

Universidad Pública de Navarra

Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS AGRONOMOS**

*NEKAZARITZAKO INGENIARIEN
GOI MAILAKO ESKOLA TEKNIKO*

**ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CARBONO FIJADO EN EL PARQUE
FLUVIAL DE LA COMARCA DE PAMPLONA MEDIANTE HERRAMIENTAS
LiDAR**

presentado por

CAROLINA RODRÍGUEZ GARRAUS

Director:

Dr. Jesús Álvarez Mozos

MÁSTER EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y TELEDETECCIÓN
MASTERRA INFORMAZIO SISTEMA GEOGRAFIKOETAN ETA TELEDETEKZIOAN

Septiembre, 2016



Agradecimientos,

En primer lugar, quiero dar las gracias a mi director de proyecto, Jesús, por su trabajo, su tiempo y su paciencia cada vez que me presentaba en su despacho, siempre con problemas que resolver.

Gracias a mi tutora de prácticas en la Mancomunidad de Pamplona, Beatriz, y a Sandra, por sus ánimos, por hacerme los días más amenos con sus charlas, por las visitas a las que me han llevado, y por darme la oportunidad de trabajar con ellas. Mil gracias a Stela, la mejor guarda del Parque Fluvial, que me ayudó muchísimo con el trabajo de campo y descubrí rincones del Parque con mucho encanto.

Debo agradecer también al resto de profesores del Master en Sistemas de Información Geográfica y Teledetección, por su dedicación durante el curso, ya que he sabido resolver numerosos problemas que me han surgido a la hora de la realización del proyecto, y por su ayuda durante este verano, que por medio de numerosos correos han podido echarme un cable siempre que lo he necesitado.

A mis compañeros del máster, porque las penurias que hemos sufrido con los mil quinientos un software que hemos intentado aprender a utilizar, las prácticas que no había por dónde cogerlas, las “queridas” y “amadas” programación y geoestadística, los fines de semana encerrados en la biblioteca, sin ellos no habría sido lo mismo.

Finalmente, como cada vez que llegan épocas de entregas de trabajos, de exámenes y de mucho estrés, tengo que hacer muchos monumentos. Uno a mis padres y hermana, por soportarme en casa, animarme en todo momento y para que hiciera el máster. Por apoyarme en todas las decisiones que he ido tomando. Otro a mis amigos, mi “Equipo Corrupción”, porque, aunque no tenían ni idea de lo que les estaba hablando y todo les sonaba a chino, han sabido animarme como lo hacen siempre, estuvieran en Zaragoza, en Dublín, en Valencia, en Oviedo o en Pamplona. Y el último va para mi novio, Cristian, porque, aunque no se acuerda nunca del nombre del máster, su apoyo ha sido sin duda esencial y ha sabido aguantar mi mal carácter y mis agobios como nadie.

A pesar de que la realización de un proyecto es algo que uno debe hacer sólo, sin el apoyo de todas estas personas, y en general toda la gente que te rodea, es imposible.

“El fracaso es una gran oportunidad para empezar otra vez con más inteligencia” (Henry Ford)

*Carolina Rodríguez
Pamplona, septiembre 2016*

RESUMEN

Con este trabajo fin de máster se pretende estimar la biomasa forestal del Parque Fluvial de la Comarca de Pamplona (Navarra, España) a partir de información LiDAR, con el objetivo de calcular la fijación de CO₂. Para ello se dispone de un vuelo LiDAR realizado en el año 2011 y un inventario de campo de agosto de 2016. En primer lugar, se estimó la biomasa en campo mediante ecuaciones alométricas para, posteriormente, construir modelos de regresión lineal múltiple y simple, que permitieran estimar con precisión dicha biomasa utilizando como variables predictivas diferentes parámetros LiDAR. Por otra parte, se realizó una clasificación del Parque en base la altura de cubierta estimada por LiDAR. El modelo que mejor relacionó la biomasa con los parámetros LiDAR utilizó distintas variables de alturas (R^2 : 0.82), luego se aplicó a toda la extensión del Parque obteniendo un valor de biomasa estimado de 19379 toneladas, lo que supone una fijación total de 35560.5 toneladas de CO₂. De este trabajo se puede concluir que el LiDAR es una herramienta útil para estimar biomasa y la fijación de CO₂ de masas forestales.

Palabras clave: LiDAR, biomasa, fijación de CO₂, ecuaciones alométricas, modelos de regresión

ABSTRACT

This work aims to estimate forest biomass in the River Park of the “Comarca of Pamplona” (Navarra, Spain) from LiDAR information, in order to calculate the CO₂ sequestration. To this end, it comprised a LiDAR flight acquired in 2011, and a field inventory carried out in August 2016. First, the field biomass was estimated by allometric equations, to then build linear regression models, both multiple and simple, to enable the estimation of biomass based on different LiDAR features. Moreover, a classification of the Park according to canopy height data obtained from LiDAR was held. The model that best related biomass with some of the LiDAR features (R^2 : 0.82) was applied to the full extent of the Park obtaining a total biomass value of 19379 tones, representing a total sink of 35560.5 tons of CO₂. This work can conclude that the LiDAR is useful for estimating biomass and CO₂ sequestration in forests.

