Noroeste	195	28 462
2	B.C. Centro-Oeste	119	44 314
3	B.C. Sureste	202	29 722
4	B.C. Noroeste	137	14 418
5	B.C. Centro-Este	132	13 626
6	B.C. Sureste	283	11 508
7	Río Colorado	98	6 911
8	Sonora Norte	294	61 429
9	Sonora Sur	474	139 37
10	Sinaloa	709	103 483
11	Presidio-San Pedro	805	51 717
12	Lerma-Santiago	722	132 916
13	Río Huacila	1 31	5 225
14	Río Ameca	1 07	12 255
15	Costa de Jalisco	1 667	12 967
16	América Coahuilana	978	17 628
17	Costa de Michoacán	916	9 205
18	Balsas	947	118 265
19	Costa Grande de Guerrero	1 176	12 132
20	Costa Chica de Guerrero	1 253	39 836
21	Costa de Oaxaca	962	10 514
22	Tehuacanpác	990	16 363
23	Costa de Chiapas	2 314	12 293
24	Bravo-Colechos	4 18	228 74
25	San Fernando-Soto la Marina	7 19	54 061
26	Pánuco	658	96 969
27	Norte de Veracruz (Tuxpan-Niutla)	1 471	26 592
28	Papaloapan	1 514	57 305
29	Coahuiltecos	2 169	30 217
30	Grijalva-Huamantla	1 77	102 465
31	Yucatán Oeste	1 231	25 443
32	Yucatán Norte	1 196	58 135
33	Yucatán Este	1 252	38 308
34	Cuencas Cerradas del Norte	361	80 629
35	Mérida	299	62 639
36	Nazas-Aguascaltepec	380	63 632
37	El Salado	435	87 601
	Total	740	1 959 246



Fuente: CONAGUA, 2021. Subdirección General de Administración del Agua. Sistema Nacional de Información del Agua (SINA) 2022.

Fig. 01. Las 36 regiones hidrológicas identificadas por la Comisión Nacional del Agua. En azul la RH36 objeto de este estudio.

Elaboración propia a partir de datos geoespaciales del Sistema Nacional de información (SINA).

<http://sina.conagua.gov.mx/sina/tema.php?tema=regionesHidrologicas&ver=mapa&o=0&n=nacional>

cas y 33 subcuencas de acuerdo con la información de la red hidrográfica desarrollada por el INEGI³. Se observa que debido a que la cuenca conserva unas determinadas características geomorfológicas y que dentro del espectro de los estudios urbanos la delimitación de los objetos estudios es relevante, en esta investigación se opta por utilizar la cuenca como primera aproximación al territorio:

“Las cuencas hidrográficas son consideradas como la unidad territorial básica para la planeación y el manejo de los recursos naturales, así como una dimensión espacial y temporal fundamental para la adaptación ante el cambio climático” (López & Patrón, 2013: 13)

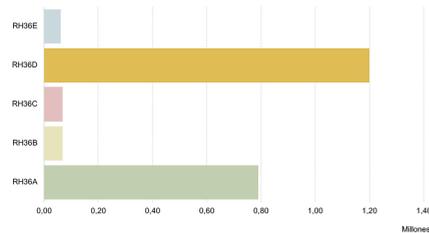
“Se habla de un enfoque de cuenca cuando en un proceso de gestión territorial se hace explícita la relación entre los territorios y los usuarios de cuenca alta y de cuenca baja. Es decir, que se consideran todos los impactos que se generan por las actividades en la cuenca alta hacia la parte baja de la cuenca. Asimismo, se reconocen los servicios ecosistémicos que provee la cuenca”. (López & Patrón, 2013: 17)

2.3 Subcuenca hidrográfica

Para profundizar en escalas inferiores de estudio se consideran las subcuencas, continuando con la jerarquía de la red geográfica. Al igual que en los gráficos anteriores la información geoespacial se integra mediante el software QGIS⁴, a partir de la cual se calculan las superficies y límites.

Nombre	Cuenca	Clave	Habitantes
	Río Nazas-Torón	RH36A	788 026,00
	Río Nazas-Pedro	RH36B	66 733,00
Región Hidrológica 36 Nazas-Aguanaval	Presa Lázaro Cárdenas	RH36C	67 589,00
	Río Aguanaval	RH36D	1 198 068,00
	Lagunas de Mayrán y Viesca	RH36E	60 938,00
	Total		2 181 353,00

Número de habitantes por cuenca



Fuente: INEGI. Red Hidrográfica escala 1:50 000 en su edición 2.

Fig. 02. Cuencas que componen la región hidrológica 36 Nazas-Aguanaval. Elaboración propia a partir de datos geoespaciales del INEGI. Red hidrográfica escala 1:50000 edición 2.

3. Clasificación generada a partir de la información geoespacial del INEGI para el año 2010, Red Hidrográfica escala 1:50 000 en su edición 2 disponible en: <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825007011>

4. De sus siglas en inglés: Quantum Geographic Information System (QGIS), es un software libre de código abierto

Subcuenca

“la superficie de terreno cuya escorrentía superficial fluye en su totalidad a través de una serie de corrientes, ríos y, eventualmente, lagos hacia un determinado punto de un curso de agua (generalmente un lago o una confluencia de ríos)” (Europeas, 2000: 6)

En la región hidrológica 36 se concentran 33 subcuencas según la información del INEGI en su dimensión vectorial. Para calcular el número de habitantes se ha generado una base de datos añadiendo los atributos del marco geoestadístico 2020 a través del *Catálogo Único de Claves de Áreas Geoestadísticas Estatales, Municipales y Localidades*⁵.

2.4 Microcuenca

A escala de microcuenca, es necesario determinar ámbitos particulares de estudio mediante estándares específicos, ya que estos datos geoespaciales no se encuentran incluidos dentro la Red hidrográfica edición 2. Sin embargo, se pueden generar a partir de una subcuenca específica, y el enfoque sobre una vertiente dada. La microcuenca constituye un dominio menor que es apto para acciones de planificación urbana parcial.

“La unidad de planeación es la cuenca. Sin embargo, la unidad básica de ordenación e intervención es la microcuenca, donde puede manejarse y visualizarse la producción en relación con la corriente de agua. Para describir los diferentes usos de la tierra se requiere trabajar con escalas grandes con el fin de representar la parcela o unidad de producción sin importar su dimensión”. (Sánchez et. al., 2003:10)

	Subcuenca	Subclave	Area km ²	Habitantes
1	Río Nazas - C. Santa Rosa	RH36Aa	9118,27	720935
2	Río Nazas - Los Angeles	RH36Ab	1380,49	30514
3	Presa Francisco Zarco	RH36Ac	1170,28	4890
4	A. Cuernavaca	RH36Ad	2159,76	24302
5	A. La Cadena	RH36Ae	3159,75	1376
6	Río Nazas-Rodero	RH36Ba	3977,16	19869
7	Río de San Juan	RH36Bb	2375,13	16678
8	Río del Potón	RH36Bc	3622,87	22041
9	A. de Nalicha	RH36Bd	1892,00	3145
10	Presa Lázaro Cárdenas	RH36Ca	484,25	1021
11	A. Grande	RH36Cb	729,32	2594
12	Río del Oro o de Swatin	RH36Cc	2553,78	8590
13	A. de Matías	RH36Cd	891,90	754
14	A. de Lobos	RH36Ce	515,11	160
15	Río San Esteban	RH36Cf	716,54	258
16	Río del Oro o de Swatin - Río Zaco	RH36Cg	2442,27	5636
17	Río Los Tepahuanes	RH36Ch	3137,23	9130
18	Río de Santiago	RH36Ci	3522,59	30780
19	Río de Ramos	RH36Cj	2676,56	3015
20	A. de Poltrías	RH36Ck	649,10	650
21	Río Aguanaval - Nazarenos	RH36Da	3565,75	816934
22	Río Aguanaval - Presa Doradores Sombrerillo	RH36Db	3610,6	4590
23	Río Aguanaval - Río Grande	RH36Dc	6541,92	90916
24	Presa El Cazadero	RH36Dd	103,70	1406
25	Río San Alfo	RH36De	1162,84	11355
26	Río de los Lazos	RH36Df	1381,90	9816
27	Río Chico	RH36Dg	715,78	5545
28	Río Trujillo	RH36Dh	1620,28	186383
29	A. de Mazamitote	RH36Di	965,21	1775
30	Río de Santiago	RH36Dj	2772,53	56120
31	A. de Reyes	RH36Dk	671,35	1728
32	Laguna de Viesca	RH36Ea	1022,64	13327
33	Laguna de Mayán	RH36Eb	10103,46	47611
	Total		90634,65	2181153



Fuente: INEGI. Red Hidrográfica escala 1:50 000 en su edición además del Marco Geoestadístico 2020.

Fig. 03. Subcuencas de la región hidrológica 36 Nazas-Aguanaval.

Elaboración propia a partir de datos geoespaciales del INEGI. Red hidrográfica escala 1:50000 edición 2 y Marco Geoestadístico 2020.

multiplataforma.

5. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/app/ageem/>

2.5 Cuenca urbana

La cuenca urbana es el último elemento considerado dentro del orden jerárquico de las regiones hidrológicas en esta investigación. Según Agredo (2013:124) es en la cuenca hidrográfica donde se originan procesos urbanos de asentamientos humanos, con actividades sociales, económicas, políticas y culturales, apoyadas en sistemas tecnológicos artificiales que se desarrollan a expensas del sistema natural, por lo tanto se considera que es una delimitación fundamental para comprender los fenómenos hidrológicos en la escala de la ciudad.

En esta escala del orden: ciudad y arquitectura, se pueden observar las dinámicas sobre los usos consuntivos del agua, que son más próximas al ciudadano. Por ejemplo, se puede llegar a observar las tipologías de construcción y con ellas determinar la cantidad de agua necesaria para edificarlas. Otro

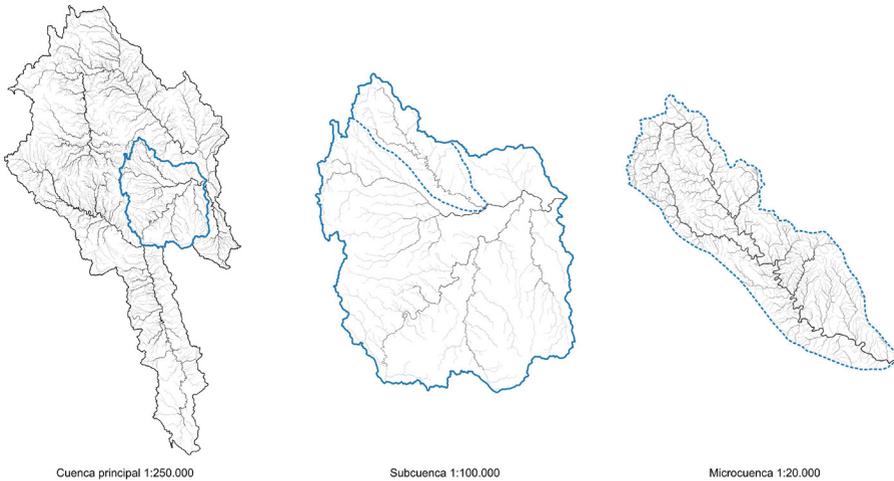


Fig. 04. Estructura jerárquica de la cuenca hidrográfica
Cuenca C (Presa Lázaro Cárdenas), Subcuenca Cj (Río de Ramos), Microcuenca General Escobedo.
Elaboración propia a partir de datos geospaciales del INEGI. Basada en: (López & Patrón, 2013: 11).

ejemplo de análisis a esta escala es entre las edificaciones y los canales mediante sus frentes de fachada. También puede observarse el tipo de impermeabilización del suelo, los drenajes de la cuenca urbana y las capacidades de infiltración y recarga con sus disrupciones sobre el ciclo hidrológico.

Los resultados obtenidos de los distintos análisis llevados a cabo entre el tejido mismo de las ciudades y la estructura vial que las articula, pueden aportar información relevante para el reordenamiento y la identificación de tendencias nocivas dentro del ciclo hidrológico de una cuenca determinada.

En la cuenca urbana, el grado de disrupción del sistema natural es más elevado en comparación a las escalas territoriales, sin embargo a diferencia de las grandes superficies que se trabajan en la escala del territorio, la escala urbana ofrece mayor control sobre los sistemas de drenaje y de soporte a los flujos hídricos. Es por ello que en los territorios bajo estrés hídrico la atención a soluciones que promuevan la recarga y renaturalización de las superficies de captación naturales es principalmente relevante, sobre todo si dentro de estas superficies se concentran grandes poblaciones urbanas como es el caso de la cuenca baja en la región hidrológica 36 con las poblaciones de Torreón, Gomez Palacio y Lerdo.

3. Escala regional

Como bien lo explica Eizaguirre (2019:34) la geomorfología nos enseña que determinados factores geográficos, bióticos, geológicos y antrópicos desencadenan una serie de procesos constructivos y destructivos, en dinámica constante, por lo tanto la superficie terrestre que observamos no es una realidad

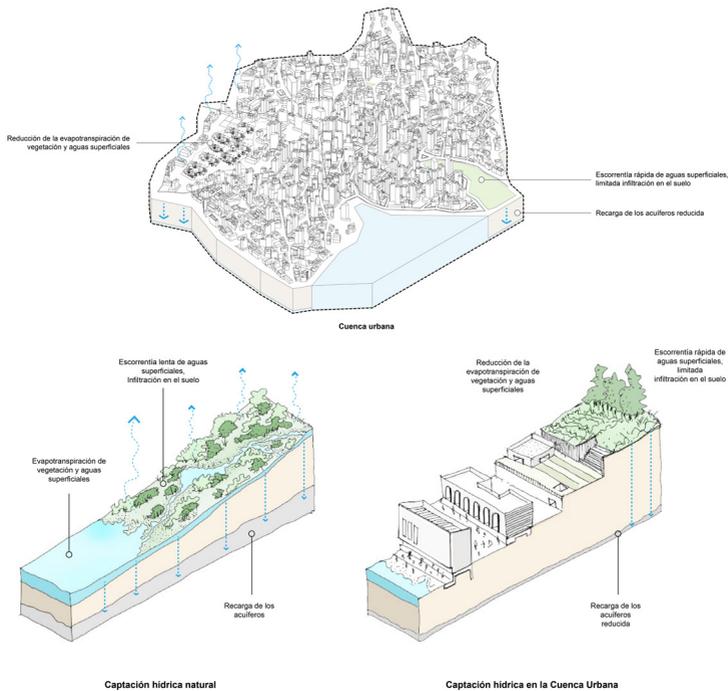


Fig. 05. Modelo esquemático de una cuenca urbana para ejemplificar la disrupción de la red hidrográfica. Elaboración propia

fija, sino en permanente mutación. Esta realidad nos guía hacia la lectura de los componentes del territorio tanto de forma aislada como en su orden jerárquico a lo largo del tiempo.

Para comprender la estructura jerárquica de la región hidrológica se utilizan herramientas propias de la geografía, como son los mapas regionales de grandes escalas a partir de la información satelital disponible. Generalmente para trabajar en estas dimensiones se pueden integrar directamente los datos satelitales a QGIS por medio de complementos como quickmapservices⁶. Sin embargo, cuando se cuenta con capturas satelitales con un mayor grado de precisión para determinadas áreas, es recomendable trabajar con esta información. Por ejemplo: en Cataluña el Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC) cuenta con un catálogo de ortofotos, imágenes aéreas y capturas mensuales del satélite sentinel-2.

Para el caso de la región hidrológica 36 se utiliza la información satelital de Google Earth y la herramienta quickmapservices. La información se integra en la proyección Cónica Conforme de Lambert (CCL) Datum: ITRF2008. Elipsoide: GRS80. Debido a que los datos geoespaciales provistos por el INEGI se generan en esta proyección. El resultado es información homologada al lenguaje cartográfico del instituto de estadística mexicano.

4. Escala geográfica, geomorfológica

4.1 El diagrama de Strahler y la morfología urbana de la cuenca

El objetivo de combinar información hidrográfica, urbana y agrícola dentro de una misma cartografía permite visualizar, por una parte, el porcentaje antropizado de una cuenca hidrográfica específica y por otro los distintos

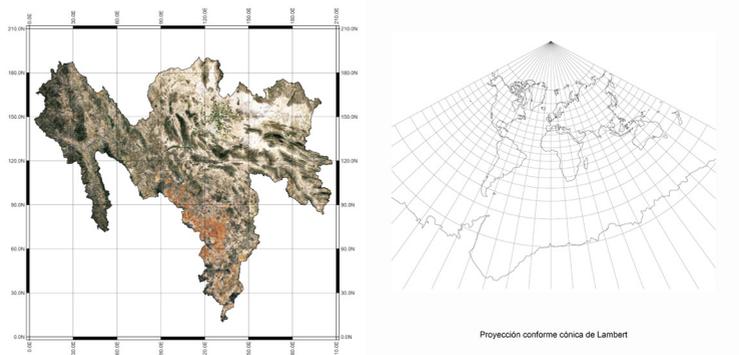


Fig. 06. Imagen Satelital de la región hidrológica 36 en la proyección conforme cónica de Lambert.

Elaboración propia

6. Esta herramienta añade la capacidad de insertar las imágenes provenientes de los servicios: Landsat, Google Earth, openstreetmaps, entre otros. Es uno de los complementos más importantes para establecer la primera conexión con el territorio en software SIG.

grados de permeabilidad del suelo de acuerdo con el tipo de cobertura. Estos indicadores influyen en las dinámicas de recarga fluvial de los mantos freáticos y en consecuencia la continuidad del ciclo hidrológico. Adicionalmente a través de ellos pueden relacionarse patrones de asentamiento y grado de presión sobre los recursos hídricos tanto superficiales como subterráneos.

Para comprender la complejidad y jerarquía de las ramificaciones hídricas en una cuenca hidrográfica definida, se opta por utilizar la forma numérica de Strahler⁷. La información sobre las redes hidrográficas puede obtenerse a partir de fuentes especializadas como la Comisión Nacional del Agua en México (CONAGUA). Sin embargo, si estos datos no se encuentran disponibles para una determinada región se pueden calcular a través de imágenes DEM⁸ y el software QGIS⁹.

Una vez incorporada la red hidrográfica, dentro de una proyección cartográfica definida, es necesario añadir los datos urbanos disponibles de las poblaciones urbanas y rurales a analizar. Para ello es necesario acceder a información vectorial de los límites urbanos de las edificaciones que en este caso proviene del marco geoestadístico¹⁰ del INEGI.

Con respecto a las superficies productivas, se añaden las capas vectoriales provistas por el Registro Agrario Nacional (RAN) de México. La informa-

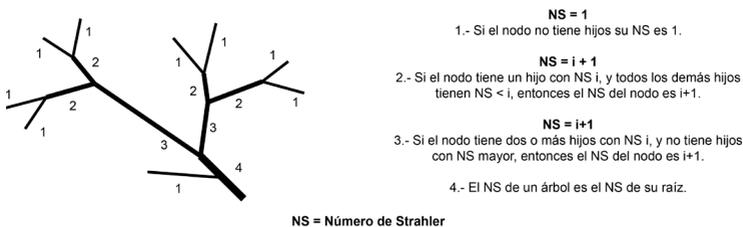


Fig. 07. Asignación del número de Strahler.
Elaboración propia

7. "En 1945, el hidrólogo Horton introdujo un método para clasificar los sistemas fluviales naturales (Horton, 1945). En 1952, otro hidrólogo Strahler (Strahler, 1952) simplificó este método a su forma actual. Un sistema fluvial se denomina formalmente red de canales. La red comienza con una serie de canales fuente en un extremo y termina con una única salida en el otro. Comenzando con las fuentes, los pares de canales se encuentran en las bifurcaciones de las que se originan nuevos canales. Bajo este esquema un tanto idealizado, los lagos y las bifurcaciones con más de dos puntas se ignoran o se modifican para encajar en el modelo anterior. Cada canal tiene un orden HORTON-STRAHLER. Cada fuente tiene orden 1. Un canal que se origina en una bifurcación toma el orden mayor de las dos puntas a menos que los órdenes sean iguales, en cuyo caso el canal toma ese orden más 1. El orden de la salida se denomina alternativamente el número HORTON-STRAHLER de la red" (traducción de Kruszewski, 1993).

8. De las siglas en inglés Digital Elevation Model, o Modelo Digital de Elevaciones (MDE) es una representación visual y matemática de la altura con respecto al nivel del mar, los valores están contenidos dentro de un archivo ráster.

9. Para metodología específica véase el manual de QGIs en el apartado 17.16: Hydrological análisis. Disponible en: https://docs.qgis.org/3.22/en/docs/training_manual/processing/hydro.html?highlight=hydrological

10. "El Marco Geoestadístico (MG) es un producto que integra información vectorial y catálogos. Representa al territorio en niveles de desagregación denominados áreas geoestadísticas, que están definidas por límites geoestadísticos; éstos se establecen con base en la normatividad del MG, de conformidad con sus principios y propósitos, por lo que pueden coincidir con los límites político-administrativos que cuenten con sustento legal vigente, descripción clara y precisa que permitan su transcripción cartográfica" (INEGI, 2022)

ción integrada pertenece a las categorías: zonas parceladas, unidades de riego RHA¹¹, y distritos de riego. Esta es la información parcelaria disponible a esta escala geográfica para el territorio mexicano. Es particularmente importante fijar la mirada en las superficies productivas ya que son los espacios de mayor consumo de los recursos hídricos de la cuenca (CONAGUA, 2018: 212). En el siguiente gráfico se presenta el modelo cartográfico logrado mediante la integración de información geoespacial para la subcuenca Río Trujillo,

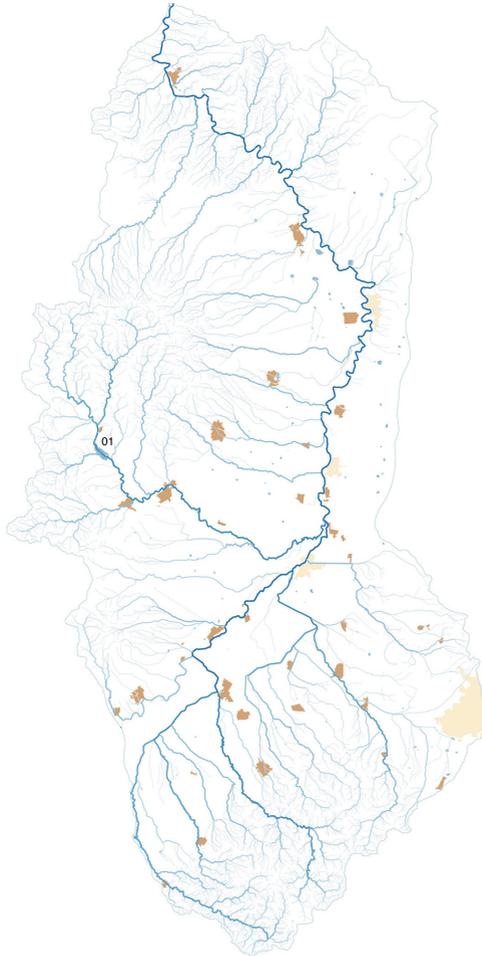


Fig. 08. Interpretación del número de Strahler en la subcuenca RH36Dh. Perteneciente a la cuenca D: Río Aguanaval.