Keywords: LiDAR, biomass, CO₂ fixation, allometric equations, regression models

ÍNDICE

Resumen.....	4
Abstract.....	5
Índice.....	6
Índice de figuras.....	8
Índice de tablas.....	9
1. Justificación del trabajo.....	11
2. Antecedentes.....	12
2.1. Cambio climático, emisiones de GEI y sumideros de carbono.....	12
2.2. Huella de carbono.....	13
2.3. Metodologías para estimar el carbono almacenado en bosques.....	13
2.4. Estimación de carbono en bosques urbanos.....	14
2.5. Tecnología lidar.....	15
2.5.1. Componentes del sistema LiDAR aerotransportado.....	15
2.5.2. Procesamiento de datos.....	16
2.5.3. Aplicaciones del LiDAR.....	16
3. Objetivo y justificación.....	18
4. Materiales y metodología.....	19
4.1. Área de estudio.....	19
4.2. Datos de campo.....	22
4.2.1. Proporcionados por la MCP.....	22
4.2.2. Recogidos en campo.....	25
4.3. Datos vectoriales.....	29
4.4. Datos LiDAR.....	30
4.4.1. Formato de datos.....	30
4.4.2. Diseño del vuelo LiDAR.....	30
4.4.3. Descripción de los datos LiDAR.....	31
4.5. Herramientas de análisis.....	32
4.5.1. ArcGIS 10 (ArcMap).....	32
4.5.2. LASTask Tools Visualizador.....	32
4.5.3. LASTools.....	32
4.5.4. SPYDER.....	32
4.6. Metodología.....	32
4.6.1. Procesado de los datos LiDAR.....	32

4.6.2.	Estimación de la biomasa mediante inventario de campo (modelo alométrico)	35
4.6.3.	Simulación de la biomasa en el año 2011	37
4.6.4.	Extracción de datos para el modelo de regresión	38
4.6.5.	Análisis de regresión	38
4.6.6.	Fijación de CO ₂	39
4.6.7.	Clasificación mediante datos LiDAR	39
5.	Resultados	41
5.1.	Análisis descriptivo de los parámetros LiDAR	41
5.2.	Estimación de biomasa	49
5.2.1.	Estimación de biomasa mediante el modelo alométrico	49
5.2.2.	Análisis de regresión	50
5.2.3.	Mapa de biomasa	54
5.3.	Fijación de CO ₂	56
5.4.	Clasificación mediante datos LiDAR	56
6.	Discusión	59
7.	Conclusiones y desarrollos futuros	61
	Bibliografía	61
	ANEXO 1: Base de datos con los datos de campo del Parque Fluvial de la comarca de pamplona..	67
	ANEXO 2: Atributos de la capa shape de los recintos del Parque Fluvial (ejemplo de un recinto)	114
	ANEXO 3: Inventario de campo completo	115
	ANEXO 4: Cálculo de la biomasa en el año 2011 (simulación de crecimiento)	130
	ANEXO 5: Localización de las parcelas circulares	137
	ANEXO 6: Mapa de biomasa completo	140
	ANEXO 7: Mapa de zonificación del Parque Fluvial realizado con el inventario de 2013	143
	ANEXO 8: Mapa de clasificación por alturas del Parque Fluvial	146

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Histórico de los servicios públicos prestados por la MCP (Fuente: MCP)	11
Figura 2. Vista del río Arga a su paso por el Parque Fluvial (Fuente: MCP)	19
Figura 3. Mapa de localización del Parque Fluvial de la Comarca de Pamplona (Fuente: IDENA, elaboración propia)	20
Figura 4. Plano del Parque Fluvial, incluyendo el Parque Fluvial de la Comarca y el Paseo Fluvial de Pamplona (Fuente: MCP)	21
Figura 5. Fotografías de los distintos grupos de vegetación presentes en el Parque Fluvial (Fuente: MCP y Basarteá)	24
Figura 6. Detalle de localización de las parcelas circulares del Inventario de campo	26
Figura 7. Fotografías de los distintos grupos de las parcelas del Inventario de campo (Fuente: Elaboración propia)	28
Figura 8. Descripción gráfica de la herramienta “lascanopy” de LASTools.....	34
Figura 9. Representación gráfica de los parámetros LiDAR en una zona del municipio de Barañáin (Escala, 1:5000)	46
Figura 10. Histogramas de los parámetros LiDAR	48
Figura 11. Representación de la biomasa predicha frente a la biomasa real en kg/m ² al aplicar los 9 modelos de regresión.....	54
Figura 12. Frecuencia de distribución de la Biomasa (kg/m ²) del Parque Fluvial (Eje vertical: Valores de frecuencia de distribución, Eje horizontal: Valores de biomasa en kg/m ²)	55
Figura 13. Detalle del mapa de biomasa de la zona de Barañáin.	55
Figura 14. Detalle de la Clasificación por alturas junto con la Zonificación propuesta por Basarteá de la zona de Barañáin	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de los parámetros medidos de las parcelas inventariadas.....	27
Tabla 2. Resumen de la equivalencia entre subclases con los datos del Inventario de 2013 y las subclases con la capa shape de IDENA (Fuente: elaboración propia).....	30
Tabla 3. Diseño del vuelo LiDAR (Fuente: TRACASA)	31
Tabla 4 . Parámetros LiDAR calculados con el software LASTools	34
Tabla 5 . Valor de los parámetros de la función (a y b), error estándar de la estimación (SEE) para cada especie (Fuente: Montero et al., 2005), y cálculos del coeficiente de corrección (CF) y A (Fuente: elaboración propia) para la estimación de la biomasa	35
Tabla 6 . Equivalencia de las especies presentes en el parque fluvial con la especie escogida para aplicar el modelo alométrico con los parámetros de la tabla 5 (Fuente: elaboración propia).....	36
Tabla 7. Resumen de cálculos de biomasa de cada parcela de manera esquemática.....	37
Tabla 8. Valores de crecimiento por zonas de gestión de la Zona Media y Ribera de Navarra (Fuente: Plan General Comarca Zona Media y Ribera, 2015).....	37
Tabla 9. Valores de densidad de la madera de las principales especies forestales del Parque Fluvial (Fuente: Vignote Peña, S., 20014.).....	38
Tabla 10. Clasificación del ráster de altura máxima.....	40
Tabla 11. Valores de las estadísticas básicas de los parámetros LiDAR.....	41
Tabla 12. Matriz de correlación entre todos los parámetros LiDAR (Inventario de campo)	49
Tabla 13. Valores de biomasa (kg/m ²) estimada en el año 2016 y simulada en el 2011.....	50
Tabla 14. Matriz de correlación entre todos los parámetros LiDAR con la biomasa (Inventario de campo).....	50
Tabla 15. Ecuaciones de regresión de los modelos de regresión junto con coeficiente de regresión (R ²) así como el error absoluto y el error típico expresados en kg/m ²	52
Tabla 16. Existencias totales de biomasa (t), carbono (t) y toneladas de CO ₂ del Parque Fluvial de la Comarca de Pamplona	56
Tabla 17. Valores de R ² para diferentes modelos de estimación de biomasa utilizando distintos parámetros LiDAR	60

1. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

La Mancomunidad de la Comarca de Pamplona (a partir de ahora MCP), que se constituyó en el año 1982, es una entidad local constituida de forma voluntaria por 50 ayuntamientos de la Comarca de Pamplona, incluida la propia Pamplona, que abarca una extensión de 1201 km² y ha venido asumiendo los siguientes Servicios Públicos: Ciclo Integral del Agua, Recogida y Tratamiento de Residuos, Transporte Urbano Comarcal, Taxi y Parque Fluvial (Figura 1).



Figura 1. Histórico de los servicios públicos prestados por la MCP (Fuente: MCP)

Desde el año 2013 calcula tanto el Balance Energético como la determinación de la Huella de Carbono (ver Apartado 2.2), información necesaria para establecer políticas de eficiencia energética y sostenibilidad y para encaminar su posición en cuanto a la lucha contra el Cambio Climático y Sostenibilidad Medioambiental a escala local.

Sin embargo, a lo largo de estos años se han encontrado un déficit en cuanto al cálculo de la compensación o absorción de dióxido de carbono (a partir de ahora CO₂), a cargo, por ejemplo, de los sumideros de carbono (ver apartado 2.1). Por ello, se planteó la necesidad de realizar una investigación sobre la utilidad de las tecnologías de información geográfica y de teledetección para el cálculo de la cantidad de CO₂ fijada. Esta investigación se propuso como tema de prácticas y Trabajo Fin de a la dirección del Master de Sistemas de Información Geográfica y Teledetección de la Universidad Pública de Navarra.

La propuesta de este trabajo consiste en estimar la fijación de CO₂ que realiza el parque fluvial de la Comarca, únicamente la parte perteneciente a la MCP, por medio de herramientas de teledetección.

2. ANTECEDENTES

2.1. CAMBIO CLIMÁTICO, EMISIONES DE GEI Y SUMIDEROS DE CARBONO

Según datos de la Comisión Europea la temperatura actual media del planeta ha aumentado 0,85°C desde el siglo XIX. Esto se debe principalmente a la gran cantidad de gases efecto invernadero (a partir de ahora GEI) que se expulsan diariamente a la atmósfera. Concretamente el GEI producido con una mayor frecuencia por las actividades humanas, ya sea a través de la quema de combustibles fósiles o el uso del suelo, es el dióxido de carbono (CO₂), y es responsable del 64% del calentamiento global (Ec.europa.eu, 2016).

Debido a la gran cantidad de GEI emitidos a la atmósfera, en 1997 se adoptó el Protocolo de Kyoto, un acuerdo internacional que compromete a sus Partes, mediante el establecimiento de objetivos de reducción de emisiones de GEI con respecto a las emisiones de 1990 (Change, 2016). Este protocolo, así como el Convenio Marco sobre el Cambio Climático y la Estrategia Forestal Española, permiten incluir los sumideros asociados con el crecimiento de la vegetación para compensar las emisiones de carbono, es decir, la incorporación de la fijación de CO₂, como un objetivo dentro de los criterios de gestión de los bosques (Rosenqvist *et al.*, 2003; Montero *et al.*, 2005).

Los sumideros de carbono son depósitos naturales o artificiales de carbono, que contribuyen a reducir la cantidad de CO₂ del aire y cuyo principal mecanismo de secuestro de carbono es la fotosíntesis (MAGRAMA, 2015).