11. Región Hidrológico Administrativa. La CONAGUA determina 13 ámbitos de competencia o unidades básicas para la gestión de los recursos hídricos, estas regiones respetan los límites municipales para facilitar el acceso a la integración de la información socioeconómica (CONAGUA, 2018).

perteneciente a la cuenca Río Aguanaval en el estado de Zacatecas México.

“México ocupa el lugar 7º en la clasificación mundial de países con mayor extracción de agua y porcentaje de uso agrícola, industrial y abastecimiento público, con un total de 87,84 miles de millones de m³/año, de este total el 76% se destina para uso agrícola, el 9,6% para uso industrial y el 14.4% restante para abastecimiento público”

“México también se posiciona en el séptimo lugar a nivel mundial en superficie con infraestructura de riego, contando con 25.670 ha de superficie cultivada de la cual, 6.460 representan la superficie con infraestructura de riego con dominio, un 25,16% del total” (CONAGUA, 2018: 212)

“la prospectiva es que al 2050, la agricultura necesitará incrementar su producción 60% a nivel global, y 100% más en países en desarrollo” (WWAP, U., 2015: 3).

A esta escala de trabajo, una visión tridimensional de la subcuenca ofrece

RH36Dh

Subcuenca Río Trujillo perteneciente a la cuenca Río Aguanaval. Contiene 44 poblaciones dentro de una superficie de 1620,29 km², de las cuales 4 de ellas son del orden urbano.

Es una subcuenca con una capacidad agrícola media-alta si se considera el porcentaje antropizado del área que la compone. Un 32.03% de la superficie de la cuenca esta categorizada dentro de las superficies agroproductivas.

Dentro de los límites de la RH36Dh se localiza una porción de la ciudad de Fresnillo la segunda ciudad zona más poblada de Zacatecas (143.000 habitantes). A pesar de que esta ciudad no se encuentra incluida en su totalidad sobre los límites de la cuenca, sus superficies productivas se extienden dentro de la red hidrográfica.

En esta investigación se considera un total de 156.383 habitantes dentro de los límites de la RH36Dh asumiendo toda la población de Fresnillo.



Zonas parceladas Unidades de riego RHA Distritos de riego



Ubicación dentro de la Región Hidrológica 36



Ubicación dentro de la cuenca hidrográfica Río Aguanaval



Porcentaje cubierto antropizado en la subcuenca 32.03

Fig. 09. Subcuenca RH36Dh. Porcentaje antropizado y categorías de superficies agro-productivas.

Elaboración propia: Incorporación de información geoespacial del INEGI, SINA y RAN. Elaboración propia: datos vectoriales del marco geostatístico INEGI

una perspectiva útil para visualizar el conjunto de poblaciones, sus cultivos y localización con respecto a los principales cuerpos de agua. Este tipo de axonometría tridimensional se considera más útil que el corte bidimensional principalmente porque permite mostrar de mejor manera la topografía y la continuidad de las vertientes y sus enlaces con los centros de población. Este tipo de cartografía se genera a partir de la interpretación de los niveles de cota en la dimensión z provenientes ya sea de información vectorial topográfica o la extracción de curvas de nivel a partir de una imagen ráster DEM.

En este tipo de mapa se pueden observar en una escala geográfica, la cuenca hidrográfica y su organización espacial, así como los espacios abiertos disponibles. En conjunto con la cartografía generada a escala regional es posible analizar las dinámicas entre subcuencas, así como los flujos superficiales de los recursos hídricos a través de la infraestructura hidrológica.

4.2 Infraestructura vial y la red de vertientes

En una cuenca bajo un grado de presión elevado es necesario observar las interacciones con la infraestructura vial. Los nodos de comunicación entre poblaciones en conjunto con los vectores representan un sistema articulado sobrepuesto sobre la red hidrográfica. La representación cartográfica intencionada de estos dos elementos permite visibilizar zonas de conflicto. Para esta cartografía además de integrar la red hidrográfica se añade la red vial provista por la información vectorial del marco geoestadístico.

Las zonas de conflicto se pueden reconocer como áreas donde la interacción

RH36Ba

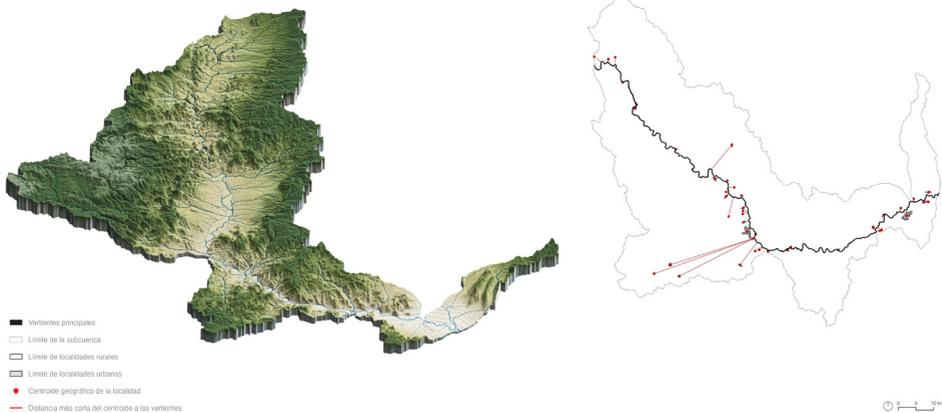


Fig. 10. Subcuenca RH36Ba Río Nazas Rodeo en 3D. Principales poblaciones y distancia al eje hídrico.

Elaboración propia a través de imagen ráster DEM y el complemento de Photoshop 3D map generator. Elaboración propia: datos vectoriales del marco geoestadístico INEGI

de variables específicas pueden generar estrés sobre los recursos hídricos. Entre los elementos que interactúan se pueden nombrar: infraestructuras viales estructurantes, infraestructuras viales integradas, tejidos urbanos, tejidos rurales, presas y canales.

La forma en que la red vial articula las poblaciones y sus superficies pro-

RH36Ad

Arroyo Cuencamé

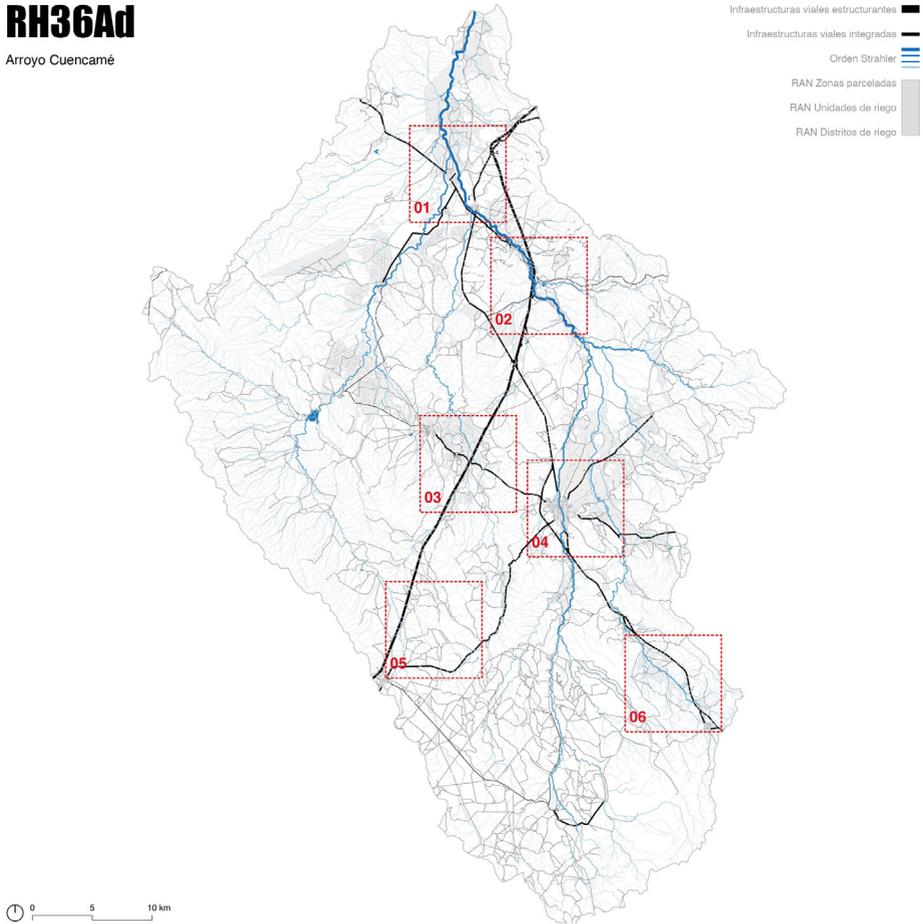


Fig. 11. Subcuenca RH36Ad Arroyo Cuencamé. Interacción entre la red hídrica y las infraestructuras viales. Zonas de conflicto.

Elaboración propia: Datos geospaciales INEGI

Elaboración propia: datos vectoriales del marco geoestadístico INEGI

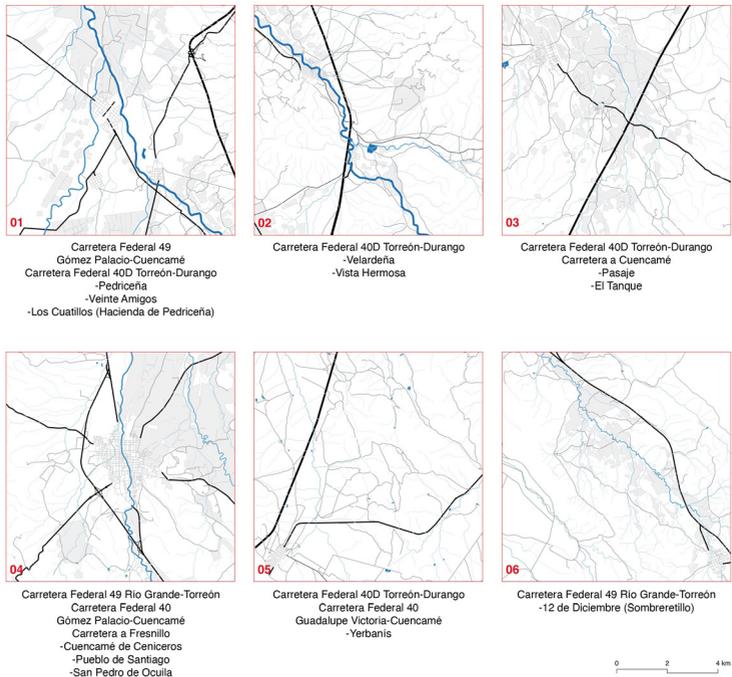


Fig. 12 Principales zonas de conflicto entre la red de infraestructuras viales y la red hídrica en la subcuenca RH36Ad.

Elaboración propia

ductivas está vinculada a las condiciones geomorfológicas del territorio y en consecuencia relacionada a la red hídrica y el sistema de recarga fluvial de la cuenca. Cuando ambos sistemas entran en conflicto pueden condicionar el ciclo hidrológico. Las vías estructurantes son capaces de organizar el crecimiento de las poblaciones, pero esta condición conflictúa con las capacidades de la cuenca para soportar los usos consuntivos del agua.

5. Escala territorial

5.1 Sistema de ciudades y la calidad de sus cultivos

Para generar un mapa donde se puedan representar el tamaño y forma de los cultivos de una determinada población o conjunto de poblaciones es necesario contar con información catastral precisa. Existen algunos casos donde estos datos no se encuentran disponibles y es necesario generarlos mediante software SIG. Una de las técnicas que puede utilizarse se basa en algoritmos bajo el concepto: Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada o NDVI

por sus siglas en inglés. Este es uno de los índices más ampliamente utilizados, cuya función radica en ofrecer información sobre la productividad vegetal (calculada para cada píxel). Esto se consigue mediante una ratio entre las bandas del rojo y el infrarrojo cercano de la imagen, gracias a la reflectancia contrastada de ambas. El rango de valores que puede tomar cada píxel oscila entre -1 y 1, dependiendo del vigor de la vegetación contenida en cada uno (Moreno et al.,2022)

El NDVI es una herramienta usada para determinar el tipo de cobertura terrestre, para ello se utiliza la formula:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{Red}) / (\text{NIR} + \text{Red})$$

Existen otros métodos para calcular el tipo de cobertura terrestre, así como software para generar los resultados. Para este caso se opta por utilizar Qgis, su conjunto de herramientas SAGA12 y la información del Landsat7 debido a la accesibilidad de la información.

La información necesaria para el cálculo del NDVI son las bandas rojas e infrarrojas generadas mediante teledetección y disponibles a través de la información obtenida por LANDSAT713. Estas bandas pueden descargarse desde el visor¹⁴ del USGS (Servicio Geológico de Estados Unidos). Las imágenes obtenidas se procesan dentro de QGIS a través de la herramienta SAGA que incluye el algoritmo *vegetation index (slope based)*. Alonso (2016) ha desarrollado un método totalmente detallado para el uso de las herramientas NDVI dentro de Qgis.

El método anterior es útil cuando la información sobre la cobertura vegetal no se encuentra disponible. En el caso de estudio en México, tanto el INEGI como el RAN proveen información sobre la clasificación del suelo a escalas geográficas. Para trabajar a una escala territorial es necesario obtener información catastral precisa en las localidades objeto de estudio. Cuando esta información no se encuentra disponible es posible generarla a través de la vectorización supervisada de imágenes satelitales.

Dentro de Qgis se integra la información satelital obtenida de fuentes como Google, NASA, USGS mediante el plugin quickmapservices. Una vez incrustada la información satelital dentro del espacio de trabajo, se pueden generar las capas edificatorias por medio de la vectorización supervisada de polígonos específicos. Si bien este proceso requiere un tiempo mayor de tra-

12. Por su nombre en inglés System for Automated Geoscientific Analyses,

13. Dentro del programa LandSat de Estados Unidos, el Landsat 7 pertenece al séptimo grupo de satélites puestos en órbita para mejorar la base de datos fotográfica del planeta tierra. Es un esfuerzo entre la NASA y USGS.

14. <https://earthexplorer.usgs.gov/>



Fig. 13 Proceso de vectorización de las edificaciones dentro de QGIS. Elaboración propia.



Fig. 14. Generación de la información edificatoria. Subcuenca RH36Df Río de los Lazos. Elaboración propia: Vectorización supervisada en SIG a partir de imágenes satelitales.

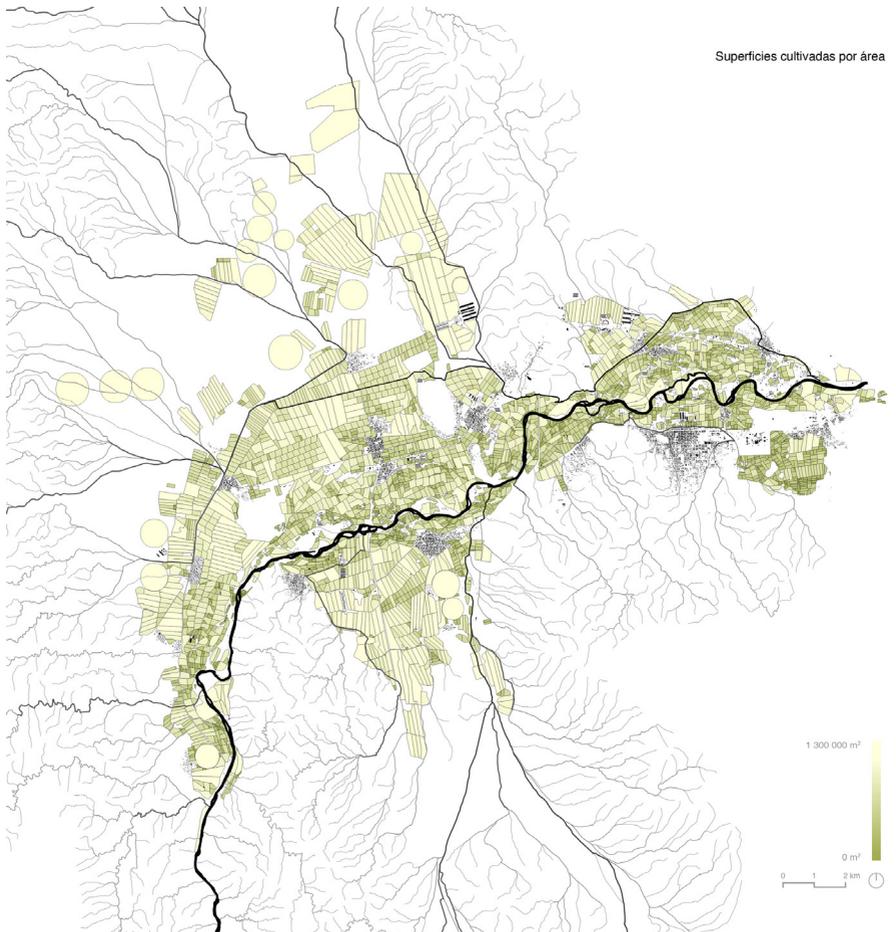


Fig. 15. Subcuenca RH36Ab Río Nazas-Los Ángeles. Principales poblaciones y superficies agro-productivas
Elaboración propia: Datos INEGI, RAN y vectorización en SIG.

bajo, se vuelve más preciso para escalas menores (1:10000) y por tanto útil también para la generación de catastral.

Para la construcción de la información edificatoria se utiliza un método supervisado de vectorización en el software QGIS. Se generan las capas de los edificios a partir de la proyección de la imagen satelital.

Incorporando los datos vectoriales de los cultivos, las edificaciones y la red hidrográfica es posible visualizar las dinámicas de asentamiento próximo a las vertientes y superficies de recarga (Fig.15). Adicionalmente si se agregan atributos a la información vectorial sobre el tipo de cultivo, forma de riego, será posible obtener una imagen más precisa del aprovechamiento de los re-

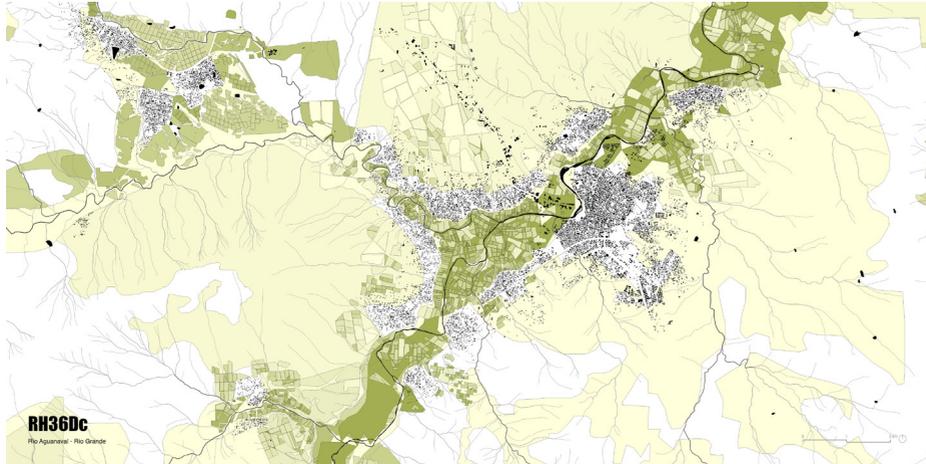


Fig. 16. Subcuenca RH36Dc Río Aguanaval-Río Grande. Principales poblaciones y superficies agro-productivas
Elaboración propia a partir de los datos de INEGI, el RAN y vectorización en SIG.

curso hídrico en un sistema de poblaciones. Este tipo de cartografía integra la morfología de las poblaciones urbanas y rurales con la morfología y tipo de sus cultivos dando como resultado las superficies de cobertura antropizada del suelo. A partir de estas coberturas se pueden reconocer los índices de permeabilidad en las principales zonas de recarga de los acuíferos y los usos del paisaje ripario en el caso de los sistemas de ciudades próximas al río.

5.2 Huella hídrica aplicada a las edificaciones

“La huella hídrica (water footprint) de un producto es el volumen de agua dulce utilizado para producir el producto, medido a lo largo de toda la cadena de suministro, es un indicador multidimensional, que muestra los volúmenes de consumo de agua por fuente y los volúmenes contaminados por tipo de contaminación; se especifican todos los componentes de una huella hídrica total geográfica y temporalmente. La idea de considerar el uso del agua a lo largo de las cadenas de suministro ganó interés después de la introducción del concepto de ‘huella hídrica’ por parte de Arjen Hoekstra en 2002 (Hoekstra, 2003)” traducción propia de (Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y., 2011)

Otra de las posibilidades en la generación de cartografía que incorpore datos sobre el consumo de los recursos hídricos es la aplicación de la huella hídrica al tejido edificatorio de una determinada población:

“La huella hídrica de una persona, empresa o país se define como el volumen total de agua dulce usada para producir los bienes y servicios consumidos por dicha persona, empresa o país (Hoekstra y Chapagain, 2006).

Dado que no todos los bienes consumidos en un país son producidos en el

mismo, la huella hídrica se calcula tomando en cuenta el uso de los recursos hídricos domésticos y los procedentes del extranjero. La huella hídrica incluye el agua superficial, la subterránea y la humedad del suelo.

La huella hídrica (HH) se calcula como el consumo doméstico de los recursos hídricos, menos las exportaciones de agua virtual, más las importaciones de agua virtual. El consumo doméstico en México se estima en 76 100 hm³ al año. (Arreguín et al., 2007: 129)

$$\mathbf{HH} = \mathbf{Cd} - \mathbf{Exp} + \mathbf{Imp} \quad (\text{Arreguín et al., 2007: 129})$$

Cd = consumo doméstico en hm³/año.

Exp = exportación de agua virtual en hm³/año.

Imp = importación de agua virtual en hm³/año.

Huella hídrica per cápita

$$\mathbf{HHpc} = \mathbf{HH/hab} \quad (\text{Arreguín et al., 2007: 129})$$

HHpc = Huella hídrica per cápita

hab = población de México en millones de habitantes

“La huella hídrica promedio mundial, asociada al consumo y estimada para el periodo 1996-2005, es de 1.385 m³ por persona al año, ... para México es de 1.978 m³ (Mekonnen, & Hoekstra, 2011).

Para integrar la huella hídrica a las edificaciones, es necesario contar con información catastral a nivel edificatorio o generarla a través de la vectorización supervisada sobre información satelital.

Conociendo el promedio anual de la huella hídrica por persona se pueden construir mapas que muestren, dentro de una población específica, la dinámica anual en el uso de recursos hídricos por habitantes dentro de la capa de edificación. Para ello es necesario conocer, además de la huella anual hídrica por persona, el número de personas que habitan en una determinada edificación o conjunto de edificios de una manzana. En el caso mexicano, se puede incorporar este dato a partir de la información censal generada mediante el Inventario Nacional de Vivienda (INV).