Los bosques, que juegan un papel clave en el ciclo global del carbono (García *et al.*, 2010) se consideran sumideros de carbono, ya que, a través de la fotosíntesis, el carbono se acumula en la biomasa del ecosistema forestal, con lo que se reduce el contenido de carbono atmosférico. En general, los ecosistemas forestales representan aproximadamente el 72% del almacenamiento de carbono terrestre de la Tierra (Malhi *et al.*, 2002). El carbono se almacena en la biomasa, y una vez que ésta muere, puede pasar de nuevo a la atmósfera o puede seguir almacenado durante años formando parte de productos forestales o en el suelo (Ruiz-Peinado, 2014). Es por ello que la gestión forestal ha incluido la fijación de carbono como uno de los objetivos para contribuir al objetivo mitigador del Protocolo de Kyoto. Aunque los bosques no pueden fijar todo el carbono que se emite, tienen cierta capacidad de fijación y almacenamiento (Montero *et al.*, 2005). Según Dube *et al.*, 2016, los bosques son capaces de estabilizar las concentraciones de CO₂ atmosférico, mitigando de esta manera el Cambio Climático y el Calentamiento Global. Concretamente, Canadell & Raupach defendieron en 2008 que la acumulación de carbono en la biomasa y en el suelo puede contribuir a la mitigación del 30% de las emisiones anuales de CO₂ de origen antrópico.

La capacidad de los bosques para actuar como sumideros de carbono depende de muchos factores, como las características propias del tipo de vegetación del clima y del tipo de suelo en el que se encuentran, así como de las particularidades de la gestión aplicada. Por ejemplo la fijación media anual (t/ha y año) de *Populus sp.* con un crecimiento medio anual de 15-30 m³/ha se estima en 22-45, mientras que para la especie *Juglans regia*, con un crecimiento medio anual de 2-6 m³/ha se estima en 8-12 t/ha y año para la zona de Serrada, España (FEMP, 2012).

Los Acuerdos de Marrakech definen bosque como “la superficie mínima de tierras de entre 0,05 y 1,0 hectáreas (ha) con una cubierta de copas (o una densidad de población equivalente) que excede del 10 al 30% y con árboles que pueden alcanzar una altura mínima de entre 2 y 5 metros (m) a su madurez *in situ*”. Es una definición específica para cada país, es decir, cada Parte del Protocolo de Kioto tiene que elegir una cifra entre los umbrales que permite esta definición (MAGRAMA, 2016).

Según la FAO (2010) la definición de bosque es: “Tierra que se extiende por más de 0,5 hectáreas dotada de árboles de una altura superior a 5 metros, una cubierta de dosel superior al 10 por ciento, o de árboles capaces de alcanzar esta altura *in situ*”.

La definición de bosque adoptada por España comprende las tierras pobladas con especies forestales arbóreas como manifestación vegetal dominante que se ajusten a los siguientes parámetros (MAGRAMA, 2016):

- Fracción de cabida cubierta (FCC) → 20%
- Superficie mínima → 1 hectárea
- Altura mínima de los árboles maduros → 3 metros

Para cuantificar el papel mitigador del efecto invernadero de los bosques, uno de los primeros pasos es conocer las cantidades de carbono almacenadas en la biomasa de en los sistemas forestales, así como especificar en qué fracciones se encuentran almacenadas estas cantidades de carbono, y de esta manera cuantificar o estimar el carbono fijado por la masa arbórea (Ruiz-Peinado, 2014).

2.2. HUELLA DE CARBONO

En el año 2012 España asumió un compromiso para el cumplimiento del Protocolo de Kyoto de la limitación del crecimiento de las emisiones de GEI al 15% respecto al año base 1990 mediante el Plan de Ahorro y Eficiencia Energética 2008-2012, el cual ha evolucionado al Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020 (IDAE, 2016). En él, se indicó a las Comunidades Autónomas que debían elaborar estrategias con medidas para lograr dichos objetivos. Concretamente, el Gobierno de Navarra decidió elaborar la Estrategia frente al Cambio Climático de Navarra 2010-2020. Posteriormente la MCP ratificó su compromiso con el medioambiente y la sostenibilidad, tal y como se recoge en el Plan estratégico 2013-2016.

Dentro de las políticas para encaminar su posición en cuanto a la lucha contra el Cambio Climático y Sostenibilidad Medioambiental a escala local, la MCP determinó el balance energético de su actividad como punto de partida para establecer políticas de eficiencia energética y sostenibilidad, así como el desarrollo de la Cuantificación de Gases de Efecto Invernadero siguiendo las directrices marcadas en la norma UNE-EN ISO 14064: 2012.

La Huella de Carbono es el cálculo de emisiones de GEI, medido en toneladas o kilogramos de CO₂ equivalente. En el caso de la Huella de la MCP será el cálculo de las emisiones GEI que afectan al Calentamiento Global y que son originadas, directa e indirectamente, por la actividad de la MCP. (MCP, 2015)

El objetivo principal de calcular una Huella de Carbono es el establecimiento de medidas de reducción de las emisiones de GEI asociadas la organización, así como medidas de compensación, como es el caso de los sumideros de carbono. A pesar de que la MCP gestiona una superficie extensa del Parque Fluvial de la Comarca, que, según el informe del Balance Energético y la de la huella carbono de MCP/SCPSA de junio de 2015, cumple con las características necesarias para poder considerarse un sumidero de GEI, hasta el momento no se cuenta con inventario de sus especies arbóreas, por lo que no se han considerado las remociones en la cuantificación de Emisiones y Remociones de GEI.

2.3. METODOLOGÍAS PARA ESTIMAR EL CARBONO ALMACENADO EN BOSQUES

La cantidad de dióxido de carbono almacenado se puede estimar a partir de la cuantificación de la biomasa seca de una especie arbórea (Montero *et al.*, 2005). Según Kollmann (1959) la composición de la madera es similar tanto en diferentes especies leñosas, como dentro de un mismo árbol; aproximadamente, las maderas tienen un 50% de carbono. Por otra parte, el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático recomienda considerar este porcentaje en caso de no existir datos específicos.