Este proceso se puede llevar a cabo ya sea añadiendo la información directamente a la base de datos vectoriales de las edificaciones, o por medio de las coordenadas específicas de cada polígono a través del algoritmo *join attributes by location*¹⁵ dentro de QGIS. El algoritmo *join attributes by location* permite complementar una determinada base de datos que contiene los atri-

15. Unión de atributos por localización.

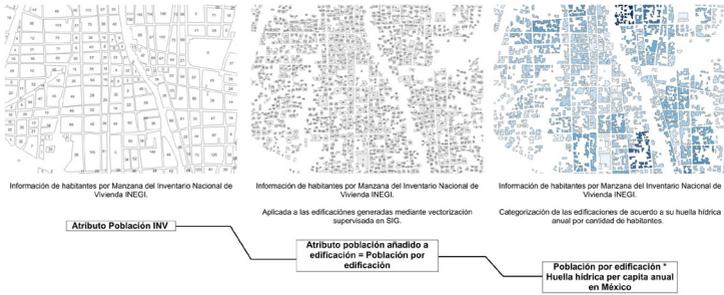


Fig. 17. Proceso en Qgis para la integración de la huella hídrica en la capa de edificación. RH36Ad.4 Población Cuencamé de Ceniceros

Elaboración propia

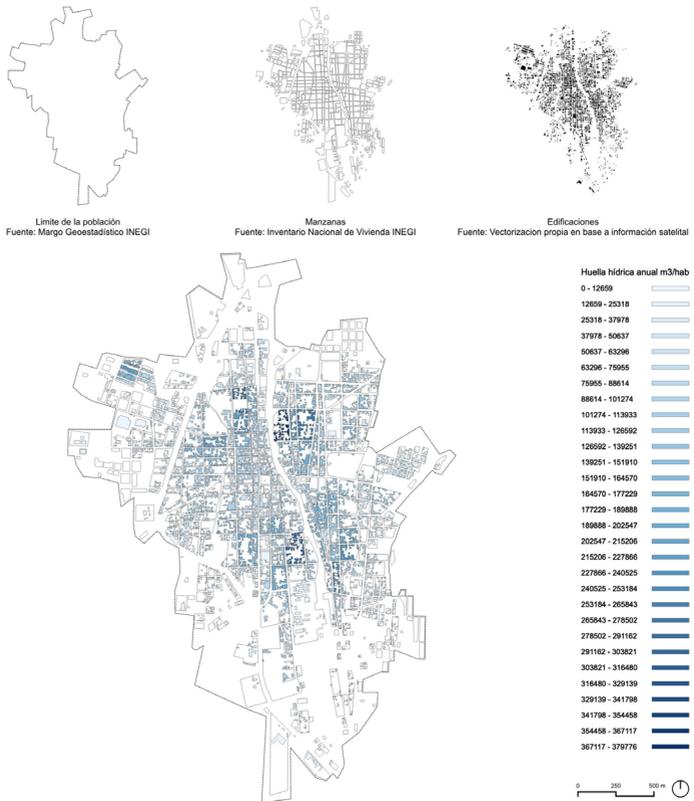


Fig. 18. RH36Ad.4 Población urbana Cuencamé de Ceniceros. Huella hídrica anual m3 habitantes/manzana.

Elaboración propia

butos de una información vectorial determinada. Es decir, conociendo las coordenadas precisas dentro de una misma proyección cartográfica se puede complementar un tipo de información con datos obtenidos de otra fuente.

6. Escala ciudad

6.1 Red de canales en contacto con las edificaciones

En la región hidrológica 36, es fundamental el análisis de la interacción entre las piezas edificadas y los canales. Tomando en cuenta que la red del distrito de riego 017 cuenta con más de 1200 km de canales y drenes (Hernández & Alhers 1999: 26). El tratamiento de los flujos viales y los frentes de fachada debe prestar atención a la preservación de los recursos hídricos y su distribución, principalmente en poblaciones altamente pobladas donde los flujos artificiales del agua se presentan vulnerables ante las dinámicas económicas de los centros urbanos.

7. Escala arquitectura

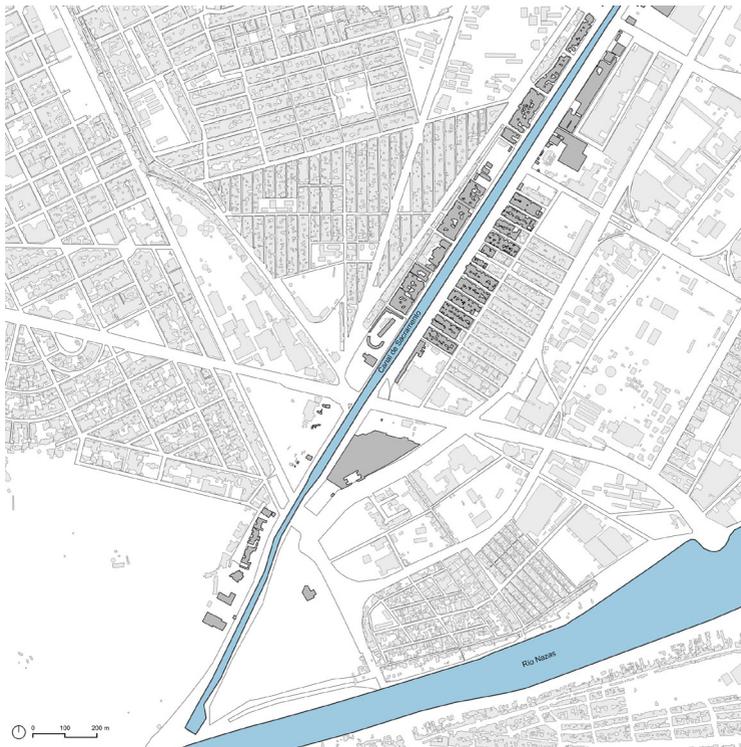


Fig. 19. Edificaciones frente al canal de Sacramento en la ciudad de Gómez Palacio. Subcuenca RH36Aa. Elaboración propia



Fig. 20. Frentes de fachada frente al Canal de Sacramento en la ciudad de Gómez Palacio Durango.
Fotografía: Google street view



Fig. 21. Canal de Sacramento. Detalle de los cruces y edificaciones frente al curso artificial de agua.
Fotografía del autor

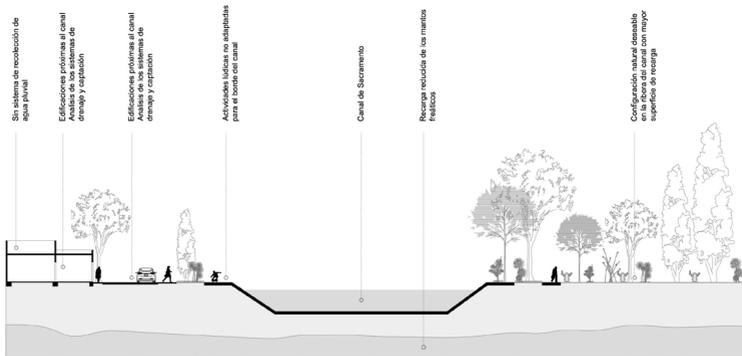


Fig. 22. Corte esquemático estado actual canal de Sacramento.
Elaboración propia

La última escala de trabajo en esta investigación es la arquitectónica. Dentro de la arquitectura, lo que se pretende explorar en relación con el consumo de los recursos hídricos (además de su dinámica con la red hídrica) es la composición material de las edificaciones. La materialidad de cada una de las piezas urbanas, edificios y calles contiene un porcentaje de agua proveniente de la misma cuenca o de alguna cuenca próxima. En este contexto para evaluar la cantidad de agua utilizada para un determinado modelo constructivo es necesario usar el concepto de huella hídrica.

“El agua virtual es la cantidad de agua necesaria que integra un producto o

servicio, por ejemplo: son necesarios 15.415 litros para producir 1 kilogramo de carne de res (ternera), 1.222 litros para 1 kilogramo de maíz y 1.000 litros de agua para obtener 1 litro de leche” (Arreguín et al., 2007; CONAGUA, 2018)

“La huella hídrica de un producto es similar a lo que en otras publicaciones se ha llamado alternativamente el ‘contenido de agua virtual’ del producto o el agua incrustada, incorporada, exógena o sombra del producto (Hoekstra y Chapagain, 2008). Sin embargo, los términos: ‘contenidos de agua virtual’ y ‘agua incrustada’ se refieren únicamente al volumen de agua incorporada en el producto, mientras que el término ‘huella hídrica’ se refiere no solo al volumen, sino también al tipo de agua que se utilizó (verde, azul, gris) y cuándo y dónde se usó el agua. La huella hídrica de un producto es, por lo tanto, un indicador multidimensional, mientras que el ‘contenido de agua virtual’ o el ‘agua incrustada’ se refieren solo a un volumen”. (Hoekstra et al., 2011:46)

Para el cálculo de la huella hídrica por producto se utiliza la fórmula presentada por Hoekstra (Hoekstra et al., 2011:48) en la publicación *The Water Footprint Assessment Manual*:

En el ámbito de la arquitectura se definen criterios basados en las fórmulas de Hoekstra (Hoekstra, 2003) para determinar el consumo de agua para algunos materiales de construcción. Estos estudios se enfocan en el cálculo del “agua incrustada” (Bardhan, 2011) dentro de un determinado producto para así debatir su pertinencia de uso en una región caracterizada por la baja disponibilidad del agua.

A través de investigaciones como las de: Crawford & Pullen (2011), Han,

La huella hídrica del producto de salida *p* se calcula como:

$$WF_{prod}[p] = \left(WF_{proc}[p] + \sum_{i=1}^n \frac{WF_{prod}[i]}{f_p[p,i]} \right) \times f_v[p] \quad [\text{volume/mass}]$$

$WF_{prod}[p]$ = huella hídrica [volume/mass] del producto de salida *p*

$WF_{proc}[p]$ = huella hídrica del proceso del paso de procesamiento que transforma los productos de entrada *y* en los productos de salida *z*

$f_p[p,i] = \frac{w[p]}{w[i]}$ = Fracción de producto:
La cantidad de producto de salida (*w[p]*, mass) obtenida por cantidad de producto de entrada (*w[i]*, mass):

$f_v[p] = \frac{price[p] \times w[p]}{\sum_{p=1}^n (price[p] \times w[p])}$ = La fracción de valor de un producto de salida
la relación entre el valor de mercado de este producto y el valor de mercado agregado de todos los productos de salida (*p=1 a z*) obtenidos de los productos de entrada:

Fig. 23. Cálculo de la huella hídrica por producto. Fuente: Hoekstra, 2011:48

Chen, Meng et al., (2016) se puede observar las dinámicas en los consumos del agua por los principales materiales de construcción civil. En estos estudios se han explorado las cantidades de agua necesaria para producir cada

material y se evalúan las dinámicas de los modelos constructivos actuales con respecto a los usos del agua. Para Han, Chen, Meng et al., (2016) por ejemplo: de la totalidad del agua necesaria para la construcción de un pie cuadrado en China el acero y sus derivados representan el 27,97% del total.

Los estudios anteriores si bien se encuadran dentro geografías distintas a las de la región hidrológica 36 y se enfocan principalmente en el análisis de las grandes intensidades de construcción experimentadas en China o India, representan un punto de partida interesante sobre el tipo de resultado al que se debe de apuntar en un análisis profundo del sistema constructivo de las edificaciones en las cuencas de los ríos Nazas y Aguanaval.

En la región hidrológica 36 el modelo constructivo predominante dentro de

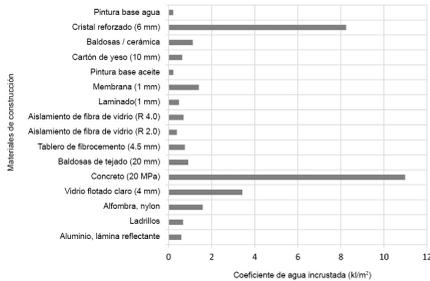


Fig. 3. Principales materiales de construcción con sus coeficientes de agua incorporados, kL/m² (Cravford y Pullan, 2011).

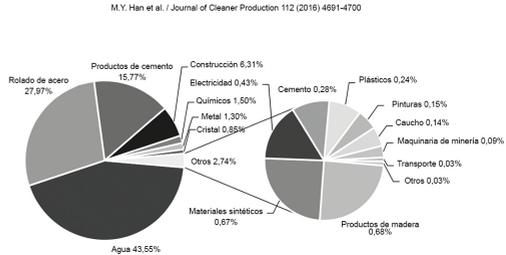


Fig. 5. Componentes de consumo de agua virtual de ingeniería de Estructura y decoración exterior.

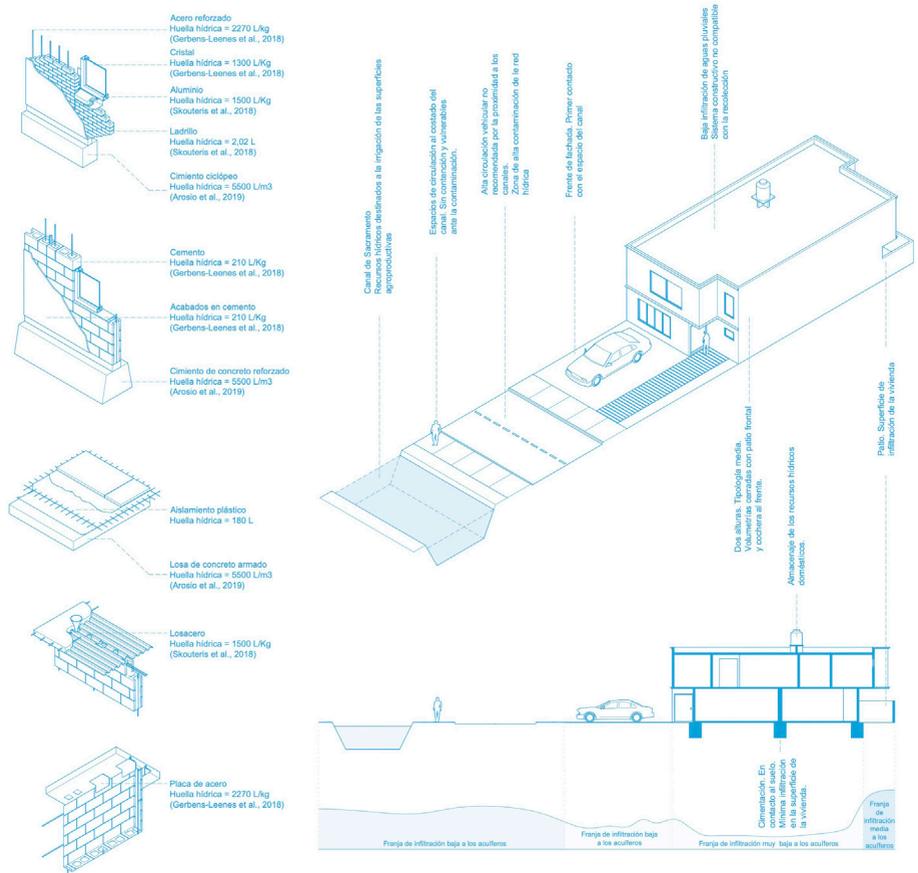
Fig. 24. Traducción de la Fig.3: en Mannan et al., 2020:6. y de la Fig.5 en: (Han et al., 2016:4695)

Fuentes: Environmental impact of water-use in buildings (Mannan et al., 2020:6). Virtual water accounting for a building construction engineering project with nine sub-projects: a case in E-town, Beijing (Han et al., 2016:4695)

la construcción civil se compone de block de cemento, o ladrillos de arcilla, losas de concreto armado, carpinterías de aluminio y cristal. Las cimentaciones conservan también una base de cemento utilizando piedra y acero como agregados. Este modelo tradicional de construcción configura la piel de la mayoría de las edificaciones. En la ciudad las aceras se construyen principalmente de cemento, las calles de concreto hidráulico o asfalto. Cada uno de estos materiales listado aquí brevemente, deben someterse a un análisis de los consumos de huella hídrica. Este tipo de estudio excede los alcances de esta investigación.

En definitiva, es deseable que, en los territorios bajo estrés hídrico, los principales reglamentos y normas de construcción reflejen en sus normas de uso de los materiales, un interés por aquellos materiales que generen un impacto menor sobre los recursos hídricos durante su fabricación.

En conclusión, a esta escala, la información del gasto hídrico por material es recomendable que sea visualizada más que en software SIG, en software BIM



Modelo constructivo en base a mampostería de ladrillo o bloque de cemento frente a Canal de Sacramento
Huella hídrica de algunos de los principales materiales (aproximaciones)

Fig. 24. Modelo constructivo tradicional región hidrológica 36. Materiales de construcción con alto consumo de agua para su producción. Elaboración propia

(Building Information Modeling). Para ello es necesario incorporar la información dentro de las propiedades del material a utilizar para así visualizar los efectos de uso de un material más allá de su condición estética y estructural. Esta adición permitiría encaminar los modelos constructivos desde la eficiencia en el diseño espacial, a la eficiencia en el diseño hídrico y a la eficiencia material.

8. Conclusiones

La inserción y extensión de cada superficie y volumen distinto a la capa vegetal natural del territorio provoca un cambio en la dinámica del ciclo hidrológico, ya sea mediante la introducción de una nueva superficie con menor índice de infiltración al suelo o debido a la disrupción de las vertientes de la red hidrográfica. Estos fenómenos pueden visualizarse mediante las técnicas cartográficas mostradas en esta investigación. Se concluye que gracias a las herramientas y posibilidades que proporciona el software SIG se pueden reconocer los modelos agro-productivos de las poblaciones en una cuenca determinada, y dentro de estos determinar las dinámicas urbano-hídricas que se desarrollan dentro del conjunto.

Utilizar el agua como hilo conductor de la narrativa cartográfica facilita trabajar con múltiples escalas de información, y también facilita la visualización de los usos consuntivos del agua de las poblaciones en relación con las superficies donde se despliegan. Como se observa en los gráficos presentados en este artículo, las posibilidades de representación entre los datos morfológicos y las estadísticas hídricas son muy variadas.

En las escalas menores (ciudad y arquitectura) se advierte la relevancia de incorporar los principales indicadores del consumo de los recursos hídricos con la materialidad y el tejido de la arquitectura y las piezas urbanas. Lo anterior permitirá evaluar la responsabilidad de los sistemas constructivos tradicionales en los consumos de agua y el estrés que ejercen sobre los recursos hídricos dentro de una microcuenca. En un territorio bajo estrés hídrico elevado cada litro de agua puede y debe contabilizarse para optimizarse, esto debería modificar los reglamentos constructivos mediante la recomendación y regulación hacia modelos de construcción más respetuosos con el ciclo hidrológico.

En esta investigación, se ha logrado mostrar una serie de cartografías dentro de los límites de la región hidrológica 36, que pueden permitir la lectura de problemáticas hídricas en cuanto a la protección de la red hidrográfica se refiere. Como es el caso de las zonas conflictivas en la red de infraestructuras viales estructurantes y la impermeabilización de las superficies de recarga en las tipologías urbanas y zonas agrícolas extensivas localizadas en la proximidad de la ribera de los ríos y los bordes de los canales de riego.

Por otra parte, se demuestra que, a pesar de la carencia de información vectorial en determinadas regiones geográficas, existen técnicas dentro de los SIG mediante las cuales es posible producir capas de información útiles para análisis a escala geográfica y territorial. Si bien, la precisión de la información que se puede generar a menores escalas no se compara en calidad con la información del orden territorial, esta información sirve como punto de partida para los estudios urbanos, sobre todo en contextos donde la información catastral a nivel parcelario y edificatorio no está homologada para su utilización en SIG, o simplemente no se encuentra vectorizada y accesible en software

de dibujo asistido por computadora. Es decir, existen formas de producir un análisis morfológico con un enfoque de cuenca partiendo prácticamente de información satelital que es accesible para habitualmente la mayor parte del mundo mediante los recursos de la NASA y el USGS.

Este artículo pretende aportar a la información realizada por cartógrafos profesionales de los casos de estudio específicos. Los resultados obtenidos son útiles para los estudios urbanos dentro del enfoque de cuenca, y se generan con límites definidos por la geografía, e incorporan datos urbanos e indicadores sobre los usos del agua. Son cartografías híbridas para la representación de territorios y sus comunidades bajo estrés hídrico y su carácter es exploratorio y experimental.

Finalmente se concluye que, para poder restaurar el equilibrio hídrico dentro de una región hidrológica y sus consiguientes subdivisiones jerárquicas, es importante contar con un análisis profundo de cada una de las comunidades rurales y urbanas, sus superficies agro-productivas y las infraestructuras hidrológicas que les proveen los servicios hídricos. El análisis urbano de una cuenca hidrográfica se extiende y debe complementarse con los datos estadísticos del agua y la lectura de los flujos de la huella hídrica.

9. Referencias

AGREDO CARDONA, G. A. (2013). La cuenca urbana como unidad territorial para la planificación del desarrollo sostenible en ciudades de media montaña del Trópico Andino. Propuesta de una metodología de planificación y diseño de la estructura construida, circulatoria, verde e hídrica en cuencas urbanas de ciudades de media montaña andina en Colombia: Caso Manizales (Tesis doctoral). UPC, Institut Universitari de Recerca en Ciència i Tecnologies de la Sostenibilitat. Recuperado de <http://hdl.handle.net/2117/95036>

ALONSO, D. (2016). Mapping Gis. NDVI: Qué es y cómo calcularlo con SAGA desde QGIS recuperado de: <https://mappinggis.com/2015/06/ndvi-que-es-y-como-calcularlocon-saga-desde-qgis>.

ARREGUÍN CORTÉS, F., LÓPEZ PÉREZ, M., MARENGO MOGOLLÓN, H., & TEJEDA GONZÁLEZ, C. (2007). Agua virtual en México.

BARDHAN, S. (2011). Assessment of water resource consumption in building construction in India. *WIT Trans. Ecol. Environ*, 144, 93-101.

CONAGUA (2018). Estadísticas del Agua en México.

COTLER H. Y CAIRE G. (2009). Lecciones aprendidas del manejo de cuencas en México. México: Instituto Nacional de Ecología/WWF/Fundación Gonzalo Río Arronte I.A.P., 380 pp.

CRAWFORD, R. H., & PULLEN, S. (2011). Life cycle water analysis of a residential building and its occupants. *Building Research & Information*, 39(6), 589-602.

<https://doi.org/10.1080/09613218.2011.584212>

DE SOLÀ-MORALES, M. (1989). The culture of description. *Perspecta*, 25, 16-25.

EIZAGUIRRE I GARAITAGOITIA, X. (1990). Los componentes formales del territorio rural: los modelos de estructuras agrarias en el espacio metropolitano de Barcelona: la masía como modelo de colonización en Torelló.

EIZAGUIRRE I GARAITAGOITIA, X. (2019). El territorio como arquitectura

EUROPEAS, D. O. D. L. C. (2000). Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de diciembre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. Directiva 2000/60/CE.

HAN, M. Y., CHEN, G. Q., MENG, J., WU, X. D., ALSAEDI, A., & AHMAD, B. (2016). Virtual water accounting for a building construction engineering project with nine sub-projects: a case in E-town, Beijing. *Journal of Cleaner Production*, 112, 4691-4700.

HERNÁNDEZ, M. F., & ALHERS, R. (1999). *Naturaleza y extensión del mercado del agua en el DR 017 de la Comarca Lagunera, México*. Instituto Internacional del Manejo del Agua.

HOEKSTRA, A. Y. (ed) (2003) 'Virtual water trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade', 12–13 December 2002, Value of Water Research Report Series No 12, UNESCO-IHE.

HOEKSTRA, A. Y., & CHAPAGAIN, A. K. (2006). Water footprints of nations: water use by people as a function of their consumption pattern. In *Integrated assessment of water resources and global change (pp. 35-48)*. Springer, Dordrecht.