La biomasa forestal se define como la masa de materia orgánica que existe en un determinado ecosistema forestal por encima y por debajo de la superficie del suelo. Existen numerosos métodos de estimación de biomasa (Montero *et al.*, 2005), tanto directa, como el método del árbol medio, el de corta o el método múltiple de muestreo; como de forma indirecta a partir de datos de inventario forestal, utilizando el método de factores de expansión de biomasa y mediante **ecuaciones de estimación de biomasa, o ecuaciones alométricas** (Ruiz-Peinado, 2013). Estos modelos estiman la cantidad de biomasa a nivel de árbol utilizando el diámetro normal (o diámetro a la altura del pecho, dbh) u otra variable dendrométrica, como la altura total, como variable independiente (Ruiz-Peinado, 2013; Ríos Saucedo *et al.*, 2016, Dube *et al.*, 2016).

Los métodos convencionales para estimar la biomasa están muchas veces limitados en términos espaciales y temporales, ya que utilizan técnicas destructivas y que requieren mucho tiempo (García *et al.*, 2010). Es por ello que se están desarrollando también otras técnicas que permiten estimar la biomasa y carbono existente en las masas forestales a partir de la teledetección y el empleo de observaciones desde satélites o aviones (radar, LiDAR...) (Ruiz-Peinado, 2013).

Según García *et al.*, 2010, la teledetección tiene un gran potencial para proporcionar información en un amplio rango de escalas temporales y espaciales sobre la estructura de la vegetación. Concretamente con el LiDAR (Light Detection And Ranging) se ha demostrado en numerosas ocasiones que es posible obtener estimaciones fiables de biomasa de una forma rápida y sencilla (e.g. Lefsky *et al.*, 1999b; Lefsky *et al.*, 2002; Lim & Treitz, 2004; Bortolot & Wynne, 2005; Popescu *et al.*, 2007; Cabrera *et al.*, 2015). Sin embargo, estas estimaciones se basan generalmente en métodos empíricos que requieren de datos de campo de apoyo, como inventarios forestales en los que previamente se ha estimado la biomasa a través de los métodos convencionales (e.g. Nelson *et al.*, 1988, Lefsky *et al.*, 1999a, Mchale *et al.*, 2009; García *et al.*, 2010).

Una vez determinado el peso de la biomasa seca mediante alguno de los métodos comentados anteriormente, mediante el dato de proporción de carbono existente en la madera para cada especie, se puede realizar el cálculo del peso de carbono fijado (Ruiz-Peinado, 2013). Sin embargo, hay numerosas ocasiones en las que no se dispone de este dato, por lo que se puede utilizar el valor recomendado de 0.5 (kg carbono/kg biomasa seca) (IPCC, 2003). Finalmente, a partir de la cantidad de carbono presente en la biomasa y mediante la proporción entre el peso de la molécula de CO₂ y el peso del átomo de C que la compone se halla la relación para obtener el contenido de CO₂ equivalente ($44/12 = 3.67$) (Montero *et al.*, 2005).

2.4. ESTIMACIÓN DE CARBONO EN BOSQUES URBANOS

El crecimiento de las ciudades, por otra parte, contribuye al calentamiento global y puede alterar en gran medida las dinámicas de carbono regionales (McHale *et al.*, 2009). Sin embargo, las áreas urbanas cuentan frecuentemente con masas de bosques urbanos que, al igual que los forestales, actúan como sumideros de carbono, aunque en menor medida, ya que generalmente los bosques urbanos almacenan en torno a la mitad de carbono que los bosques nativos. Con todo, la estimación de la biomasa en estos bosques ha recibido una creciente atención en los últimos años (Mariappan *et al.*, 2012; McHale *et al.*, 2009).

El problema es que aún existen muy pocos estudios de estimación de biomasa en bosques urbanos (Mariappan *et al.*, 2012), por lo que generalmente se utilizan modelos desarrollados con datos de campo de bosques forestales que se parezcan lo más posible a los bosques urbanos (e.g. McHale *et al.*, 2009; Mariappan *et al.*, 2012; Shrestha & Wynne, 2012; Singh *et al.*, 2015), obviamente esto conlleva cierto grado de incertidumbre.

2.5. TECNOLOGÍA LIDAR

LiDAR, por su acrónimo en inglés, significa *Light Detection And Ranging*, literalmente alcance y detección de la luz. Se trata de una técnica de teledetección que consiste en medir la retrodispersión de un pulso de radiación en el óptico (láser) para obtener la distancia de un objeto distante, midiendo el tiempo de retardo entre la emisión del pulso y la recepción del eco de retorno (Wehr & Lohr, 1999; Chuvieco, 2010).

Además del tiempo de retardo, se mide la intensidad del pulso de retorno, lo que proporciona una idea del tipo de reflexión/dispersión que ha sufrido el pulso láser y permite extraer información descriptiva del tipo de cubierta presente en las superficies observadas (Chuvieco, 2010; Holmgren & Persson, 2004).

Dependiendo de las características del objeto al que llega el pulso láser se pueden identificar 3 tipos de respuesta (Sánchez *et al.*, 2011):

- En una superficie sólida, como edificios o suelo, el pulso se refleja y vuelve al sensor.
- En el agua, el pulso láser es absorbido y no retorna, de tal manera que no se obtiene información.
- Cuando el pulso láser incide sobre una cubierta vegetal parte choca con las capas superiores de la misma, se refleja y vuelve al sensor, pero otra parte atraviesa la cubierta hasta llegar a capas inferiores, al suelo o a otro objeto. En este caso, el sistema guarda tanto el primer y último retorno, como todos los intermedios (dependiendo de la configuración del sensor).

Gracias a la capacidad multi-retorno se puede detectar la vegetación y su altura. El registro del primer retorno describe la parte más alta de la vegetación y el último se usa para conocer la superficie del suelo.

Los sensores LiDAR son sensores activos, que generalmente operan en la región del Infrarrojo cercano, a una longitud de onda de 1064 nm, aunque existen otros sensores, como los LiDAR atmosféricos que operan en la región de los ultravioletas para detectar distintos componentes gaseosos de la atmósfera.

Lo más frecuente es utilizar sensores aerotransportados, pero existen otras opciones como el LiDAR espacial o el LiDAR terrestre (TLS).

2.5.1. COMPONENTES DEL SISTEMA LIDAR AEROTRANSPORTADO

El sistema LiDAR aerotransportado (Airborne Laser Scanning-ALS) consiste en un sensor instalado en una plataforma móvil que emite pulsos láser mediante un barrido horizontal de la superficie reflectante y recoge los ecos o pulsos de retorno de los que calcula su intensidad y tiempo de retorno, obteniendo una nube de puntos del terreno de coordenadas precisas (García, 2009), ya que a cada tiempo de retorno le corresponde una distancia sensor-superficie y, por ende, una cota del terreno (Drake *et al.*, 2002).

Los componentes de un sistema LiDAR son los siguientes:

- Sensor láser: componente principal, ya que en él se encuentra la fuente de láser, el detector láser, el mecanismo de digitalización y el sistema electrónico para cronometrar pulsos y retornos.
- Sistema inercial de navegación (INS, IMU), que mide con gran precisión las variaciones en la orientación del avión debidas a turbulencias, pequeños giros e inclinaciones, de forma que se puedan compensar dichos movimientos (García, 2009).
- Receptor GPS, que permite posicionar en tiempo real al instrumento (García, 2009).
- Opcionalmente puede ir acompañados de una cámara digital (RGB o CIR)

A la hora de planificar un vuelo LiDAR hay que tener en cuenta numerosos parámetros, como la altura y la velocidad de vuelo, así como las características del sensor que se esté utilizando: resolución radiométrica, duración del pulso, longitud de onda del pulso, etc. Sin embargo, el parámetro clave del levantamiento LiDAR es la **densidad de puntos**, que se refiere al número de puntos por unidad de superficie y depende principalmente de la altura y la velocidad de vuelo, así como el grado de solape de las pasadas (Álvarez, 2016). No suele ser homogénea debido al patrón de escaneo del sensor y a las características de las cubiertas observadas.

La densidad de puntos condiciona la viabilidad del uso del LiDAR para distintas aplicaciones, en concreto para aplicaciones forestales se recomiendan densidades de puntos altas (Singh *et al.*, 2015).

2.5.2. PROCESAMIENTO DE DATOS

Una vez que se obtienen los datos provenientes del sensor laser, del sistema inercial de navegación y de los receptores GPS, se procesan los datos para obtener los puntos georreferenciados y construir la nube de puntos que, con la ayuda de distintas herramientas, se puede utilizar para generar diferentes productos de interés, como Modelos Digitales de Superficie (MDS) y Modelos Digitales del Terreno (MDT).

2.5.3. APLICACIONES DEL LIDAR

Los datos LiDAR se usan para una amplia variedad de aplicaciones y procesos de análisis, entre los que destacan:

- Cartografía
 - o Generación de MDT: curvas de nivel
 - o Delineación de carreteras
 - o Detección de elementos bajo la vegetación
 - o Actualización de la cartografía urbana
- Minería e ingeniería del terreno
 - o Movimientos de tierras
- Forestal
 - o Modelo Digital del Terreno (MDT)
 - o Altura de árboles
 - o Identificación de especies
 - o Estimación de la biomasa
- Hidrología
 - o Estudios de inundabilidad
 - o Modelos de inundaciones
- Emergencias
 - o Análisis de accidentes
 - o Desastres naturales

Sin embargo, uno de los campos donde mayor potencial está demostrando la tecnología LiDAR es en el ámbito forestal, gracias a la capacidad de dichos sistemas para generar densas nubes de puntos en tres dimensiones, proporcionando información horizontal y vertical con una alta resolución espacial y precisión. Dichas observaciones permiten estimar atributos forestales que no es posible obtener por otros medios (Lim *et al.*, 2003; Wang & Glenn, 2008), como por ejemplo la altura del dosel, la biomasa aérea, el área basimétrica, el diámetro medio del tronco, el volumen de la copa o la distribución vertical de la vegetación (Dubayah & Drake, 2000; Harding *et al.*, 2001; Lefsky *et al.*, 1999a; Naesset, 1997; Naesset & Bjercknes, 2001; Nelson *et al.*, 1984, Nelson *et al.*, 2003; Ritchie *et al.*, 1993).