HOEKSTRA, A. Y., CHAPAGAIN, A. K., ALDAYA, M. M., & MEKONNEN, M. M. (2011). *The water footprint assessment manual: Setting the global standard*. Routledge.

HORTON, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological society of America bulletin*, 56(3), 275-370.

INEGI (2015). Cartografía Catastral Diagnostico Nacional.

<https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825076023>

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2022). Marco Geoestadístico. Recuperado noviembre 15, 2022, de <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463849568>

KRUSZEWSKI, P. (1993). A probabilistic exploration of the Horton-Strahler number.

LÓPEZ, R. F. P., & PATRÓN, E. R. (2013). Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión.

MANNAN, M., & AL-GHAMDI, S. G. (2020). Environmental impact of water-use in buildings: Latest developments from a life-cycle assessment perspective. *Journal of environmental management*, 261, 110198.

MEKONNEN, M. M., & HOEKSTRA, A. Y. (2011). National water footprint accounts: The green, blue and grey water footprint of production and consumption. Volume 1: Main Report.

MORENO FERNÁNDEZ, S. E., & TRABA DÍAZ, J. (2022). Aplicaciones de SIG y teledetección en ecología: Manual de prácticas en QGIS.

SÁNCHEZ VÉLEZ, A. S., NÚÑEZ, G., & TRUJANO, P. (2003). La cuenca hidrográfica unidad básica de planeación y manejo de recursos naturales.

SKOUTERIS, G., OUKI, S., FOO, D., SAROJ, D., ALTINI, M., MELIDIS, P., ... & O'DELL, S.

(2018). Water footprint and water pinch analysis techniques for sustainable water management in the brick-manufacturing industry. *Journal of cleaner production*, 172, 786-794.

STRAHLER, A. N. (1952). Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. *Geological society of America bulletin*, 63(11), 1117-1142.

WWAP, U. (2015). The United Nations world water development report 2015: water for a sustainable world. United Nations World Water Assessment Programme.

DOI: 10.5821/qru.11935

Juan José Barrios
Departamento de Urbanismo y Ordenación del Territorio (DUOT)
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)
barrios.avalos.juan@gmail.com

L'AIGUA, ESTRUCTURA DE LA METRÒPOLIS

Pere Marubens Gil

L'aigua és imprescindible per a qualsevol ecosistema. L'escolament de l'aigua de pluja es produeix tant en entorns naturals com en entorns antropitzats. L'aigua, per tant, també drena a la ciutat. Però com es produeix aquest drenatge? L'aigua desapareix sota els carrers a través de la xarxa de clavegueram. Es fa imperceptible. Aquest article és fruit d'una recerca que té per objectiu comprendre millor les lògiques d'escolament de l'aigua en territoris fortament urbanitzats. L'estudi que es presenta consisteix en l'elaboració i anàlisi d'una cartografia de les traces d'escolament de l'aigua al territori metropolità de Barcelona. La metodologia de treball emprada ha consistit en l'elaboració d'una base de dades cartogràfica mitjançant Sistemes d'Informació Geogràfica i partint de la restitució de cartografies històriques. Les cartografies i el relat resultant esdevenen una base per donar resposta als nous reptes del disseny urbanístic de la metròpolis derivats de les diferents crisis que estem vivint.

Paraules clau: aigua, escolament, drenatge urbà, infraestructura blava, metabolisme urbà

Water is essential for any ecosystem. Rainwater runoff occurs in both natural and man-made environments. The water, therefore, also drains over the city. But how does this drainage occur? The water disappears under the streets through the sewer network. It becomes imperceptible. This article is the result of a research that aims to better understand the logic of water flow in highly urbanized territories. The research consists of the preparation and analysis of a cartography about the traces of water flow in the Barcelona metropolitan territory. The work methodology used consists in the preparation of a cartographic database using Geographical Information Systems and starting from the restitution of historical cartographies. The cartographies and the resulting story become a basis for responding to the new challenges of urban design in the metropolis resulting from the various crises we are experiencing.

Keywords: water, runoff, urban drainage, blue infrastructure, urban metabolism

1. Introducció

En un context com l'actual, de crisis energètiques, econòmiques i ambientals que se succeeixen cal posar en qüestió tota activitat humana. Quins son els seus efectes? Què podem fer per repensar-les amb l'objectiu de reduir els seus impactes i acostar-nos a un desenvolupament més sostenible de la societat? Aquest article neix d'un interès personal per l'estudi de la ciutat com un ecosistema, que es relaciona d'una forma o d'una altra amb els altres ecosistemes naturals o antropitzats que l'envolten. En els territoris rurals aquestes relacions entre el sistema urbà i el seu entorn es perceben constantment. A la metròpolis, en canvi, son més difícils d'observar.

L'aigua de la Terra està en moviment constant. Al llarg del seu cicle d'evaporació, condensació, precipitació, escolament i infiltració flueix per diferents ecosistemes. El cicle de l'aigua és un dels factors de relació més evidents entre el teixit urbà i els espais oberts. L'escolament de l'aigua de pluja es produeix tant en entorns naturals com en entorns antropitzats. L'aigua, per tant, també s'escola a la ciutat. Però com es produeix aquest escolament? L'aigua desapareix sota els carrers a través de la xarxa drenant. Es fa imperceptible. Les traces d'escolament s'han anat alterant i amagant fins el punt que actualment costa reconèixer quines son les seves lògiques. Aquest article pretén posar-les en valor amb l'objectiu de facilitar el reconeixement i la millora de les lògiques del cicle de l'aigua, cabdals per al replanteig de l'evolució de les nostres ciutats.



Fig. 01. Diagrama indicatiu de l'objecte d'estudi

Font: Elaboració pròpia

Les transformacions territorials i urbanes del darrer segle no es poden comprendre si no és des d'una òptica multiescalar, on l'escala metropolitana juga un paper molt important. Pel plantejament i desenvolupament de les hipòtesis es pren com a cas d'estudi concret el territori metropolità de la ciutat de Barcelona.

Aquest article s'estructura en cinc seccions. La primera correspon a la present introducció. La segona contextualitza el marc conceptual de l'estudi i descriu els objectius, les fonts de dades i la metodologia desenvolupada en la recerca. La tercera secció s'elabora en forma de relat històric sobre les transformacions de la xarxa drenant que s'han anat observant i documentant durant el procés de restitució cartogràfica. La quarta i última secció, a mode de conclusions, elabora un anàlisi tipològic de les diferents alteracions descrites al llarg de tot el treball i es posen en relació amb el procés de projecte actual de la metròpolis, des d'una visió holística i propositiva.

2. Contextualització de l'objecte d'estudi

Des d'una perspectiva territorial i ecològica, Gretchen Daily (1997) desenvolupa el concepte de serveis ecosistèmics per referir-se a les condicions i els processos mitjançant els quals els ecosistemes naturals i les espècies que els componen sostenen i proveeixen la vida humana. Benedict i McMahon (2002) van introduir el concepte d'infraestructura verda, referint-se a una xarxa d'espais naturals i semi-naturals planificada estratègicament per a proveir un ampli ventall de serveis ecosistèmics. Des de llavors, el concepte d'infraestructura verda ha anat guanyant terreny i en els darrers anys s'utilitza de forma generalitzada com a eina per donar resposta a moltes de les necessitats de planificació dels territoris i de les ciutats actuals, des de la gestió de l'aigua de pluja, l'adaptació al canvi climàtic, la reducció de l'efecte illa de calor, l'increment de la biodiversitat, la producció d'aliments, la millora de la qualitat de l'aire, la producció sostenible d'energia, la purificació de l'aigua o la producció de sòls saludables. Amb una mirada específica sobre el cicle de l'aigua, la infraestructura blava la conformen totes aquelles estructures amb funcions hidrològiques d'emmagatzematge, infiltració o conducció de l'aigua que permeten reduir els riscos d'inundacions, depurar les aigües i/o proveir al territori d'hàbitat i connectivitat ecològica.

L'aigua és un recurs de difícil gestió. Les alteracions en les dinàmiques fluvials provocades per les preses, els transvasaments que responen a unes demandes creixents i desmesurades, la contaminació o la sobreexplotació dels aqüífers son alguns dels conflictes que s'han generat en les darreres dècades. Els efectes del canvi climàtic, que suposa un increment de les possibilitats de patir sequeres, és encara un altre dels conflictes que darrerament s'afegeix a la llista. En aquest context d'acumulació de conflictes, l'aigua pren un valor creixent. Des de la dècada dels 90 del segle XX, diferents iniciatives prenen força en el

nostre país apostant per fer un ús racional de l'aigua, controlant la demanda enlloc de fer créixer la oferta amb operacions de grans costos econòmics i ambientals (Martínez, 1997; Arrojo 2008).

Prenent de referència aquest marc conceptual global, amb una perspectiva ecològica, la recerca es dirigeix cap a un marc conceptual més específic, de caràcter urbanístic. Durant les darreres dècades l'enginyeria hidràulica i la planificació urbanística han dirigit l'interès a l'estudi, assaig i aplicació de solucions de disseny urbà que busquen reduir els impactes de la urbanització sobre el cicle de l'aigua. Amb aquest objectiu neix el concepte de Disseny Urbà Sensible a l'Aigua (WSUD), com a procés de planificació que proposa solucions per a mantenir i millorar la qualitat de les aigües, reduir-ne el consum i incrementar la reutilització d'aigües grises o protegir les activitats recreatives i ecosistèmiques vinculades a l'aigua (Partagua et al., 2021). Els processos de Disseny Urbà Sensible a l'Aigua desenvolupen mesures estructurals mitjançant elements constructius, però també mesures no estructurals de gestió, educació o participació ciutadana. Les intervencions poden enfocar-se des d'una escala petita a nivell d'habitatge, fins a escales més globals amb estratègies a nivell metropolità o fins i tot regional. Quan aquestes estratègies van en la línia de revertir o imitar els processos hidrològics naturals, controlant l'escorrentia, s'anomenen Sistemes Urbans de Drenatge Sostenible (SUDS). S'inclouen, per tant, aquestes estratègies en les anomenades Solucions Basades en la Naturalesa.

La primera hipòtesi que formula la recerca és que les traces del cicle del aigua han estat i segueixen sent determinants en la configuració de la morfologia urbana. La percepció i comprensió de les lògiques del cicle de l'aigua afavoreix el projecte d'una matriu ambiental més sostenible facilitant la millora de les funcions metabòliques de la ciutat.

La segona hipòtesi formulada és que la identificació, reconeixement i posada en valor de les traces del cicle del aigua facilita la creació de nous vincles i sinergies entre el sistema urbà i el sistema d'espais oberts. Les traces d'escolament de l'aigua tenen la capacitat de contribuir a l'estructuració del territori gràcies a la linealitat que mantenen.

L'objecte d'estudi d'aquest article son, per tant, les traces i les lògiques d'escolament de l'aigua en contextos metropolitans, enteses com a infraestructura ecosistèmica.

En el context d'algunes ciutats europees s'han desenvolupat treballs d'identificació d'aquestes traces. En el cas de la ciutat de Londres, Nicholas Barton (1962) estudia els rius precedents a la ciutat i la seva incidència en el desenvolupament històric de la ciutat. Katherine Wentworth (2001) dirigeix el projecte *Aquae Urbis Romae* que estudia i cartografia l'evolució de les traces

de l'aigua a la ciutat de Roma. Aquestes i altres publicacions en relació a les traces ocultes de la hidrologia es referencien en el projecte Hidden Hydrology dirigit per Jason King (2022).

En relació al cas d'estudi de la metròpolis de Barcelona, son poques les publicacions específiques sobre les antigues traces d'escolament de l'aigua. Pau Vila (1983) i Magí Travesset (1994) ens aporten breus mirades sobre la circulació de les aigües del pla de Barcelona en el passat. Des d'un punt de vista més ampli, la geologia i la geomorfologia fluvial es descriuen amb detall per part de Lluís Casassas i Oriol Riba (1992), Albert Ventayol et al. (2006) i Ramon Julià i Santiago Riera (2012). Des de les disciplines de l'arquitectura i l'enginyeria hidràulica comptem amb diferents mirades històriques que relaten la la construcció de la xarxa de sanejament (Arandes et al., 1986; Arandes, 1998, 2003; Magrinyà, 2008; López et al., 2010; Costa, 2011; Vinyes, 2015, 2016; Guardia, 2011)

Aquests treballs elaborats durant les darreres dècades en el context metropolità de Barcelona, analitzen i/o aborden la gestió del cicle de l'aigua entenent que la xarxa d'escolament de l'aigua és una hibridació entre els sistemes naturals dels espais oberts i els sistemes artificials de les ciutats, però tot i així no existeix una cartografia contínua que expliqui la relació entre ambdós sistemes i que permeti tenir una visió completa del conjunt de la xarxa d'escolament de l'aigua a la metròpolis.

3. Objectius, fonts de dades i metodologia

L'objectiu de l'estudi que es presenta és generar una cartografia contínua de les xarxes d'escolament de l'aigua en el territori metropolità de Barcelona, que inclogui tant les traces d'escolament superficial en els espais oberts com les traces de drenatge dels teixits urbans. Aquestes cartografies constituïran una base de recolzament per als diferents projectes que s'estan duent a terme a la metròpolis de Barcelona. Disposar d'aquestes cartografies permetrà avançar en el coneixement i el projecte de les lògiques del cicle de l'aigua des d'una perspectiva integral.

Per a poder emprendre aquesta tasca cartogràfica cal conèixer quins eren els traçats d'escolament naturals i estudiar-ne les seves alteracions al llarg del temps. Per tant, aquest objectiu general es concreta en tres objectius específics:

- Restituir gràficament, mitjançant cartografies històriques, la xarxa d'escolament de l'aigua precedent a la ciutat industrial del segle XIX. Estudiar i localitzar les dinàmiques naturals de la xarxa d'escolament de l'aigua i les possibles alteracions antròpiques anteriors a aquesta data.
- Analitzar, a partir de documents històrics, les alteracions antròpiques de

la xarxa d'escolament de l'aigua durant els segles XIX i XX, identificant alteracions de traçat, soterraments i discontinuïtats.

- Cartografiar la xarxa actual d'escolament de l'aigua i apuntar les possibles línies de treball en relació al cicle de l'aigua.

La metodologia elaborada en aquesta recerca ha pres de referència una sèrie d'estudis previs de restitució de traces històriques (Palet, 1997; Magrinyà et al., 2013; Navas et al. 2017). La restitució de les traces d'escolament de l'aigua s'ha fet mitjançant la utilització de sistemes d'informació geogràfica, i partint d'un procés previ de georeferenciació de les cartografies històriques més rellevants.

La restitució gràfica de les traces d'escolament s'ha elaborat partint de quatre bases de dades cartogràfiques actuals, amb diferents nivells de detall i precisió: la cartografia topogràfica 1:25.000 de l'ICGC, la cartografia topogràfica 1:5.000 de l'ICGC, el mapa geològic de les zones urbanes 1:5.000 de l'ICGC i el mapa topogràfic metropolità 1:1.000 de l'AMB. Combinant aquestes quatre bases cartogràfiques s'ha conformat una base inicial de treball que s'ha anat precisant i ajustant a partir de la consulta de cartografies històriques, amb l'objectiu d'obtenir una primera base cartogràfica aproximada de les traces de drenatge naturals de la matriu biofísica. A partir d'aquesta primera base cartogràfica aproximada, i a través de la consulta de documents històrics, s'han anat identificant les diferents alteracions al llarg del temps, fins a arribar a conformar la cartografia de la xarxa drenant actual. Per a l'elaboració de la cartografia de la xarxa drenant actual ha estat de gran utilitat la informació sobre la xarxa de sanejament en alta que gestiona l'AMB. Pel que fa a la xarxa en baixa, de gestió municipal, només hem disposat d'informació del municipi de Barcelona, publicada en el document del Pla Director Integral de Sanejament de Barcelona (PDISBA 2020).



Fig. 02. Fragment indicatiu del procés de restitució gràfica de les traces d'escolament de l'aigua al municipi de Sant Cugat del Vallès.

La tasca de restitució cartogràfica s'ha dut en paral·lel a la consulta bibliogràfica d'estudis, monografies o memòries de projectes, a vegades de fonts primàries consultades en diferents arxius històrics, i en altres ocasions en fonts secundàries que fan un bon relat de les transformacions territorials. La informació obtinguda al llarg del procés de restitució es recull en aquest article a mode de relat històric, ja que és en definitiva el millor mètode per comprendre les lògiques de la xarxa drenant actual.

4. Les alteracions de les traces d'escolament de l'aigua

4.1. Dinàmiques de la geomorfologia fluvial

L'aigua de la pluja i altres fenòmens climàtics han transformat els territoris al llarg de mil·lennis. Els materials que es desprenen per erosió a les parts altes, es traslladen a cotes més baixes, modificant així els paisatges. L'acció de les corrents marines dona forma també al territori litoral, traslladant els sediments d'aportació fluvial. Cal entendre la xarxa drenant natural com una xarxa variable (Ollero, 2020).

El territori metropolità de Barcelona es troba en el tram baix de les conques hidrogràfiques dels rius Llobregat i Besòs. Les roques que conformen el suport físic del substrat geològic més antic són de característiques molt variades. Des d'un punt de vista geomorfològic podem identificar tres unitats que es diferencien per les èpoques geològiques en que s'han format: la serralada litoral amb els petits monts que l'acompanyen, el samontà i les planes deltaïques del Llobregat i el Besòs.

La serralada litoral correspon a les formacions rocoses formades durant l'era paleozoica (Pliocè) i que emergeixen en forma de serralada o turons resseguint la costa catalana i que degut al seu pendent pronunciat no han rebut altres materials provinents d'erosions posteriors (Ventayol et al., 2006).

Un samontà, també anomenat glacis o piemont, és el terreny que s'estén al peu d'un massís muntanyós, format per la sedimentació de materials detrítics transportats pels torrents i acumulats en arribar a una superfície plana. El seu pendent oscil·la entre el 15% en els punts més elevats, i el 5% en els punts mitjos i baixos.

El desenvolupament d'un delta s'explica com a resultat de les aportacions de materials per part d'un riu, que sedimenten en arribar al mar. Els deltes són espais de pendents molt suaus, inferiors al 1%, formats per una barreja de sediments fluvials (arenas i graves rodades), materials propis dels litorals (arenas costaneres) i materials de zones pantanoses i inundables (llims i restes vegetals). Les aportacions de sediments per part dels rius i les rieres intercedeixen amb les dinàmiques marines, que tenen també un paper rellevant en la formació dels deltes, transportant, acumulant o erosionant els sediments (Marcos, 1995).

Al llarg de la serralada litoral, podem identificar fàcilment els tàlvegs¹ o fons de vall de les rieres. Quan observem cartografies històriques però, el traçat de moltes de les rieres i torrents es desdibuixa a mesura que s'endinsa al samontà. Deixa de ser un traçat evident i és que en el seu pas pel samontà i les planes deltaïques és molt possible que amb cada riuada hagi anat variant l'itinerari d'escolament de les aigües. En arribar a les planes deltaïques les traces d'escolament de l'aigua desapareixen completament a causa de les dinàmiques marines de formació dels deltes. S'observen en canvi una sèrie de terrenys pantanosos: estany de la Murtra, estany de la Ricarda, estany de Port, estany del Cagalell, estany del Bogatell o la Llacuna.

Quan una corrent d'aigua que flueix ràpidament entra sobre una zona més planera, els materials que transporta sedimenten a causa de la disminució de la velocitat de les aigües. Aquest fenomen es pot observar a les rieres del territori metropolità, i es fa evident sobretot en la transició de les rieres entre el glacis i les planes deltaïques del Llobregat i el Besòs. És precisament en aquests punts de canvi de pendent on els sediments aportats per les rieres precipiten conformant ventalls al·luvials, la formació dels quals descriuen amb detall Lluís Casassas i Oriol Riba (1992). El control antròpic de les aigües en aquestes formacions de topografia convexa transforma els ventalls convertint-los en cons de dejecció. Els cons de dejecció més evidents són a les rieres de la Salut i de Sant Just entre els municipis de Sant Just i Sant Feliu de Llobregat, a la riera Blanca en el municipi d'Hospitalet de Llobregat i a la riera d'Horta al municipi de Barcelona. En fotografies i cartografies antigues es poden observar murs de contenció d'avingudes aixecats en algunes d'aquestes rieres durant algun període indeterminat de l'antiguitat. Alguns d'ells inclús encara es mantenen a l'actualitat (riera dels Canyars al límit entre Castelldefels i Gavà, riera de Sant Climent, riera de Sant Just o Riera Pahisa a Sant Feliu de Llobregat, riera d'Horta a Barcelona o riera de Pomar a Badalona).

4.2. Territorialització. Les traces de l'aigua des de l'antiguitat fins a l'edat contemporània

L'activitat humana que es desenvolupa sobre el territori el modelitza, generant els anomenats paisatges culturals. Les variacions naturals en els traçats d'escolament de l'aigua haurien continuat, per tant, coincidint amb altres transformacions exercides per l'esser humà, ja sigui de manera intencionada o casual.

Les aigües superficials han estat les més utilitzades al llarg de la història i les aigües provinents de fonts s'utilitzaven ja des de temps ben primerencs. En el context de Catalunya, es documenten en període ibèric diferents sistemes de captació i emmagatzematge d'aigües pluvials i subterrànies, així com sistemes

1. De l'alemany Talweg – compost de Tal 'vall' i Weg 'camí'. En una vall, línia més o menys sinuosa que uneix els punts més baixos del seu curs, des de la naixença fins a la sortida.

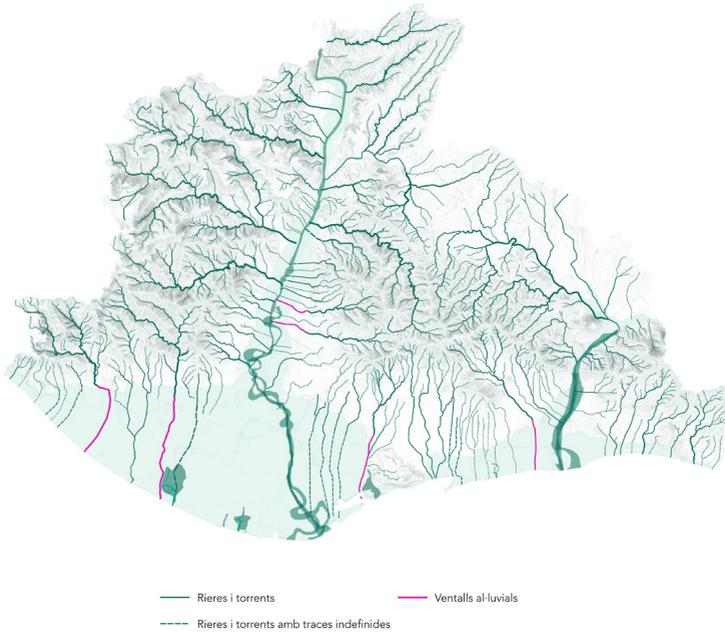


Fig. 03. Restitució gràfica de les traces naturals d'escolament de l'aigua
 Font: elaboració pròpia

d'evacuació i drenatge de les aigües. Probablement durant aquest període el caràcter defensiu jugava un paper important en l'elecció de la ubicació concreta dels poblats. Tot i així l'emplaçament dels assentaments humans sembla que està directament vinculat a les àrees estrictes de les conques dels grans rius i els seus afluents (Oliach, 2012).