Diversos autores han estimado, tanto la biomasa como la fijación de carbono, mediante herramientas LiDAR. Tal es el caso de García *et al.* (2010) que estimaron las reservas de carbono en la biomasa de un bosque de Guadalajara (España) utilizando datos LiDAR con una densidad de puntos de 1.5 puntos/m². García *et al.* (2010) exploraron varios modelos de estimación de biomasa basados en la altura LiDAR, concretamente en los percentiles de distribución de altura, en la intensidad o en la combinación de ambas. Por otra parte, Lefsky *et al.*, 2002, compararon la relación entre la estructura de las copas de los árboles medidas con herramientas LiDAR con las medidas en campo en bosques caducifolios de Oregón (EEUU) para estimar la cantidad de carbono almacenado en estos bosques. Para ello utilizaron un modelo de regresión lineal que relacionaba la raíz de la altura media de las copas con la biomasa. Más recientemente, Montagnoli *et al.* (2015) estimaron la biomasa con datos LiDAR con una densidad de puntos de 2 puntos /m² en un bosque latifoliado mixto en los Pre-Alpes Italianos, con un modelo de regresión basado en percentiles de distribución de altura (0%, 5%, 25%, 55%, 70%, 80%, 95% y 100%).

Existen algunos estudios que estiman la biomasa y la fijación de carbono utilizando datos LiDAR en bosques urbanos, aunque, como ya se ha comentado anteriormente, son más escasos que los estudios en bosques no urbanos. Por ejemplo, Mariappan *et al.* (2012) evaluaron los percentiles de altura medida con LiDAR, como parámetros para estimar la biomasa y cuantificar el contenido de carbono en masas tropicales de hoja perenne en una ciudad de la India. Giannico *et al.* (2016) también estimaron la biomasa, así como el volumen, en bosques urbanos de especies forestales frondosas utilizando datos LiDAR, con una densidad de 6 puntos /m². Evaluaron diferentes modelos para estimar la biomasa utilizando tanto los percentiles de altura de todos los primeros retornos, como los parámetros de una distribución de Weibull ajustada a todos los retornos excepto el primero. Por último, Singh *et al.* (2015) investigaron la influencia de la densidad de puntos LiDAR en el ajuste obtenido (mediante regresiones lineales múltiples) con la biomasa arbórea de una zona urbana de Carolina del Norte (EEUU), obteniendo buenos ajustes para densidades ente 6 y 2 puntos/m². Todos estos estudios se basan en el ajuste de modelos de regresión que relacionan diferentes parámetros LiDAR, principalmente relacionados con la altura (en algún caso puntual con la intensidad), con la biomasa medida en campo y demuestran la viabilidad de esta técnica para obtener estimaciones de biomasa con gran exactitud.

3. OBJETIVO Y JUSTIFICACIÓN

El objetivo general de este trabajo consiste en evaluar la viabilidad de las herramientas de teledetección LiDAR para estimar la biomasa y la cantidad de CO₂ fijada por las masas arbóreas existentes en el Parque Fluvial de la Comarca de Pamplona. Este objetivo se concreta en una serie de objetivos específicos, secuenciales, que se describen a continuación:

- Realizar un inventario de campo de biomasa arbórea para utilizarlo como referencia con la que contrastar las estimaciones a partir de LiDAR.
- Estimar la biomasa del Parque Fluvial empleando un modelo alométrico escogido según las características de la zona de estudio.
- Ajustar un modelo que permita estimar la biomasa arbórea a partir de parámetros LiDAR mediante técnicas de regresión.
- Extender el modelo ajustado a todo el parque Fluvial para obtener un mapa de biomasa arbórea del mismo.
- Cuantificar la biomasa arbórea total del Parque Fluvial y estimar la cantidad de CO₂ fijada.
- Clasificar el área de estudio en 4 clases mediante herramientas LiDAR y evaluar los datos LiDAR para zonificar el parque.

Como ya se ha comentado en el apartado 1, este trabajo se lleva a cabo para permitir a la MCP realizar un cálculo de secuestro de carbono y de esta manera conocer cuánto CO₂ de su huella de carbono es absorbido por las masas arbóreas. Dicha información puede resultar útil para elaborar el informe de huella de carbono anual de la MCP.

4. MATERIALES Y METODOLOGÍA

4.1. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra en la Comarca de Pamplona, en la Comunidad Foral de Navarra, situada al norte de España (Figura 3). Se trata de un parque fluvial (Figura 2), creado en el año 2003 que se extiende a lo largo de 35 km en una superficie de casi 220 hectáreas alrededor del río Arga y de sus principales afluentes, los ríos Ultzama y Elorz. Este espacio abarca terrenos pertenecientes a diez municipios de la comarca de Pamplona, que son: Barañáin, Burlada, Cendea de Olza, Egüés, Esteribar, Ezkabarte, Huarte, Villava, Pamplona y Zizur Mayor.

Es un parque ligado al agua y destinado al ocio, el deporte y la educación, que integra el urbanismo y ecología y devuelve los cursos fluviales y sus riberas a los habitantes de la Comarca.



Figura 2. Vista del río Arga a su paso por el Parque Fluvial (Fuente: MCP)

Las competencias de gestión del Parque Fluvial están actualmente compartidas entre el Ayuntamiento de Pamplona y la MCP, por lo que el parque queda dividido en dos zonas (Figura 4):

- el **Parque Fluvial de la Comarca**, que es responsabilidad de la MCP desde el 1 de enero de 2007.
- el **Paseo Fluvial de Pamplona**, responsabilidad del Ayuntamiento de Pamplona, por tanto, no se va a tener en cuenta en este trabajo para el cálculo de la fijación de CO₂.