Pel que fa a les vies de comunicació, Josep Maria Palet (1997) indica que en el període ibèric existien una sèrie de camins seguint la direcció de la serralada litoral a diferents alçades, adaptats a la topografia i connectats amb altres territoris interiors a través dels passos estrets de Martorell i Montcada. Aquests camins s'haurien utilitzat també en períodes posteriors (iberoromà, altimperial) tot i que els de cotes més altes haurien anat perdent rellevància respecte els camins costaners. Els traçats transversals juntament amb les rieres i torrents haurien configurat una xarxa al llarg del territori metropolità de Barcelona.

La fundació de les ciutats romanes de Baetulo i Barcino durant el període de transició entre la república i l'imperial hauria suposat grans canvis en l'estructura viària, configurant un eix litoral molt potent. Les prospeccions arqueològiques han posat de relleu l'existència de mines i aqüeductes que

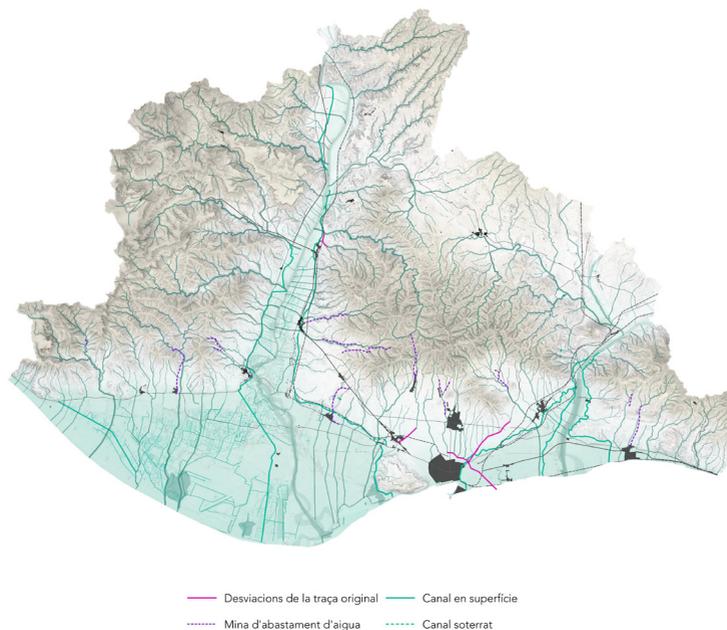


Fig. 04. Restitució gràfica de les traces d'escolament de l'aigua · 1860

Font: elaboració pròpia

abastien d'aigua per al consum humà ambdues ciutats, i alhora disposaven d'una xarxa de clavegueram subterrani ben planificada que seguia el traçat dels carrers i s'adaptava al relleu natural (Beltrán, 2013). Els canvis també s'haurien produït en l'estructura territorial, conformant unes estructures de divisió -centuriació- i la creació d'una sèrie de vil·les que haurien estat la base d'una transformació més extensiva del territori (Palet, 1997). La ubicació d'aquestes vil·les, properes a les rieres principals, ja sigui a les seves capçaleres o en territoris més propers als deltes, ens indica que probablement per al seu establiment l'accés proper a l'aigua va ser fonamental.

Al llarg del període medieval continuà la ocupació agrícola en extensió del territori amb les masies i els masos com a unitat de gestió i divisió territorial, i la formació de nous nuclis urbans de petites dimensions. L'aprofitament de les aigües superficials de les rieres, però, no devia ser suficient per satisfer totes les necessitats d'aquests nous assentaments. Els pous i les sínies permetien extreure també l'aigua del subsòl per al rec dels camps. A les capçaleres de bona part de les rieres del territori metropolità es construïren noves mines d'aigua, com la mina dels Modolell a Viladecans, les mines del Bori i Can Carreras a Sant Boi de Llobregat, les mines de Sant Just Desvern, les mines de Nostra Senyora del Coll i del Falcó a Sant Gervasi, la mina de Can Travi a Horta, les

mines de Can Pascali i d'en Selva de Santa Coloma de Gramenet i les mines del Comú i del Manso Soley a Badalona.

Durant el període medieval, el mar en procés de regressió deixava pas al creixement de les planes deltaïques. L'assecament d'aquestes terres pantanoses mitjançant canals de drenatge, va permetre la seva utilització agrícola (Codina 1971). Mitjançant la construcció de canals per captar les aigües dels rius Besòs i Llobregat, les planes deltaïques es van convertir en espais d'intensa producció agrícola. Des de l'etapa medieval fins els inicis de l'edat contemporània els principals canals de rec que es construeixen són el Rec Comtal l'any 950, el Rec Vell de Molins de Rei el 1188, la Corredora Mestra de Gavà i Castelldefels el 1722, el Canal de la Infanta el 1817 i el Canal de la Dreta del Llobregat el 1855. En alguns punts, coincidint amb els ventalls al·luvials de les rieres, aquests canals de rec es construeixen en forma de mina, deixant passar l'aigua de les rieres per sobre. En altres encreuaments es construeixen ponts per fer passar els canals per sobre les rieres. La construcció dels canals evitava que les aigües de les rieres interferissin amb les aigües canalitzades. No van suposar, per tant, alteracions significatives en les traces de les rieres i torrents.

Les alteracions més significatives de les traces d'escolament de l'aigua durant aquest període es produeixen a causa del creixement del teixit urbà, i en concret en el cas de la ciutat de Barcelona que experimenta un creixement notable al llarg de l'etapa medieval. El creixement de múltiples nuclis a l'entorn dels centres religiosos de la rodalia de la ciutat romana de Barcino, es troba amb les rieres del Cagalell, i la riera de Sant Joan o Riera del Merdançar. Aquestes rieres seran convertides en clavegueres i desviades en diverses ocasions. Aquestes desviacions i les successives ampliacions de les muralles, afavoreixen el drenatge dels terrenys i l'ampliació de la ciutat.

Els treballs de Teresa Navas (2012, 2017) ens aporten una visió molt detallada en relació a la xarxa de camins de l'època moderna i les carreteres de l'edat contemporània. Durant el període modern (s.XVII - s.XIX) i amb la intenció de reduir els temps en els desplaçaments, els camins es reconfiguren amb traçats més rectilinis. Els primers projectes de carreteres modernes del segle XVIII no interfereixen en les traces de les rieres i torrents. Es construeixen ponts per sobre de cadascuna d'elles.

També els projectes de ferrocarrils eviten produir alteracions en les traces d'escolament superficial de l'aigua. És el cas per exemple del pas del ferrocarril de Barcelona a Mataró per sota la Riera d'Horta. La única alteració significativa produïda per les primeres línies de ferrocarril la trobem en el cas de la riera de Molins de Rei.

“...el tunel de Molins de Rey, aunque menos importante que el de Martorell, fue de construcción difícilísima por haber casas encima y haber tenido que practicar el desvío de una riera.”

(Balaguer, 1857: 16)

Altres infraestructures de caràcter defensiu, desenvolupades per l'enginyeria militar de l'època, com el reforç de les muralles i la construcció de la ciutadella, o de caràcter comercial com l'ampliació del port i les drassanes o la construcció del barri de la Barceloneta, van transformar el caràcter de la ciutat i el territori (Sagarra, 2002). Entre aquests projectes d'enginyeria militar trobem documentat un nou projecte de desviació de la riera de Malla al 1789, ordenat pel Capità General Conde de Lacy, després d'unes fortes inundacions a la ciutat de Barcelona. Aquest projecte d'enginyeria, tot i que no es comença a fer realitat fins el 1847, marcarà l'inici d'una nova etapa pel que fa a la gestió de l'escolament de l'aigua a la metròpolis.

4.3. Desterritorialització. Els inicis de la xarxa de clavegueram actual, de 1850 a 1950

Fins els inicis de la revolució industrial les ciutats s'havien anat desenvolupant com una successió de decisions d'assentament humà més o menys estudiades, segons el cas i les necessitats de la època. Ildefons Cerdà (1959, 1967) però, imagina la ciutat com un sistema, un artefacte de dimensions indefinides, capaç de néixer, créixer i mutar, a partir d'unes lleis establertes i definides per l'home de forma racional. Pel que fa l'escolament de l'aigua de pluja, Cerdà defineix dos sistemes independents. El projecte inclou dos grans col·lectors de rieres per desviar les aigües que baixen de la muntanya, i dins de l'àmbit a urbanitzar proposa un sistema de drenatge d'aigües pluvials i grises. Els dos sistemes de drenatge de l'aigua però, no es van executar al mateix ritme que les edificacions. Durant els primers anys de desenvolupament del projecte de l'Eixample, la urbanització va ser precària i sense cap gran inversió en infraestructures. Únicament es desenvolupava la urbanització vinculada als mecanismes de reparcel·lació: la simple explanació del carrer amb la delimitació de les voreres i la línia de façana, així com l'establiment de l'enllumenat i l'arbrat (Magrinyà, 2008).

Cerdà, conscient de la importància de les grans infraestructures de sanejament i de derivació d'aigües de pluja va iniciar, amb l'ajuda del tècnic de l'ajuntament Leandro Serrallach, un projecte de col·lector al voltant de la ciutat històrica (Serrallach, 1863). Amb la construcció d'aquest col·lector es reduïa el risc de repetir les inundacions a la ciutat històrica però el nou teixit d'eixample, que s'estava desenvolupant ràpidament, seguia en risc si no s'executava el gran canal col·lector de desviació de les rieres al voltant de l'eixample projectat per Cerdà. Durant els següents anys, Leandro Serrallach

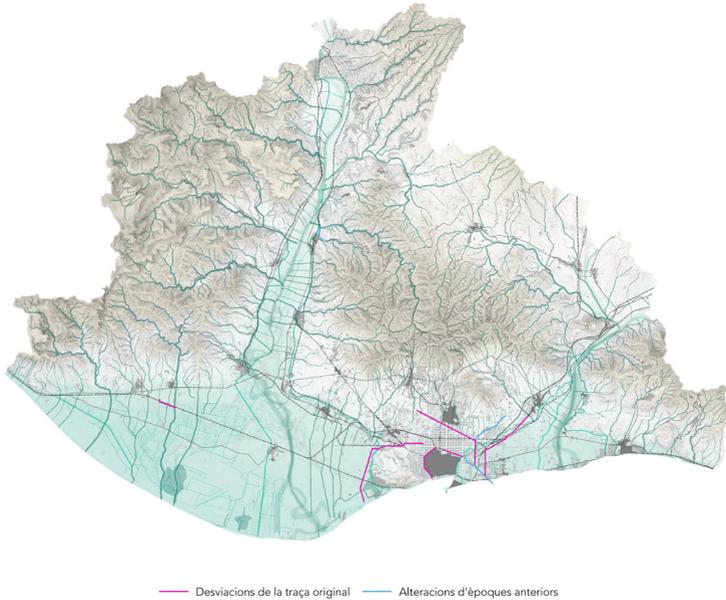


Fig. 05. Restitució gràfica de les traces d'escolament de l'aigua · 1920

Font: elaboració pròpia

redacta un projecte executiu per definir amb detall l'abast del canal previst en el pla de Cerdà (Serrallach, 1865). Aquest projecte però, no s'arribaria a executar. L'Eixample es va anar estenent i les aigües de les rieres que baixaven de Collserola seguien passant pel mig de les noves illes. Els nous carrers de l'Eixample quedaven tallats per les rieres, i es construïen petits ponts per creuar-les.

A partir de 1880, la nova Comissió de Desvío de Cauces nomenada per l'Ajuntament va reconsiderar el projecte de Serrallach, proposant que la desviació de les aigües de les diferents rieres, inclosa la riera de Malla, es produís a través d'un nou col·lector per l'Avinguda Diagonal fins al passeig de Sant Joan. El projecte però, trigarà anys en executar-se perquè calia l'entesa amb l'Ajuntament de la vila de Gràcia, i precisament hi havia disputes en relació a l'evacuació de les aigües del clavegueram d'aquesta ciutat. L'Ajuntament de Barcelona no permetia connectar les aigües del clavegueram de Gràcia a la xarxa d'executada a l'Eixample, argumentant que aquesta no estava dimensionada per recollir-les. Passats uns quants anys de disputes, els dos Ajuntaments arriben a una solució, proposant la desviació provisional de les aigües del clavegueram de Gràcia a través del col·lector que es preveia construir per l'Avinguda Diagonal. Aquesta desviació (*Proyecto de desagüe de la red general de cloacas de la villa de Gracia* de 1884) havia de ser provisional, però es convertiria en definitiva (Garcia, 1887).

El 1893 Pere Garcia Fària redactà el primer pla de sanejament de Barcelona (Garcia, 1893). El pla proposava un complex sistema de galeries per a l'evacuació de les aigües de pluja, aigües grises i aigües negres de la ciutat. Per a la seva neteja preveia un cabal mínim diari, i un sistema d'impulsió de les aigües fins a la plana agrícola del delta del Llobregat, per així utilitzar-les com adob. En aquest mateix projecte, queda descrita la intenció de Garcia Fària en relació a les traces d'escolament de les aigües de les rieres:

“las obras de desvío de los cauces del llano, tienen por principal objeto llevar las aguas de los mismos á la colosal galería en construcción bastante avanzada de la Granvia Diagonal ó calle de Argüelles , la que podrá continuar independientemente de la del alcantarillado” (Garcia, 1893: 256)

Pel que fa als altres nuclis urbans de la metròpolis, les rieres es constituïen com a límits dels nous teixits urbans d'exemple. En els casos en què el teixit urbà va més enllà, l'escolament de l'aigua es mantindrà en superfície i no serà fins a la primera meitat del segle XX que es començaran a canalitzar.

Els anuaris estadístics de Barcelona publicats per l'Ajuntament ens indiquen les infraestructures executades durant els primers anys del segle XX. Al llarg de la Gran Via es construeix el col·lector que haurà de servir per drenar les aigües de l'Eixample cap a la Zona Franca. Entre els anys 1916 i 1917 es construeix l'emissari de Barcelona i Sants, col·lector que avocaria bona part de les aigües de l'Eixample al mar passant pel *Paseo de la Industria* (actual passeig de la Zona Franca). També a l'altre extrem de la ciutat es construeix un col·lector per desviar les aigües de la Riera d'Horta fins al Bogatell.

La Gaceta Municipal de Barcelona ens aporta informació sobre una sèrie d'actuacions que s'inicien durant aquesta etapa i que suposaran el soterrament de moltes de les rieres del pla que fins el



Fig 06. Pont dels ferrocarrils sobre la riera Blanca. 1964

Font: AHCB



Fig 07. Col·lector de la riera d'Horta en construcció. 1964

Font: AHCB

moment circulaven en superfície. És el cas del *encauzamiento para el desvío de la Riera de S. Gervasio* executat el 1923 i la *colectora en la Riera Blanca, entre la carretera de Sans y la calle de Bassegoda* construïda entre 1928-1934.

Passada la guerra civil es trigarà uns anys en tornar a engegar l'activitat de planificació de la ciutat, també pel que fa al sanejament. Alguns dels projectes planificats amb anterioritat que es van anar desenvolupant en aquest període, com és el cas de la *cobertura de la riera de Horta, en el trozo que comprende desde el paseo de la Hispano-Suiza a la calle de Concepción Arenal* executada l'any 1943, la *cobertura de la riera de Horta, entre las calles Concepción Arenal y Pardo* de l'any 1946 i la *cobertura de la riera de Horta, entre la calle de Pardo y la avenida de Borbón* al 1949.

L'any 1952, en el context de la redacció del *Plan de Ordenación de Barcelona y su zona de influencia*, s'elabora el *Plan de Saneamiento de Barcelona y su zona de influencia*. Malgrat ser un Pla d'abast metropolità, les previsions pel que fa a sanejament s'haurien de desenvolupar a través de les competències municipals. Això produirà que moltes de les previsions no s'executessin, a excepció del cas de Barcelona. L'any 1954 el *Plan General de Saneamiento y Alcantarillado de Barcelona* elabora les bases per al desenvolupament urbanístic de la Barcelona dels 60. L'any 1960 es finalitza la cobertura de la riera de Horta, entre las calles de Guipúzcoa y La Sagrera.

Les actuacions d'aquesta primera meitat del segle XX suposen un canvi intens pel que fa a l'escolament superficial de les aigües de pluja. Bona part dels traçats de drenatge de l'aigua a la conurbació de Barcelona han passat a ser soterrats.

4.4. Reterritorialització. La transformació de les infraestructures de drenatge a partir de la segona meitat del segle XX

Pel que fa als documents de planificació de les diferents infraestructures del cicle de l'aigua en el context de la metròpolis de Barcelona, el primer pla que incorpora iniciatives de Disseny Urbà Sensible a l'Aigua és el Pla de Sanejament de 1969, anomenat Pla Vilalta. Des d'aquesta data fins a l'actualitat s'elaboren un bon grapat de documents de planificació que aborden les problemàtiques principals de la xarxa de sanejament en relació als riscos d'inundacions i la contaminació del medi. Amb aquesta voluntat s'introdueixen nous mètodes de càlcul informàtic capaços de generar models de xarxes complexes, tenint en compte una intensitat de pluja variable en el temps i en l'espai. Aquests plans aposten també per afavorir la infiltració d'aigua als aqüífers i restituir les conques naturals i abordant els diferents reptes vinculats al cicle de l'aigua (PESM 1981; PECB 1988; PECLAB 1997; PDAP 2005; PICBA 2006; PDISBA 2020; PECIA 2022).

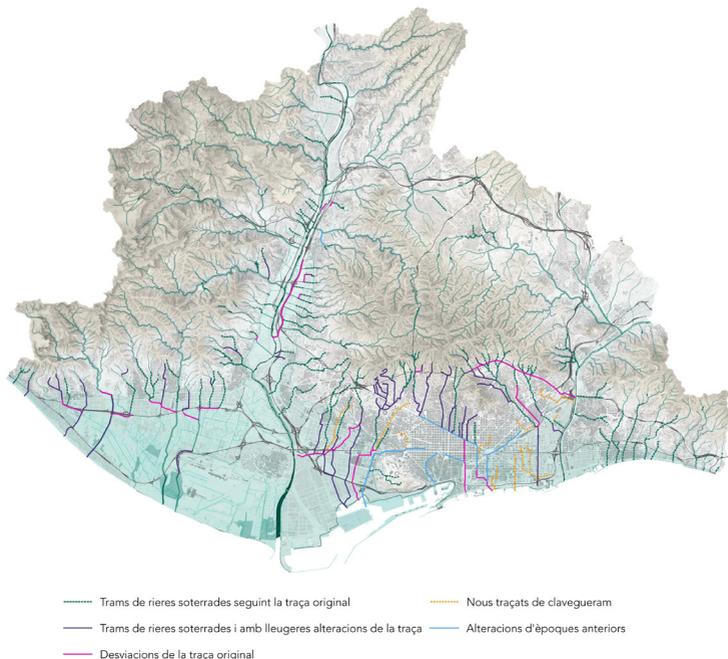


Fig. 08. Traces d'escolament de l'aigua · 2022

Font: elaboració pròpia

Els plans de sanejament del segle XXI s'elaboren mitjançant avançades eines informàtiques de suport, que permeten una planificació més precisa modelitzant el comportament de l'aigua dins la xarxa de clavegueram i alhora faciliten la seva gestió monitoritzant la informació de la xarxa i gestionant el control a distància. Es projecten infraestructures d'emmagatzemament, retenció i/o reutilització de l'aigua que contribueixen a reduir els cabals màxims i disminueixen els fluxos superficials d'aigües de pluja, facilitant la sedimentació de partícules. Així mateix aquests plans segueixen avançant en els objectius dels plans del segle XX, minimitzant els riscos d'inundacions i la contaminació en el medi, afavorint la infiltració amb l'objectiu d'incrementar la recàrrega dels aquífers valorant la restitució de les lògiques de les conques naturals. Aquests plans incorporen una visió integral del cicle de l'aigua i inclús els treballs més recents incorporen també *sistemes urbans de drenatge sostenible*, apostant per treballar també amb estratègies a petita escala per aconseguir un impacte en la reducció del consum i la descàrrega de les infraestructures tradicionals. El Pla Director Urbanístic Metropolità (PDUM), també en procés de tramitació, elabora una proposta d'infraestructures blava i verda metropolitanades, avançant en la posada en valor de les traces de l'aigua des d'una perspectiva urbanística.

5. L'escolament de l'aigua en el disseny del futur de la metròpolis

Al llarg del relat històric es constata com el cycle de l'aigua ha estat determinant en la configuració morfològica de la ciutat. Les dinàmiques de la geomorfologia fluvial han donat forma i segueixen transformant els sòls sobre els quals es desenvolupa la metròpolis. L'accés a l'aigua ha estat fonamental per decidir la ubicació dels assentaments i les infraestructures que s'han anat construint per incrementar la disponibilitat d'aigua (pous, canals de rec, mines, plantes potabilitzadores...) han permès el desenvolupament dels teixits urbans.

Ara bé, l'aigua no només ha estat determinant com a motor de desenvolupament. La complexitat de dur a terme les obres de desviació o soterrament d'aquestes traces, les ha convertit també en factor limitant del desenvolupament dels teixits urbans. Amb independència de la època i de la lògica del desenvolupament urbà, en molts casos les traces d'escolament de l'aigua s'han constituït com a límits entre teixits de diferents tipologies.

Pel que fa a la modificació de la directriu de les traces d'escolament de l'aigua, les infraestructures viàries no produeixen desviacions importants en les traces fins a l'època moderna. Durant el nou període que s'obre amb la industrialització es comencen a produir alteracions rellevants al voltant de la ciutat de Barcelona i nuclis agregats. La desviació de les rieres que proposava Cerdà i el projecte de sanejament de García Fària, tot i que no es van executar de forma



Fig. 09. Traces d'escolament de l'aigua als municipis de Gavà i Viladecans 1977
Font: elaboració pròpia sobre ortofoto del geoportal de cartografia de l'AMB

fidel respecte els projectes originals, si que van suposar fortes alteracions de les dinàmiques d'escolament de l'aigua. El creixement de la ciutat, però, ha desbordat en extensió aquests projectes i la ciutat que s'ha anat desenvolupant més enllà de l'Eixample manté unes lògiques de drenatge més semblants a les lògiques naturals. Al llarg del segle XX s'han executat grans col·lectors de drenatge tant en entorns urbans com també en els espais oberts. Algunes de les rieres amb conques importants drenen a través d'aquests col·lectors sota el teixit urbà. Per altra banda però, la percepció de la riera com a límit seguirà present en els plans parcials de desenvolupament urbà de la segona meitat del segle.

Pel que fa a la continuïtat de les traces en superfície, en el transcurs de l'elaboració d'aquesta recerca ha estat revelador veure com els projectes de les infraestructures de mobilitat dels segles XVIII i XIX suposaven mínimes alteracions. No succeeix el mateix amb les infraestructures de la mobilitat del segle XX (les anomenades vies segregades), que es detecten com a causants d'algunes desviacions i/o soterraments importants i de bona part de les discontinuïtats de les traces en superfície, contribuint a entorpir la relació de proximitat dels habitants amb un territori que ja de naturalesa era molt fragmentat per rieres, arenys, tàlvegs i falles.

Pel que fa a les alteracions de la secció només algunes de les rieres, com la riera dels Canyars entre Castelldefels i Gavà o les rieres de Cervelló, Corbera i de Vallvidrera, mantenen l'escolament de les aigües en superfície al llarg de

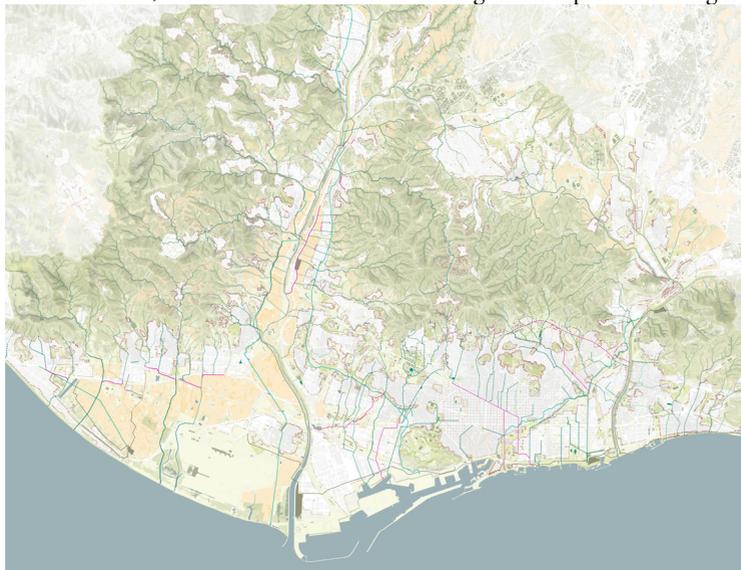


Fig. 10.. Traces d'escolament de l'aigua en relació als espais oberts
Font: Elaboració pròpia

tota la conca. Les altres combinen trams d'escolament superficial amb trams soterrats i probablement integrats a la xarxa de sanejament urbana. La cartografia elaborada demostra una forta hibridació entre la xarxa d'escolament de l'aigua de pluja i la xarxa de clavegueram. Aquesta hibridació es resol amb sobreexidors, que a partir de cert cabal en episodis de fortes pluges aboquen les aigües al medi.

Malgrat la intensitat del procés d'urbanització del darrer segle, podem concloure que la xarxa d'escolament de l'aigua en el territori metropolità de Barcelona segueix un patró similar a la xarxa natural de la matriu biofísica precedent a la ciutat. Bona part de les traces de drenatge mantenen encara la seva linealitat en superfície inclús en els entorns més urbanitzats (veure per exemple els casos de la riera Blanca i la riera d'Horta). Això és, en definitiva, un avantatge pel projecte de la metròpolis actual. Aquesta linealitat les converteix en estructures amb gran potencial de vertebració territorial: les noves estructures de la metròpolis.

5.2. La percepció de les lògiques del cicle de l'aigua

En els darrers anys s'han desenvolupat i planificat un bon nombre d'accions i infraestructures que tenen com a objectiu millorar les funcions hidrològiques de la xarxa de drenatge i sanejament urbà, però cal seguir treballant per reconvertir la xarxa d'escolament de l'aigua en una infraestructura ecosistèmica. Les cartografies elaborades en aquesta recerca aporten una perspectiva global de les traces de l'aigua, integrant la xarxa d'espais oberts i els teixits urbans, però cal aprofundir en el coneixement a totes les escales, tenint en compte també les xarxes de clavegueram locals.

La legislació actual en matèria d'edificació exigeix la separació de les canalitzacions d'evacuació d'aigües de pluja respecte les d'aigües grises i negres. Aquestes accions però, no tenen sentit si no s'acompanyen també amb estratègies de transformació de la xarxa a nivell de barri i de ciutat. La manca d'informació d'accés obert sobre les xarxes de clavegueram urbà dificulta la detecció de quins dels col·lectors reben abocaments d'aigües grises i negres urbanes, i en quins casos la xarxa pluvial és separativa. Disposar de cartografies detallades del clavegueram local de cadascun dels municipis contribuiria a reconèixer millor les lògiques del conjunt de la xarxa.

El teixit urbà està format per carrers de tipologies i funcions diverses. Els carrers que tenen un paper estructurant dins la xarxa drenant passen desapercebuts. Caldria replantejar la forma d'urbanitzar i d'ocupar aquests carrers, de la mateixa manera que en els darrers anys hi ha hagut un canvi de percepció en relació als rius Besòs i Llobregat, reconvertint-los en infraestructures ecosistèmiques. Cal recuperar-ne la seva significança fent emergir l'aigua encara que sigui només simbòlicament si és que l'espai i l'acumulació de serveis en

superfície dels carrers no permet fer-ho de forma literal. Aquest nou paradigma proporcionaria al carrer una nova riquesa i varietat, fent evidents les seves funcions en relació als serveis ecosistèmics que proveeix.

Cadascuna de les rieres és diferent, en funció de les seves condicions geomorfològiques i ambientals naturals. A més els factors antròpics defineixen també el seu caràcter, que varia segons el grau d'urbanització de la conca, la linealitat en superfície de la traça d'escolament, l'amplada del carrer que s'ha urbanitzat o la relació amb els equipaments i el patrimoni. Les múltiples combinacions dels factors i situacions descrits fan necessària l'elaboració d'un projecte específic per a cadascuna d'aquestes traces, avançant en l'estudi des d'una escala urbana, estudiant els teixits i la parcel·lació que les acompanya i detectant els espais d'oportunitat per a la implantació de criteris de Disseny Urbà Sensible a l'Aigua.

5.3. Restituint la relació entre els entorns urbans i els espais oberts de proximitat

En un ecosistema natural la xarxa hidrogràfica és l'estructura principal de la matriu biofísica. En funció de com l'aigua flueix, el territori és més àrid o més humit, més productiu o més improductiu. La ciutat però, (sobretot la del segle XX) s'ha estructurat a partir de les vies de comunicació, i aquestes han anat evolucionant per facilitar els desplaçaments a grans velocitats i llargues distàncies (Navas, 2012). En conseqüència s'ha anat reduint progressivament el nombre i la intensitat dels seus vincles amb el territori de proximitat. Aquesta evolució ha provocat un distanciament entre el teixit urbà i la matriu biofísica, i per tant un distanciament del ciutadà i el camp. Els assentaments humans, per tant, s'han anat consolidant com un sistema diferenciat dels sistemes que l'envolten.

El sistema urbà (segurament també altres sistemes com l'agrícola-rural o el silvícola) es troba immers en un canvi de paradigma pel que fa a la forma d'habitar el territori. Les noves formes de projectar la ciutat recuperen el valor de l'hàbitat local vers les formes globals d'habitar que s'havien imposat durant la segona meitat del segle XX. La relació amb el territori esdevé una nova necessitat sistèmica estructural. Aquesta relació s'està cercant a partir de la transformació de les infraestructures de mobilitat actuals, donant espai a les noves mobilitats actives i a la reconversió dels espais de la vialitat pública (veure les iniciatives Paris ville du quart d'heure, o places i eixos verds de l'Exemple de Barcelona). La infraestructura urbana i social està planificant-se a partir de la transformació dels grans eixos de ciutat i de mobilitat actuals (PDUM, 2021).

Entendre el conjunt de la matriu territorial com una unitat afavoreix un desenvolupament ecològic i eficient. Cal que els habitants assolim una cons-

ciència de formar part de la matriu territorial. Cal viure-la i conèixer-la per apreciar els espais oberts del conjunt del sistema. Tenir accés a un parc urbà o territorial proper no és suficient. Connectar els diferents espais oberts permetrà avançar cap a una percepció global del territori des d'una visió sistèmica (Batlle, 2002, 2014)

En aquest estudi, a través de l'elaboració d'una cartografia unificada de les traces de l'aigua i de la construcció d'un relat històric sobre la seva evolució, s'aporta la perspectiva de l'aigua com a protagonista no només de la infraestructura blava, sinó també de les diferents relacions ecosistèmiques que s'estableixen entre la ciutat i els espais oberts de proximitat. Les traces de l'aigua esdevenen una component fonamental en el projecte de la metròpolis. La seva identificació i reconeixement i el seu projecte, juntament amb els projectes de la infraestructura verda i la infraestructura urbana i social, dona lloc a una infraestructura ecosistèmica metropolitana de relació entre la ciutat i el seu territori de proximitat.

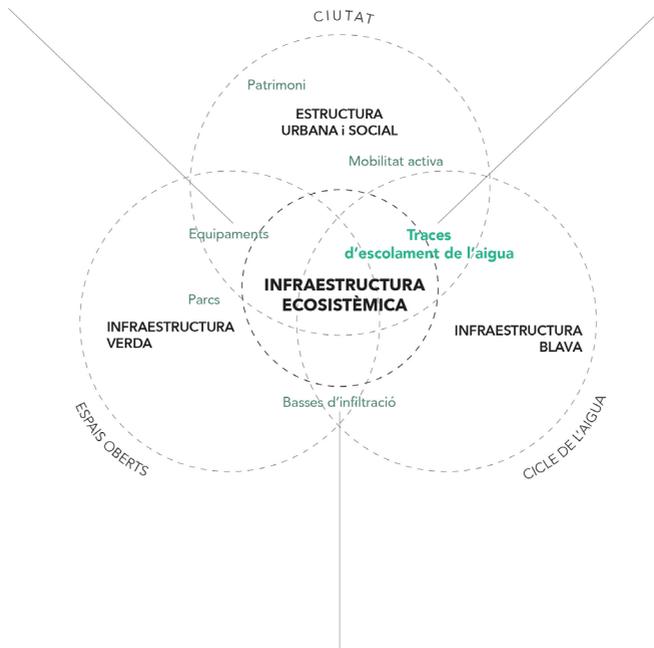


Fig. 11. Diagrama sinòptic de l'objecte de la recerca
Font: Elaboració pròpia

Bibliografia

Arandes, R. et al. (1986). *Barcelona Sub. El clavegueram de Barcelona*. Barcelona: Ajuntament de Barcelona Publicacions.

Arandes, R. (1998). *Hidrogeologia del pla de Barcelona*. Barcelona: Comissió de Medi Ambient i Serveis Urbans, Sector de Manteniment i Serveis.

Arandes, R. (2003). La utilización de las aguas del subsuelo de Barcelona, *Equipamiento y servicios municipales*, 105.

Arrojo, P. (2008). *La nueva cultura del agua del siglo XXI*. Zaragoza: Expoagua.

Balaguer, V. (1857). *Guía Cicerone de Barcelona a Martorell*. Colección de guías de los ferro-carriles de Cataluña. Barcelona: Jaime Jepús y Ramon Villegas

Barton, N. (1962). *The Lost rivers of London*. London: Phoenix House & Leicester University Press

Batlle, E. (2002). *El jardí de la metròpoli. Del paisatge romàntic a l'espai lliure per una ciutat sostenible*. Tesis doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya, Departament d'Urbanisme i Ordenació del Territori.

Batlle, E. et al. (2014). *L'urbanisme dels espais oberts: paisatge, lleure i producció*, Quaderns PDU Metropolità, 03. Barcelona: Àrea Metropolitana de Barcelona

Beltrán, J. (2013). Barcino (Barcelona). A *Las cloacas de Hispania. Estado de la cuestión*. Zaragoza: P. Galve

Benedict, M.A. i McMahon, E.T. (2002). Green infrastructure: Smart conservation for the 21st century. *Renewable Resources Journal*, 20(3), 12-17.

Casassas, L. i Riba, O. (1992). Morfologia de la Rambla barcelonina. *Treballs de la Societat Catalana de Geografia*, 33-34.

Cerdà, I. (1859). *Teoría de la construcción de las ciudades*. Barcelona

Cerdà, I. (1867). *Teoría general de la urbanización*. Madrid

Codina, J. (1971). *El delta del Llobregat i Barcelona. Gèneres i formes de vida dels segles XVI al XX*. Barcelona: Ariel

Costa, F.A. (2011). *La compulsión por lo limpio en la idealización y construcción de la ciudad contemporánea. Salud y gestión residual en Barcelona: 1849-1936*. Tesis doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya, Departament de Composició Arquitectònica

Daily, G.C. (1997). *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Washington: Island Press.

García, P. (1887). Proyecto de alcantarillado para la villa de Gracia.

García, P. (1893). Proyecto de Saneamiento del Subsuelo de Barcelona.

Guardia, M. (2011). *La revolució de l'aigua a Barcelona. De la ciutat preindustrial a la metròpoli moderna, 1867-1967*. Barcelona: Museu d'Història de Barcelona, Institut de Cultura, Ajuntament de Barcelona

López, M. et al. (2010). *Cerdà i Barcelona. La primera metròpoli, 1853-1897*. Barcelona: Museu d'Història de Barcelona, Institut de Cultura de Barcelona, Sociedad Estatal de Conmemoraciones Culturales.

Magrinyà, F. (2008). Les propostes d'Ildefons Cerdà, 1854-1875: l'expressió urbanística i territorial d'un projecte de modernització. *Barcelona quaderns d'història*, 14, 83-113.

Magrinyà, F., Navas, T.; Clavera, G. (2013). *Reconeixement patrimonial de les vies metropolitanes del territori de l'AMB*. Barcelona: Àrea Metropolitana de Barcelona

Marcos, O. (1995). Canvis recents a la línia de costa del delta del Llobregat. *Treballs de la Societat Catalana de Geografia*, 39.

Martínez, F.J. (1997). *La nueva cultura del agua en España*. Bilbao: Bakeaz.

Navas, T. (2012). *Planificació, construcció i mobilitat: La modernització de la xarxa viària a la regió de Barcelona. 1761-1969*. Tesi doctoral, Facultat de Geografia i Història, Universitat de Barcelona

Navas, T., Clavera, G., Manenti, A., Barnadas, M. (2017). *Identificació dels camins i carreteres històrics de l'Àrea Metropolitana de Barcelona*. Barcelona: Àrea Metropolitana de Barcelona

Julià, R. i Riera, S. (2012). Proposta d'evolució del front marítim de Barcelona durant l'Holocè, a partir de la integració de dades geotècniques, intervencions arqueològiques i cronologies absolutes. *Quaderns d'història*, 8, 16-37

King, J. (2022). Hidden Hydrology. <http://www.hiddenhydrology.org> (Consulta: 1/7/2022)

Oliach, M. (2012). L'enginyeria hidràulica protohistòrica del litoral: comarques de Girona i territoris de França meridional. *Cypsela*, 19, 11-30

Ollero, A. (2020). Sección de desagüe, alteración de la geomorfología en cauces aluviales y restauración fluvial. *RestauraRios*, 1

Palet J.M. (1997). *Estudi territorial del Pla de Barcelona. Estructuració i evolució del territori entre l'època ibero-romana i l'altmedieval segles II-I a.C. – X-XI d.C.* Barcelona : Ajuntament de Barcelona. Institut de Cultura. Centre d'Arqueologia de la Ciutat.

Partagua, Fundación Legado Chile y Pontificia Universidad Católica de Chile (2021). *Ciudades sensibles al agua. Guía de Drenaje Urbano Sostenible para la Macrozona Sur de Chile*. Puerto Varas: Indaga

PESM 1981. Pla Especial de Sanejament Metropolità.

PECB 1988. Pla Especial de Clavegueram de Barcelona.

PECLAB 1997. Pla Especial de Clavegueram de Barcelona.

PDAP 2005. Pla Director d'Aigües Pluvials.

PICBA 2006. Pla Integral de Clavegueram de Barcelona.

PDISBA 2020. Pla Director Integral de Sanejament de Barcelona.

PECIA 2022. Pla Estratègic del Cicle de l'Aigua.

PDUM 2022. Avanç del Pla Director Uranístic Metropolità

Sagarra, F. (2002). Arquitectes i enginyers: el control del territori. *Barcelona Quaderns d'Història*, 6

Serrallach, L. (1863). Proyecto de un trozo de Cloaca Colectora que discurre por la Calle Ronda del Ensanche de esta Capital, comprendida entre las calles 26 y 25 del plano oficial aprobado en 7 de Junio de 1859.

Serrallach, L. (1865). Proyecto de ramblar colector de las aguas torrenciales que afluyen al llano de Barcelona.

Traveset, M. (1994). La xarxa hidrogràfica del Pla de Barcelona entre la riera de Magòria i la riera d'Horta. *Finestrelles*, 6, 57-69

Ventayol A., Albaigés J.M., Cortal J.M., Gallart F., López C., López J.L. i Santaaulària J.M. (2006). Mapa geotècnic de Barcelona, Badalona, Esplugues, l'Hospitalet, Sant Adrià, Santa Coloma. *Dijous a l'ACE. Associació de Consultors d'Estructures*, 24, 8-32.

Vila, P. (1983). La circulació de les aigües del Pla de Barcelona en el passat. (*ciència*): *revista catalana de ciència i tecnologia*, 27, 20-23.

Vinyes, R. (2015). *Barcelona oculta: la rellevància del subsòl en una gran ciutat contemporània*. Tesi doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya, Departament d'Urbanisme i Ordenació del Territori.

Vinyes, R. (2016). La trufa urbana: el subsòl com a indicador. *QRU: Quaderns de Recerca en Urbanisme*, 2, 68-81.

Wentworth, K. (2001). *Aquae Urbis Romae: the Waters of the City of Rome*, The Institute for Advanced Technology in the Humanities, University of Virginia <http://www3.iath.virginia.edu/waters> (Consulta: 1/7/2022)

DOI: 10.5821/qr.11935

Pere Manubens Gil

Departamento de Urbanismo y Ordenación del Territorio (DUOT)
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)
peremanubens@gmail.com

CLOACA A CIELO ABIERTO VERSUS PARQUE PERIURBANO EL CASO DEL RÍO RIPOLL

Carme Carcaño Zapata

El tramo medio del río Ripoll pasó de ser una cloaca a cielo abierto a un parque periurbano de la segunda corona metropolitana de Barcelona. El estudio de este proyecto permitirá verificar la siguiente hipótesis: el proyecto de los espacios fluviales debe surgir de unas estrategias que surgen del estudio de unas capas de trabajo. Este estudio derivará a unos proyectos fragmentarios, que en todo momento tendrán en cuenta un trabajo interdisciplinar, interescalar que vele por una buena gestión de los recursos hídricos. Para ello se estudiará dos documentos iniciados por el municipio de Sabadell en la década de los ochenta y noventa que permitieron cambiar la situación dramática del río: “La ordenación del Ripoll a Sabadell. Historia urbana y medioambiental” y el “Plan Integral de Mejora del Ripoll”. Por último, se realizará una crítica al proyecto realizado teniendo en cuenta la mirada actual.

Palabras clave: Río Ripoll, terrenos del agua, jardín de la metrópoli.

The middle stretch of the River Ripoll went from being an open-air sewer to a peri-urban park in the second metropolitan area of Barcelona. The study of this project will allow us to verify the following hypothesis: the river spaces project must arise from strategies that arise from the study of work layers. This study will lead to fragmented projects, which at all times will take into account interdisciplinary, interscalar work that ensures good management of water resources. For this, two documents initiated by the municipality of Sabadell in the eighties and nineties that allowed changing the dramatic situation of the river will be studied: “The organization of Ripoll in Sabadell. Urban and environmental history” and the “Comprehensive Ripoll Improvement Plan”. Finally, there will be a critique of the project carried out taking into account the current view.

Keywords: Ripoll river, terrain of water, Metropolis garden

1. Introducción

La noche del 25 de septiembre de 1962 el río Ripoll se desbordó y se llevó la vida de unas 33 personas, hirió unas doscientas y 476 familias se quedaron sin hogar ni pertenencias.

Por eso, de la catástrofe muchos vieron una oportunidad, y de los créditos con bajo interés que recibieron, muchos empresarios los utilizaron, no tan solo para rehacer la industria afectada por la riada, sino para además modernizar la maquinaria que les permitió el resurgir de su actividad económica (Ramon,D, 2012). No obstante, con las prisas para restablecer la actividad industrial, no se resolvió el saneamiento del curso del río ni se puso en valor su patrimonio. Por este motivo, durante décadas de los setenta, ochenta, y noventa, los municipios de Castellar del Vallés, Sabadell y Barbará del Vallés presenciaron el deterioro del río. Le dieron la espalda y éste se transformó en una cloaca a cielo abierto. Y es a partir de 1995, con el **Plan Integral de Mejora del Ripoll** iniciado por el municipio de Sabadell, cuando cambió la situación dramática del río. Fue el inicio de su transformación y el paso de ser una cloaca a ser el parque periurbano por excelencia del Vallés.

El objeto del presente artículo es el estudio del caso del Río Ripoll, y en concreto del Plan Integral de Mejora del Río Ripoll, que nos permitirá verificar la siguiente hipótesis: el proyecto de los espacios fluviales debe surgir de unas estrategias que surgen del estudio de unas capas de trabajo. Estas derivaran a unos proyectos fragmentarios que en todo momento tendrán en cuenta un trabajo interdisciplinar, interesclar que vele por una buena gestión de los recursos hídricos.

Para ello previamente se contextualizará el ámbito de estudio del río Ripoll. A continuación, se analizará la publicación del año 1986 “La ordenación del Ripoll a Sabadell. Historia urbana y medioambiental” editada por el Ayuntamiento de Sabadell. El estudio de estas capas permitió tener una diagnosis precisa del estado del río, convirtiéndose por lo tanto en la base de trabajo del Plan Integral de Mejora del Río Ripoll. Posteriormente se explicará este documento que facilitó la recuperación integral del espacio fluvial. En él se identificó el espacio fluvial y se definió el proyecto del Parque Fluvial del Ripoll, que trata de integrar y recuperar para la ciudad el espacio del río, activándolo al proponer cinco tipos de parques: el parque cultural, el parque industrial, el parque de huerta, el parque de ocio y el parque natural. Finalmente, las conclusiones extraerán los puntos relevantes de los apartados anteriores y se hará una crítica al Plan Integral de Mejora del Ripoll.

2. De frontera a parque periurbano

2.1 Río Ripoll, frontera de las ciudades

El tramo medio del río Ripoll que transcurre por los municipios de Castellar del Vallés, Sabadell y Barbará del Vallés, se caracteriza por tener una pendiente suave, alrededor del 1%, estar encajado en una hendidura estrecha y profunda, tener un cauce transformado a raíz de la riada del 62 y transcurrir próximo a áreas urbanas muy pobladas. Tiene una longitud de unos 18,5km y un ámbito fluvial de una anchura de unos 500-600 metros. Su zona de dominio público es de unos 50 metros de ancho, y la diferencia de cota entre la zona de dominio público y la llanura donde están construidas las ciudades es, mayoritariamente, de unos 50-60 metros. Esta sección escarpada del río, ha permitido que éste se haya convertido en el espacio buffer de transición del ámbito rural a la ciudad construida, y a la vez se convirtiera en la frontera de crecimiento de las ciudades.

2.2. La transición a parque periurbano

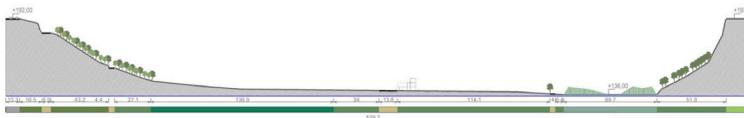


Fig. 01. Sección del río Ripoll en el tramo de Sabadell. Fuente: Elaboración propia

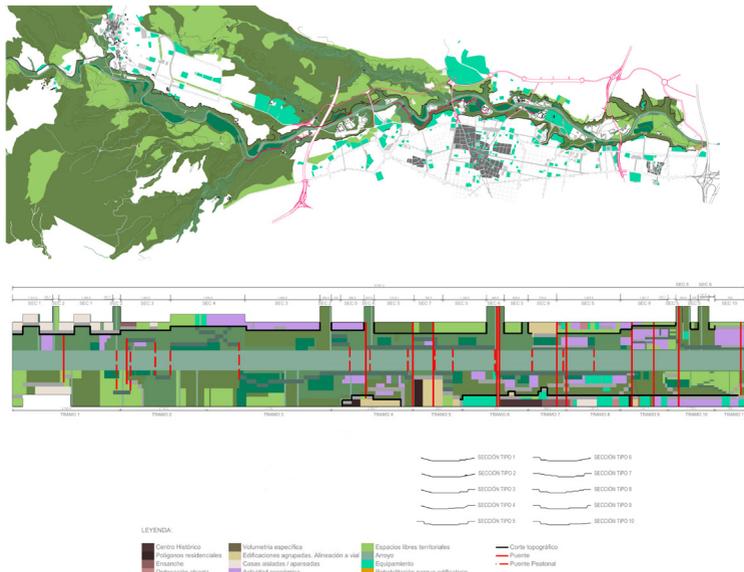


Fig. 02. Planta del río Ripoll en el tramo medio. Fuente: Elaboración propia

La antigüedad de la actividad humana y productiva es la causa que actualmente el río Ripoll sea un testimonio excepcional de la historia y del proceso de humanización de su territorio más cercano.

En los siglos XI-XII, a la vez que se iba consolidando un núcleo de población en el margen derecho del Río Ripoll, donde ahora se ubica la ciudad de Sabadell, abajo, en el río, los molinos se constituyeron como elementos trascendentales para la economía agraria y manufacturera de Sabadell. El origen de la mayoría de estas edificaciones estaba en la necesidad de moler el trigo para la fabricación de la harina. Siglos más tarde, estas edificaciones se convirtieron en molinos papeleros, que necesitaban además de la aportación de agua para fabricar la pasta, un espacio con una ventilación adecuada para secar el papel. Por este motivo, la edificación pasa a tener mayores dimensiones y unas fachadas con multitud de ventanas. En el siglo XVIII es cuando existió un mayor número de molinos papeleros. Este hecho, obligó a construir una serie de caminos que permitía la unión de estas edificaciones con la ciudad y así poder transportar las mercancías. Algunos aprovecharon los caminos existentes, y otros crearon nuevos.

Esta primaria red de comunicaciones estructuró el territorio, y fue también la base de futuros establecimientos. Y es a mediados del siglo XIX, con la llegada de la industrialización en el Vallés, cuando el río se convirtió en el espacio de actividad económica por excelencia de los asentamientos de su entorno, dado que era el espacio idóneo para ubicar establecimientos industriales autónomos que permitieran la producción de tintes y acabados de la producción textil lanera. Este último proceso es el que acabó transformando el aspecto de los molinos. El vapor y luego la electricidad, hicieron el establecimiento más autónomo de la fuente de energía originaria, el agua, aunque esta se continuó utilizando en el proceso de producción textil.

Entre la década de los 40 y 1962 se produjo en España un gran movimiento migratorio y la población de las ciudades vallesanas se duplicó. Este ritmo frenético de crecimiento de la población era difícil de digerir, y no se hizo el esfuerzo necesario para estimular la construcción de vivienda asequible. En estos años de fuerte inmigración en el Vallés, naturalmente el destino final de los inmigrantes fueron las barracas, los cubiertos, las estancias, las habitaciones realquiladas e, incluso, las cuevas, muchas de ellas ubicadas en los márgenes del Río Ripoll. Estas cuevas alojaban familias enteras con ínfimas condiciones de seguridad.

No es hasta el 1948 cuando el Ayuntamiento de Sabadell comenzó a actuar en el ámbito del río Ripoll, y no es hasta en el año 1960 cuando se cerraron definitivamente las cuevas del río.

Dos años más tarde se aprobó un Plan especulativo en el municipio de Sabadell, en el que en el ámbito del Ripoll preveía suelo urbano de uso intensivo industrial y residencial. Se planteó su desarrollo mediante 5 Planes Parciales: Ripoll 1 (Sant Oleguer), Ripoll 2 (Horta Vella), Ripoll 3 (Can Puiggener), Ripoll 4 (La llanera) y Ripoll 5 (Mornau). A nivel de espacios abiertos esta operación cedía espacios públicos como Zona verde, liberaba cauce público del Río y mantenía como SNU-Rústico el Sector norte de Can Pagès-Colobriers y los taludes de Can Deu. En estos espacios estaban incluidos todos los taludes del Ripoll y los espacios de huerta aún existentes. Preveía una importante cesión de suelo para ubicar equipamientos deportivos en el área de Sant Oleguer. Pero el año 1962 no se recordará por este plan sino por ser el año de la riada.

En el año 1978 se aprobó el Plan Comarcal de Sabadell -78, donde se resolvía la ordenación de los municipios de Sabadell, Castellar del Vallés y Barbará del Vallés. Este documento puso en duda el régimen de suelo establecido por el plan urbanístico del municipio de Sabadell del año 62 y, por ello, planteó la desclasificación urbanística de algunos planes parciales del ámbito del Ripoll, valorando de esta manera su interés ecológico y paisajístico.

Y es a finales de los 80's cuando el Ayuntamiento de Sabadell realiza una nueva mirada al río, para recuperar su paisaje e imagen para la ciudad. Por ello en el año 1986 publicó el libro "La ordenación del Ripoll a Sabadell. Historia urbana y medioambiental", y en 1990 aprobó una Modificación del Plan Comarcal de Sabadell del 78 en el ámbito del Ripoll cuyos objetivos eran, la disminución de la previsión de sistemas para la vialidad, la restricción sectorial del uso industrial, y el planteamiento de instrumentos de gestión (unidades de actuación). Entre 1996-1999 el Ayuntamiento de Sabadell perfiló el Plan Integral de Mejora del Ripoll que permitió cambiar la situación de degradación a la que había llegado el río.

3. Estudio "multicapas" del río Ripoll

El objetivo de la publicación "La ordenación del Ripoll a Sabadell. Historia urbana y medioambiental" era proporcionar una diagnosis de la situación del medio ambiente del ámbito del río Ripoll en el término municipal de Sabadell, un ámbito que encontraron fuertemente humanizado, industrializado y degradado, que, además, recibía un fuerte impacto del núcleo industrial y urbano de la ciudad. Se realizaron estudios sobre la geología e hidrogeología del río, sobre el paisaje vegetal y agrícola y sobre el ámbito industrial y urbano.

3.1. Estudio sobre la geología e hidrología del río.

Desde la óptica de la geología ambiental se analizaron las unidades litológicas, la geomorfología (inestabilidad de taludes), la hidrología superficial (avenidas y espacios inundables), y las aguas subterráneas (recursos y calidad

de las aguas). De este estudio cabe destacar la investigación que se realizó sobre el agua del río. De él se observó que el aprovechamiento hidráulico del Ripoll ha estado tradicionalmente compartido por el regadío y la actividad industrial. Las primeras implantaciones industriales con fuerza motriz, los molinos, nacieron estrechamente relacionados con la agricultura. El agua servía tanto para impulsar las ruedas de los molinos como para regar huertas, y era habitual que en una misma propiedad además del molino hubiera tierras agrícolas con derecho al uso del agua. Si bien no se sabe cuándo se comienzan a construir los primeros sistemas hidráulicos de derivación del agua del curso del río con esclusas y acequias, siendo la acequia del Mónar una de las obras hidráulicas mantenidas hoy en día, lo que parece cierto es que los primeros terrenos agrícolas eran mayoritariamente los terrenos situados en las terrazas fluviales, que eran terrenos de aluvión, ricos en nutrientes y húmedos por capilaridad. Tanto la actividad agrícola como la industrial han hecho uso de las obras hidráulicas ejecutadas para poder obtener un aprovechamiento del agua de las diferentes unidades hidrogeológicas del río, que en el momento de hacer la diagnosis del río se utilizaban: el aluvial actual del Ripoll, los acuíferos del mioceno y el aluvial del cuaternario antiguo.

Uno de los problemas importantes que se observó fue la contaminación del agua del río que afectaba al acuífero aluvial, así como el desequilibrio existente entre las extracciones y aportaciones de agua al río.

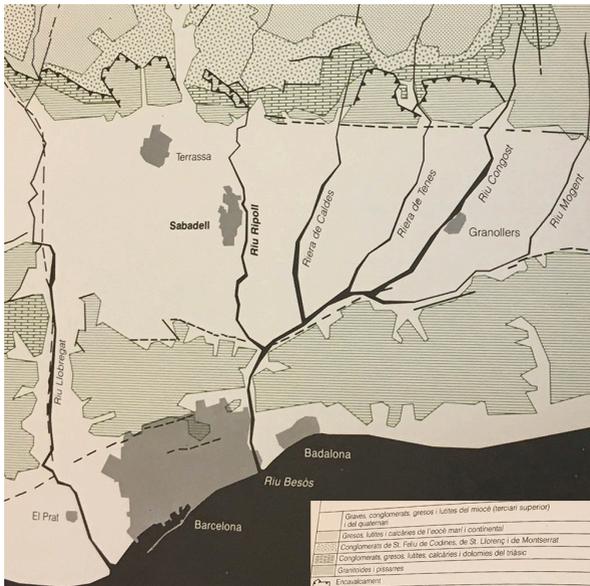


Fig. 04. Mapa geológico y ubicación del río Ripoll. Fuente: Ayuntamiento de Sabadell 1986

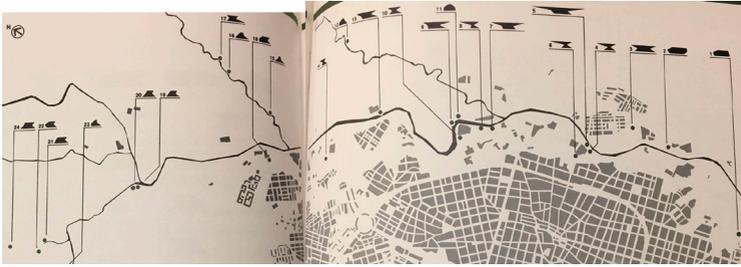


Fig. 05. Situación de puntos de agua del río Ripoll, tramo Sabadell. Fuente: Ayuntamiento de Sabadell 1986

3.2. Estudio sobre el paisaje vegetal y agrícola.

Del estudio del paisaje y la agricultura se detectó que el paisaje vegetal y natural, constituido por comunidades de ribera y comunidades boscosas, se encontraba en una situación altamente transformada y humanizada a causa de los usos forestales, agrícolas, industriales y urbanos, de manera que había pocos elementos que pudiesen ser considerados naturales. Mientras que el paisaje agrícola se encontraba alterado en mayor o menor grado a causa de la yuxtaposición de elementos y también a causa de la proliferación de huerta marginal.

3.3. Estudio sobre el ámbito industrial y urbano.

Y, por último, en el estudio del ámbito industrial y urbano, se realizó un inventario industrial del ámbito fluvial, un estudio de la contaminación atmosférica y un estudio de la contaminación del agua. De este último estudio se detectó que existía una fuerte ocupación de las terrazas inferiores del río para usos industriales, que se podía agrupar en tres grandes zonas de agrupación industrial: entornos del puente de Castellar, entornos del puente de la Salut, y zona de Sant Oleguer. Sobre la contaminación, se observó que los niveles de inmisión de los contaminantes emitidos medidos no sobrepasaban los límites máximos admisibles establecidos en la legislación vigente, pero, no obstante, se consideraban niveles elevados en relación con los niveles admisibles en otros países. Y sobre el estudio de la contaminación del agua, se evidenció que el río Ripoll presentaba hasta Castellar del Vallés una buena calidad, pero a partir de este punto, mostraba la mayor contaminación de Cataluña.



Fig. 06. Situación de puntos de agua del río Ripoll, tramo Sabadell. Fuente: Ayuntamiento de Sabadell 1986

3.4. Recomendaciones del estudio

Una vez realizada la diagnosis de la situación del medio ambiente en el ámbito fluvial del Ripoll en el término municipal de Sabadell, en el capítulo Epílogo de la publicación se establecía que tipo de acciones se debían realizar en el ámbito fluvial del Ripoll. Éstas estaban dirigidas hacia la recuperación de su medio ambiente (descontaminación, saneamiento del aire y del agua, mantenimiento del caudal del río, reequilibrio higiénico y micro-climático), la repoblación de la vegetación de ribera, la recuperación del suelo agrícola, la recalificación del ámbito industrial, la recuperación de los centros histórico-arquitectónicos de las primeras implantaciones humanas y de los edificios proto-industriales para fines socio-culturales, y la definición de áreas de usos social y deportivo.

4. Plan Integral de Mejora del río Ripoll

4.1. Principios y estrategia

En el año 1996, con la creación de la Oficina Técnica del Río Ripoll, es cuando se produce un cambio cualitativo en la intervención municipal a favor de la recuperación del espacio fluvial. Esta oficina estaba integrada por tres técnicos, un arquitecto (Pere Vidal) responsable de la misma, una bióloga (Rosa Quirante) y un geógrafo (Max Martín), dos delineantes y una auxiliar administrativa. Temporalmente colaboraron estudiantes de arquitectura en prácticas y arquitectos.

Esta oficina, desde el momento de su creación, tuvo la voluntad de gestionar el proceso de recuperación del río desde la experiencia de las intervenciones hechas y para ello diseñó una estrategia de actuación. Pero previamente, identificó un ámbito territorial propio del objeto de trabajo, el espacio fluvial, reconociéndolo como un espacio singular y con una identidad diferenciada del espacio urbano, y a la vez, del entorno rural. Y se determinó un objetivo principal, que no era otro que el de parar el deterioro progresivo del espacio fluvial y promover acciones de recuperación y mejora de este. Determinado el objetivo principal, se fijaron unos principios de actuación a partir de los cuales orientar y delimitar la estrategia de intervención posterior. Estos principios eran los siguientes:

- 1r. Adecuar el proyecto a la lógica del ámbito territorial de los sistemas naturales.
- 2n. Incorporar en cada ámbito local la resolución de las necesidades de su comunidad.
- 3r. Fomentar y desarrollar las relaciones y favorecer la corresponsabilidad entre el sector público, el privado y el colectivo.

Y, por último, desplegar una relación de interlocución adecuada y específica entre la ciudad y el proyecto, para hacer corresponder cada uno de los diferentes tipos de intervención con cada uno de los colectivos ciudadanos más afectados.

Una vez definidos estos principios de actuación se definió una estrategia que se basaba en:

1r. Constituir, caracterizar y hacer funcionar un ente promotor del proyecto. Esta acción se aseguró mediante la creación de la Oficina técnica del Ripoll.

2n. Definir y utilizar instrumentos de actuación claros, eficaces, flexibles y adecuados. Por este motivo, para poder gestionar la recuperación integral del espacio fluvial, se desarrolló lo que se denominó el **Plan Integral de Mejora del Ripoll**, un instrumento de gestión y prefiguración del Proyecto del Parque fluvial del Ripoll.

3r. Crear un sujeto pasivo y conseguir la apropiación social del Proyecto.

Y, por último, actuar con la sensibilidad política y técnica adecuadas para explorar fronteras, consiguiendo sinergias, estimulando corresponsabilidades y actuando en la complejidad.

4.2. Plan Integral de Mejora del Ripoll

En este documento se identificó un ámbito territorial propio del objeto de trabajo, el espacio fluvial, y se definió el proyecto del Parque Fluvial del Ripoll que proponía cinco parques, con vocaciones diferentes y complementarias. Era un proyecto que trabajaba por capas (los cinco parques) y con actuaciones fragmentarias. En este trabajo se contó con la colaboración de la “Academia”, nombre que dio Pere Vidal al conjunto de técnicos de distintas disciplinas (arquitectos, aparejadores, historiadores, arqueólogos, antropólogos y estudiosos y conocedores del lugar) que durante dos años fueron construyendo el inventario patrimonial del río. Los parques que se propusieron fueron los siguientes:

4.2.1 El parque cultural.

El espacio fluvial aloja dentro de su perímetro un conjunto de yacimientos, elementos construidos y edificaciones que son testimonio de las actividades más importantes que han tenido lugar a lo largo de la historia de la humanización de este territorio. El reconocimiento de su existencia, su valoración adecuada y la capacidad de crear valor añadido constituyeron la base del parque cultural del Ripoll. Este patrimonio está formado por yacimientos paleontológicos y arqueológicos de diferentes épocas y características, y por edificaciones y construcciones preindustriales, industriales, agrícolas y religiosas, por instalaciones hidráulicas y por puentes, guales y caminos.

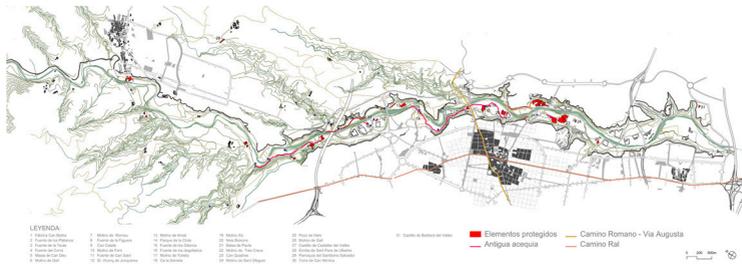


Fig. 07. Plano de patrimonio del tramo medio del río Ripoll. Fuente: Elaboración propia

4.2.2. El parque industrial.

En las terrazas bajas e intermedias del río se alberga un centenar de empresas industriales. El parque industrial reconoció esta actividad en el río y propuso que todas y cada una de ellas estuvieran en funcionamiento, se mejorase su nivel de producción, se modernizara las instalaciones, se realizara mejores estéticas y arquitectónicas y se eliminara todos los procesos de contaminación ambiental. Se pretendía dotar de una cierta singularidad al conjunto industrial y entenderlo este como un parque industrial verde.

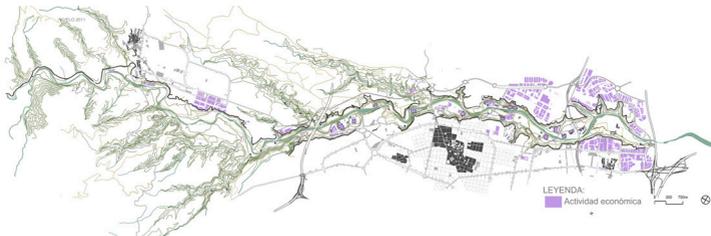


Fig. 08. Plano de la industria del tramo medio del río Ripoll. Fuente: Elaboración propia

4.2.3. El parque de Huerta.

Las terrazas fluviales bajas han estado ocupadas históricamente por las actividades agrícolas. Su proximidad a la ciudad construida las confiere un valor añadido. Por lo tanto, su mantenimiento y mejora hace más viable la existencia del conjunto del Parque fluvial. Al comienzo de los trabajos de la Oficina del Ripoll se inventariaron un total de 1124 huertos que ocupaban un total de 75 ha en una cincuentena de zonas diferentes. En el proyecto fluvial del río Ripoll se proponía que estos huertos se ubicaran en áreas situadas en terrazas bajas, que tuvieran las mejores condiciones de tamaño y ubicación para desarrollar la actividad, y que tuvieran en cuenta las previsiones del planeamiento urbanístico. Por ello, entre el 2002 y el 2009 se eliminaron un gran número de huertos y barracas (516 huertos y 570 barracas) que ocupaban el lecho inundable del río y los taludes, y se recuperó el usufructo de diferentes parcelas de huerta de la Verneda de Can Deu, de Can Bages, de Can Roqueta, del Prat Vell, y de la fuente de los Plátanos, pasando todas ellas a ser propiedad municipal.

4.2.4. El parque de ocio.

El proyecto del parque Fluvial buscaba incorporar una nueva actividad en el río, que tuviera un carácter público y permitiera el contacto fluido de la ciudad con el medio fluvial. Por este motivo se planteó unos espacios a lo largo del recorrido del río que acogían actividades de ocio y disfrute de la naturaleza. Por un lado, se propusieron cuatro parques de dimensiones medianas, dos de los cuales habían de incidir en los barrios vecinos y posibilitar la obertura de estos a la fachada fluvial (el parque de la Clota y el parque de Sant Vicenç de Jonqueras), un tercero especializado en campus deportivo (el parque de Sant Oleguer) y el cuarto compuesto de diversos espacios discontinuos para poder restituir un paisaje degradado. Por otro lado, se proponían un conjunto de espacios de pequeñas dimensiones situadas al lado del camino del río para hacer agradable el recorrido del peatón. El camino era entendido como el eje articulador de conexión, y era visto como elemento de un proyecto más ambicioso, el camino del río al mar.

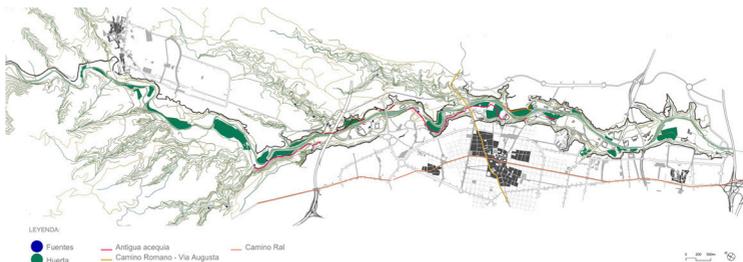


Fig. 09. Plano de la huerta del tramo medio del río Ripoll. Fuente: Elaboración propia

4.2.5. El parque natural.

El parque natural debía reconocer el conjunto de recursos naturales existentes y los elementos geográficos que definen el ámbito fluvial del río. En este sentido reconoció la estructura dominante de éste que es definida por su encaje en terrenos cuaternarios que dan lugar a tres niveles de terrazas: las

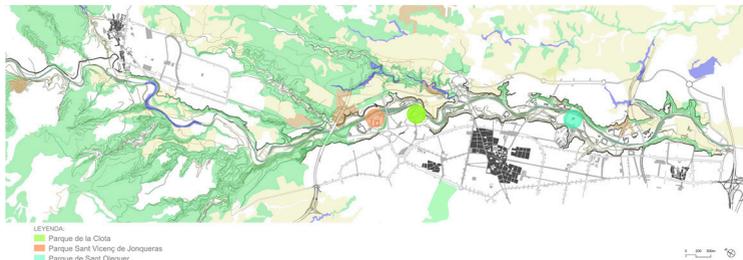


Fig. 10. Plano de los parques del tramo medio del río Ripoll. Fuente: Elaboración propia

superiores, las intermedias y las bajas, y unos desniveles pronunciados. Además, puso en valor la red de drenaje que la forman un conjunto de torrentes tributarios, como es el caso de los torrentes de Ribatallada, Colobriers o el río Tort, y reconoció que es un ecosistema complejo y vivo donde el agua, la vegetación y la fauna son sus recursos naturales y biológicos.

Por ello se ejecutaron obras hidráulicas entre 1996 y el año 2004 para resolver los problemas de contaminación del río y el desequilibrio existente entre las extracciones y aportaciones de agua al río.

Las obras que resolvieron **la contaminación del agua** del río fueron: el colector interceptor del Ripoll donde van a desaguar las cloacas de los barrios y de las industrias del sector, la estación de bombeo de Sant Oleguer que impulsa las aguas sucias hacia la estación depuradora, ubicada en Can Roqueta, y por último unos colectores en Can Roqueta y Poblenou que permitieron conectar las aguas residuales de estas zonas con la depuradora. También para mejorar la calidad del agua proveniente de la planta depuradora se construyó una zona húmeda en la antigua huerta de Can Català.

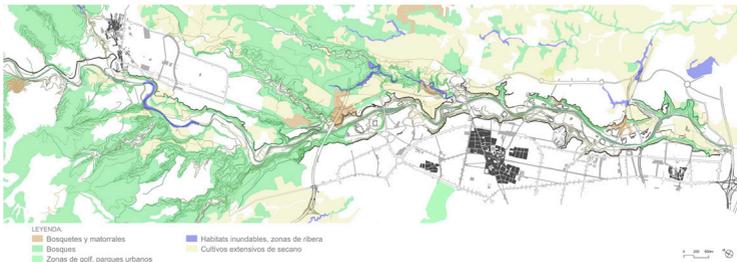


Fig. 11. Plano de los parques del río Ripoll. Fuente: Elaboración propia

Y la obra que resolvió **el desequilibrio entre las extracciones y aportaciones de agua al río** fue el emisario de regreso de aguas depuradas al Ripoll que permitió devolver las aguas depuradas al río en tres puntos de su trazado: Sant Oleguer, Molino Torrella, y Torrente de Colobriers. Con ello se consiguió mantener un caudal mínimo superficial del río y recargar de forma indirecta los acuíferos y la mina del Ripoll. Con esta obra se pudo utilizar las aguas de la mina del Ripoll para usos de riego de parques de la ciudad (parque Hospital Taulí y parque lineal del Ripoll), como hidrante de recarga de cisternas para la limpieza de calles y para rellenar las piscinas públicas en tiempos de sequía.

Otra de las actuaciones vinculadas con el agua que se realizaron fueron **las protecciones a la avenida del río** que tenían un tratamiento menos artificial de las riberas. Las soluciones constructivas de este nuevo proyecto consistían en la realización de nuevas protecciones en las bases de los taludes mediante gaviones, el recrecimiento de algunas motas de protección en las áreas de huerta, y la construcción de nuevas motas defendidas por corazas y, en al-

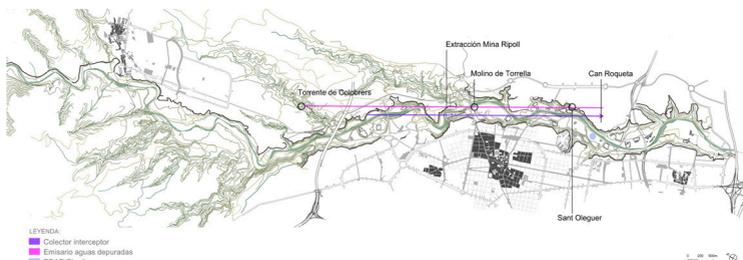


Fig. 12. Plano de los parques del río Ripoll. Fuente: Elaboración propia

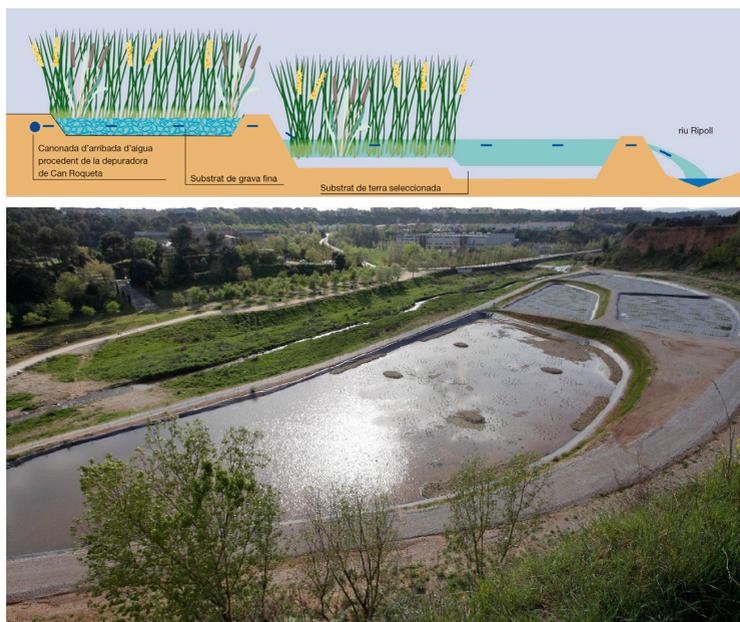


Fig. 13. Imágenes de las balsas de depuración biológica del antiguo meandro de Can Catalá. Fuente: Ayuntamiento de Sabadell, Descobreix el Parc Fluvial del riu Ripoll

gunos casos, por vegetación. También otra de las actuaciones vinculadas a la protección a la avenida del río fue la creación de una zona de retención de agua en la zona de Can Puiggener que combina zonas de agua corriente con zonas de agua quieta, además de reducir el caudal punta y retardar el pico de la avenida.

Y por último para resolver **los problemas de erosión** se propuso estabilizaciones del cauce del río y la eliminación de las actividades agrícolas en algunas áreas inundables con el fin de que éstas fueran parcialmente repobladas o fueran destinadas a futuras áreas húmedas.

5. Conclusiones

Hemos comprobado que el río Ripoll ya en el siglo XVIII era un eje de actividad económica, una frontera infranqueable hasta 1950, un ámbito afectado por la riada del 62, una barrera que separaba los nuevos crecimientos ejecutados en su límite este a partir de los años 60 y un ámbito deteriorado en la década de los 70 y 80. Y es a finales de los 80's cuando el Ayuntamiento de Sabadell realiza una nueva mirada al río, para recuperar su paisaje e imagen para la ciudad, e inicia actuaciones para convertirlo en un parque periurbano. Partió de un trabajo analítico, la publicación “La ordenación del Ripoll a Sabadell. Historia urbana y medioambiental”, un trabajo multidisciplinar que analizó distintas capas del río: la geología e hidrogeología, el paisaje vegetal y agrícola, y el ámbito industrial y urbano. Este trabajo analítico junto con el análisis de la capa de patrimonio y los procesos históricos que se realizó posteriormente, permitió la redacción del Plan Integral de Mejora del Ripoll. Este documento era un instrumento de actuación flexible que facilitó la recuperación integral del espacio fluvial y definió el proyecto del Parque Fluvial del Ripoll. Este proyecto proponía cinco parques, con vocaciones diferentes y complementarias, derivando de esta manera a unos proyectos fragmentarios: el parque cultural, el parque industrial, el parque de Huerta, el parque de ocio y el parque natural. En todo momento se tuvo como requisito primero de la actuación la recuperación del agua y la buena gestión de los recursos hídricos. Para ello se contó con un equipo multidisciplinar, “la Academia” y un equipo configurado por un arquitecto, un geógrafo y una bióloga que constituyeron el alma mater del proyecto.

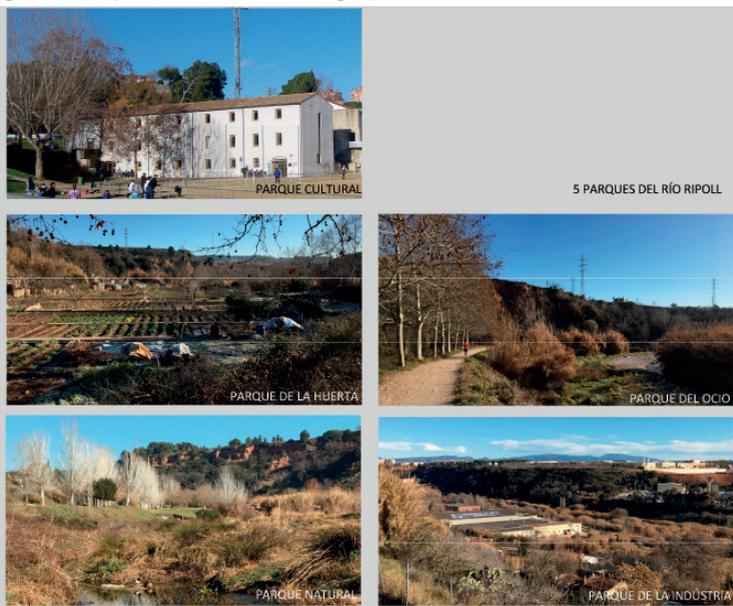


Fig. 14. Imágenes de los 5 parques del río Ripoll. Fuente: Elaboración propia

Ahora bien, si bien el Proyecto del Parque Fluvial consiguió recuperar el río para la ciudad de Sabadell y logró su descontaminación, hay aspectos que deben ponerse en tela de juicio. El primero es sobre el estudio de capas realizado donde se obvió algunas capas vinculadas al paisaje como el análisis de los aspectos escénicos (valores estéticos, miradores, impactos, estructura escénica, hitos paisajísticos), zonas protegidas, procesos históricos (sistema de explotación vigente – parcelario) y usos sociales del río, entre otras. También obvió capas vinculadas al urbanismo como es el estudio de la movilidad (accesos y recorridos), el estudio socioeconómico y de espacios libres de su entorno. Y, por otro lado, su visión municipal y no territorial (Ver metodología 3C, que propone el análisis del río en tres escalas: Cuenca, Ciudad y Cauce. Carcaño,2021). El agua no entiende de fronteras municipales y la mirada siempre tiene que ser desde la cuenca del río (M.Marsh, W,1985).

El proyecto del Parque Fluvial del Ripoll es un proyecto en construcción, inacabado y cuando deambulas por él aun se observan algunas deficiencias, como su falta de jerarquización en sus caminos, la omisión de unas puertas que te permitan el acceso a él, la correcta conexión del río con la ciudad, una falta de continuidad de elementos que te permitan entrelazar los distintos espacios del parque, entre otras.

Un intento de abordar el proyecto inacabado del Parque Fluvial del Ripoll fue en el 2019 cuando se redactó un programa de actuaciones 2025 para el parque fluvial del Ripoll que recogía una estrategia con una visión para el 2030, una agenda y un programa de acciones definidas para el período 2019-2025. En este programa se proponía una estrategia que respondía a tres líneas de actuación que se entrecruzaban una con la otra: naturaleza, accesibilidad y actividad. La primera, la naturaleza, entendía el Ripoll como un espacio verde que ha de penetrar la ciudad, y como una reserva ambiental abierta que requiere de una especial protección. La segunda línea, la accesibilidad, se focalizaba en resolver de forma rápida y sin barreras la accesibilidad al conjunto del parque fluvial. Y la tercera línea, la actividad, la vinculaba con la mejor localización estratégica para las industrias del conocimiento, proponiendo una reducción y reconversión del tejido industrial hacia industrias creativas y del conocimiento. Este programa se paralizó con el cambio de gobierno municipal, y con ello, se hipotecó el avance del proyecto inacabado del parque periurbano del río Ripoll.

El río Ripoll necesita su atención. Si bien con el Proyecto del Parque Fluvial se consiguió paralizar su deterioro y su descontaminación, al no llevar a cabo actuaciones en él desde principios del 2000, y convertirse en un proyecto inacabado, puede derivar a un nuevo deterioro y abandono del río.

6. Bibliografía

AYUNTAMIENTO DE SABADELL (1986). L'ordenació del Ripoll a Sabadell. Història urbana i medi ambient. Direcció General del Medio Ambiente del MOPU, Diputació de Barcelona, Generalitat de Catalunya.

AYUNTAMIENTO DE SABADELL. Parque Fluvial del Ripoll, informe emitido por parte del área de Territorio y Medio ambiente del Ayuntamiento de Sabadell.

AYUNTAMIENTO DE SABADELL (2019). Programa de actuaciones 2025. Parque Ripoll de Sabadell.

AYUNTAMIENTO DE SABADELL. Documentación de los edificios, las construcciones y los elementos de interés arqueológico, arquitectónico, cultural, social, técnico e industrial del ámbito del río Ripoll a Sabadell. 1997-1998-1999.

BATLLE DURANY, E (2002). El jardín de la metrópoli. Del paisaje romántico al espacio libre para una ciudad sostenible. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona (ETSAB), Universidad Politécnica de Cataluña.

CARCAÑO, C (2021). El jardín de los terrenos del agua. Caso de estudio: Conurbaciones de Sabadell y Terrassa. Casos de contraste: Nueva Delhi, Málaga, Londres. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona (ETSAB), Universidad Politécnica de Cataluña.

DRAMSTAD, W. E., OLSON, J. D. y FORMAN, R.T.T. (1996) Landscape Ecology Principles in Landscape Architecture and Land-Use Planning. Washington: Harvard University Graduate School of Design, Island Press and the American Society of Landscape Architects

MCHARG, I. (1969). Design with nature. Garden City, N.Y: American Museum of Natural History by the Natural History Press,

M.MARSH, W. (1983, 5ª edición 2010). Landscape planning, environmental applications.

PUIG, J (1991). El procés de formació de la ciutat de Sabadell. Ayuntamiento de Sabadell

RAMON, D, et.al (2012). La riuada del 1962. Vallesos,3

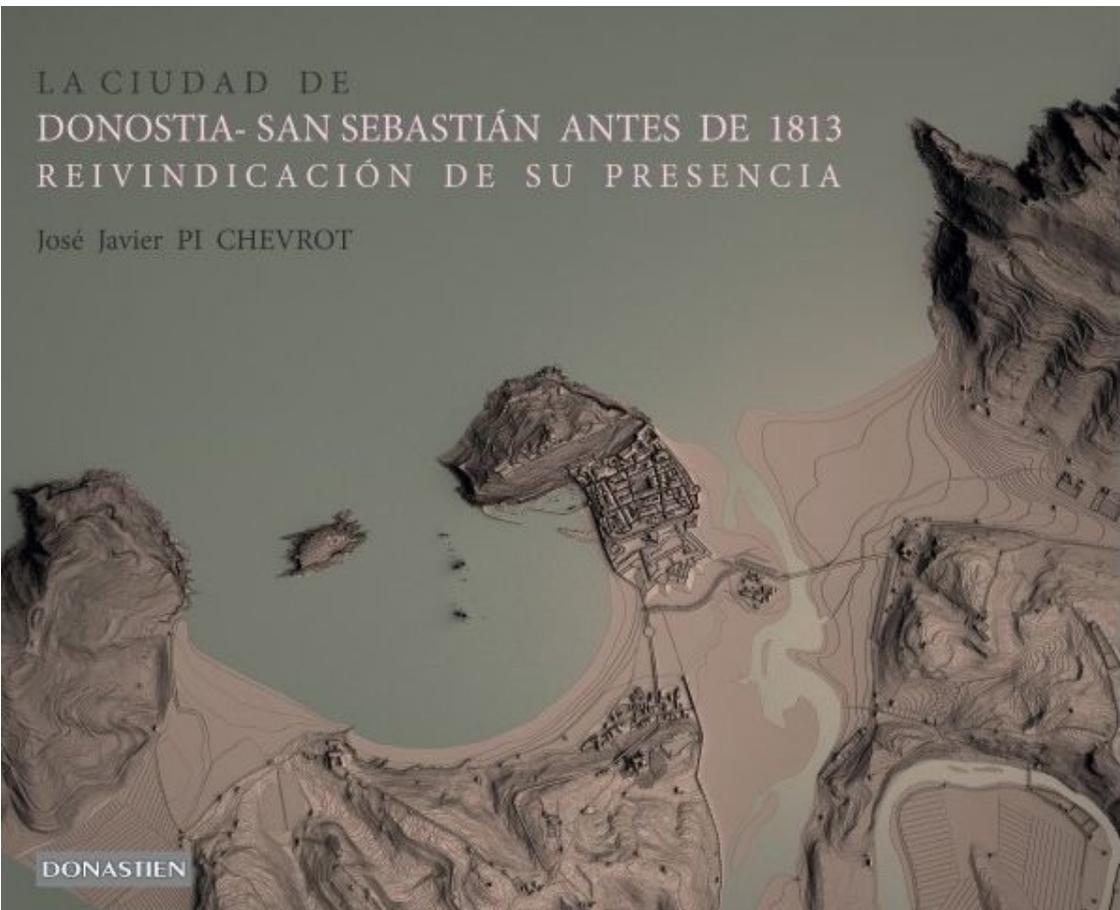
SABATÉ, J., PESOA,M., ORDUÑA,PM et.al. (2014). *Paisajes culturales del agua. Identidades 5. ISSN 2014-0614.*

SECCHI,B., VIGANO,P. Estudio del río Ripoll. http://www.secchi-vigano.eu/atS08/at%20S08_barcelona.html

VIDAL, p (1999), El projecte del Parc fluvial del Ripoll. Sabadell. Monogràfic Volumen 13, pp.91-116

DOI: 10.5821/qru.11894

Carne Carcaño Zapata
Departamento de Urbanismo y Ordenación del Territorio (DUOT)
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)
ccarcanobcn@gmail.com

A topographic map of Donostia-San Sebastián, showing the city's layout, the bay, and the surrounding hills. The map is rendered in shades of brown and tan, with contour lines indicating elevation. The city is situated on a peninsula, with the bay to its west and the hills to its east and south. The map is partially obscured by the text and the author's name.

LA CIUDAD DE
DONOSTIA- SAN SEBASTIÁN ANTES DE 1813
REIVINDICACIÓN DE SU PRESENCIA

José Javier PI CHEVROT

DONASTIEN

RESEÑA LA CIUDAD DE DONOSTIA-SAN SEBASTIÁN ANTES DE 1813: REIVINDICACIÓN DE SU PRESENCIA, Javier Pi Chevrot

Madalen Gonzalez Bereziartua

Esta reciente publicación, de principios de 2022, recoge el trabajo de investigación llevado a cabo por Javier Pi Chevrot, bajo la dirección del profesor Ángel Martín Ramos, que dio lugar a la tesis doctoral defendida en noviembre de 2019 bajo el título de “La ciudad de Donostia-San Sebastián antes de 1813: reivindicación de su presencia”. Su publicación en formato de libro físico, robusto y contundente tanto en su aspecto exterior (cuidadísima edición) como en su contenido, supone una muy buena noticia tanto para los interesados en la historia urbana como para los amantes de esta ciudad.

En el prólogo firmado por la profesora Donatella Calabi, autora de referencia de numerosos tratados de historia urbana, ya se señala el habitual reto que supone la redacción de tratados de historia urbana que se ocupan de centros históricos europeos, por las modificaciones sufridas por las tramas urbanas como consecuencia de la superposición de intervenciones a lo largo del tiempo. Se trata, como señala Calabi, de un reto de reconstrucción de la “ciudad perdida” a través de huellas sólo parciales. Sin embargo, la particularidad que presenta San Sebastián en dicho marco es que el gran incendio que arrasó su centro histórico en 1813 destruyó, también, gran parte de la documentación que la describía.

El proceder del autor se basa en aunar la gran variedad de documentos gráficos y escritos que describen la ciudad, de muy variada índole y procedencia, en una reconstrucción digital tridimensional que permite, sobre diversas hipótesis, reconstruir la ciudad del pasado. Se trata, como no podía ser de otra manera, de una interpretación, en la medida en que lo son todas las imágenes de las ciudades del pasado.

Tras un primer apartado que recoge las bases de la investigación llevada a cabo (fuentes, metodología, antecedentes, ejemplos de reconstrucción de ciudades del pasado...), el libro se estructura en seis extensos capítulos, ampliamente documentados e ilustrados, en los que se va trazando de manera minuciosa la reconstrucción de la ciudad previa a 1813.

En la Invención de la ciudad, que arranca con el análisis de las características que presentaba aquel territorio desde la fundación de la villa y el modo en que condicionó su origen, se recorren los principales hitos urbanísticos que conformaron la ciudad hasta el siglo XVIII, con atención a las hipótesis sobre los asentamientos primigenios, a su fundación como villa, a la evolución de sus fortificaciones o a la tipología y morfología de su trama urbana medieval,

ilustrados todos ellos con amplio material gráfico tanto histórico como de nuevo cuño. El capítulo incluye, asimismo, una valoración sobre las dispares interpretaciones existentes sobre la realidad urbana anterior a 1813, cuyo principal referente había sido hasta la fecha el documento descriptivo realizado por Pedro Manuel Ugartemendia sobre el estado en que se hallaba la ciudad antes del incendio, que presentó, por encargo del Ayuntamiento, junto a su proyecto de reconstrucción de la ciudad. El proyecto de reconstrucción de la ciudad es, precisamente, el punto de arranque de la mayoría de trabajos dedicados a la ciudad, con un evidente descuido sobre la configuración que ésta tenía con anterioridad a 1813 y donde reside, entre otras cuestiones, la importancia del trabajo de Pi Chevrot.

En la Ciudad Intramuros I y II se profundiza en la descripción y representación de los principales elementos arquitectónicos y espacios urbanos que conforman o conformaban el centro histórico de la ciudad medieval, tales como basílicas, conventos, iglesias, casa principales, portales, plazas, fuentes y calles. El detalle y rigor de esta labor, que tiene como hilo conductor y herramienta de contraste y comprobación la construcción en formato CAD de tres dimensiones de cada uno de los elementos, dota al trabajo de una relevancia innegable.

El quinto capítulo está reservado íntegramente a la descripción de la Plaza Nueva y la Casa Concejal y Consular proyectados por Hércules Torelli. La que actualmente se conoce como plaza de la Constitución, situada en el centro del casco histórico y reconstruida, como la mayor parte de la trama urbana actual, con similitud a la trama anterior al incendio, ocupa un lugar de especial relevancia en el trabajo por tratarse, en palabras del autor, del acontecimiento más importante de la ciudad después de su fundación como villa en el siglo XII. Se trata de una operación urbanística sin parangón, realizada a comienzos del siglo XVIII, en que la ciudad toma la iniciativa de crear una plaza nueva para uso exclusivo de sus habitantes y que albergara la nueva Casa Consistorial y Consular, al servicio de la burguesía comerciante.

Tras el estudio de la ciudad interior, en la Ciudad Extramuros se aborda la reconstrucción de los elementos y núcleos urbanos que conformaban la ciudad más allá de las murallas, como el Castillo de la Mota, el puerto, conventos, hospitales, traídas de agua o barrios como los de Loyola, La Antigua, Egia, Zubieta o San Martín. El capítulo se nutre de una considerable cantidad de documentos históricos que permiten reconstruir, con el mismo nivel de rigor que el empleado en la ciudad intramuros, el entorno geográfico y urbano de la ciudad.

Por último y a modo de epílogo, el autor destina el séptimo capítulo a la vida y obra del ya mencionado arquitecto e ingeniero Hércules Torelli, con el objetivo de reivindicar la figura del creador de la Plaza Nueva y el edificio Consistorial y Consular que la presidía.

El trabajo de Javier Pi Chevrot, además de ser un documento de innegable interés y valor para cualquier estudioso e interesado en la historia urbana, subraya la importancia que tiene el conocimiento profundo del pasado de la ciudad como recurso actual de gran utilidad y el papel de la representación espacial tridimensional como metodología de trabajo y aportación de un nuevo imaginario.