La zona correspondiente al área de estudio de este trabajo es el Parque Fluvial de la Comarca. Se trata de un corredor verde de 26 kilómetros en las orillas de los ríos Arga, Ultzama y Elorz, que recorre de noreste a suroeste la Cuenca de Pamplona desde Sorauren e Irotz hasta Arazuri, atravesando los municipios de Esteribar, Huarte, Egüés, Ezcabarte, Villava, Burlada, Barañáin, Zizur Mayor y Cendea de Olza, que cubre una superficie total de **85.51 hectáreas**.

En las riberas de los ríos existen comunidades vegetales muy diferenciadas, así como numerosas especies animales directamente vinculadas al río. En cuanto a la flora, se puede diferenciar en 3 zonas. En los terrenos de aluvión al borde del agua se encuentran saucedas arbustivas, mientras que, en un nivel más alto respecto a la orilla, se desarrollan choperas y más alejadas, fuera del alcance de las aguas se sitúan las olmedas.

Las especies principales del parque, como: *Acer campestre*, *Acer pseudoplatanus*, *Alnus glutinosa*, *Fraxinus excelsior*, *Juglans regia*, *Platanus x hispánica*, *Populus alba*, *Populus nigra*, *Salix sp.* o *Ulmus minor* corresponden al grupo de las frondosas.

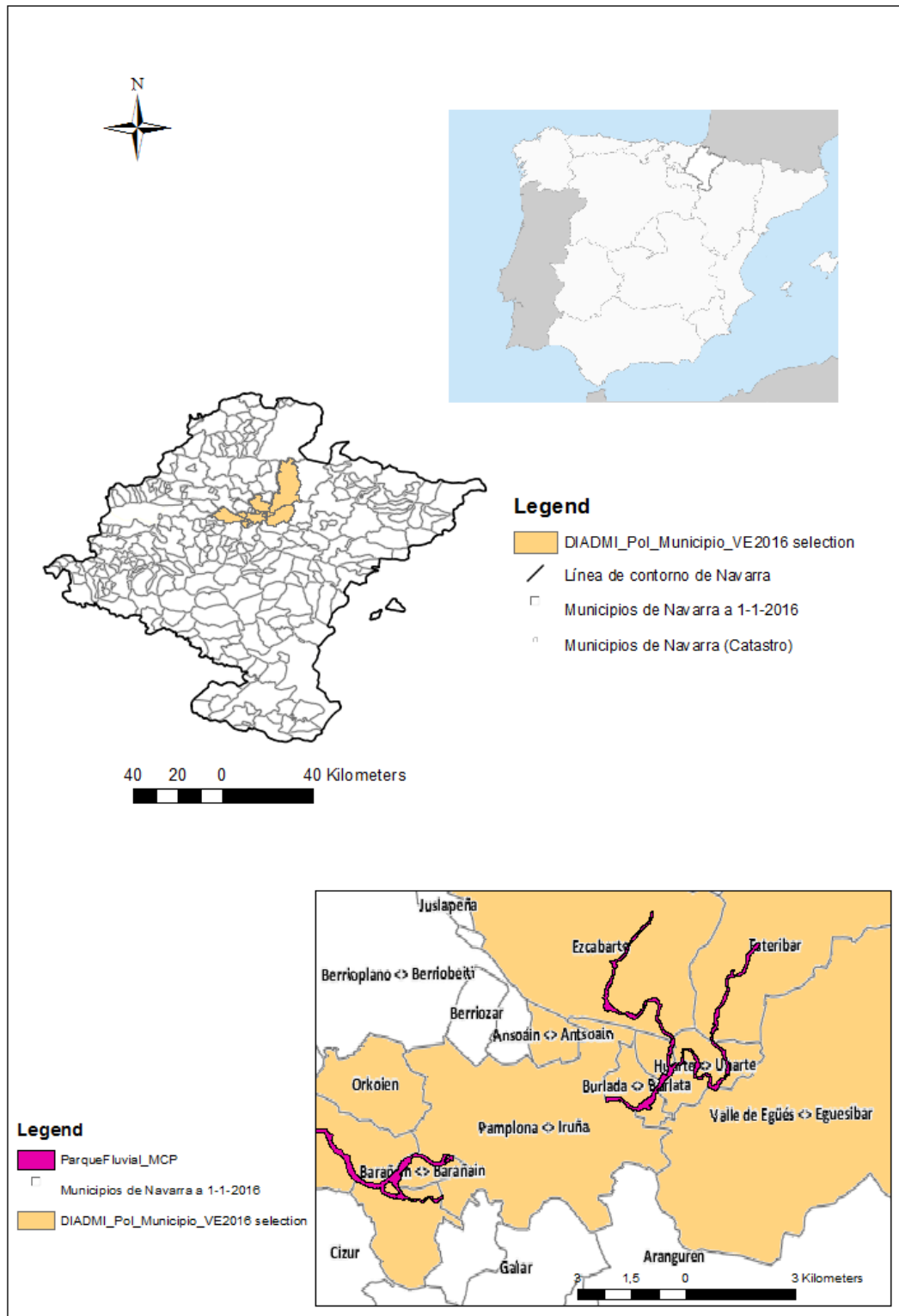


Figura 3. Mapa de localización del Parque Fluvial de la Comarca de Pamplona (Fuente: IDENA, elaboración propia)

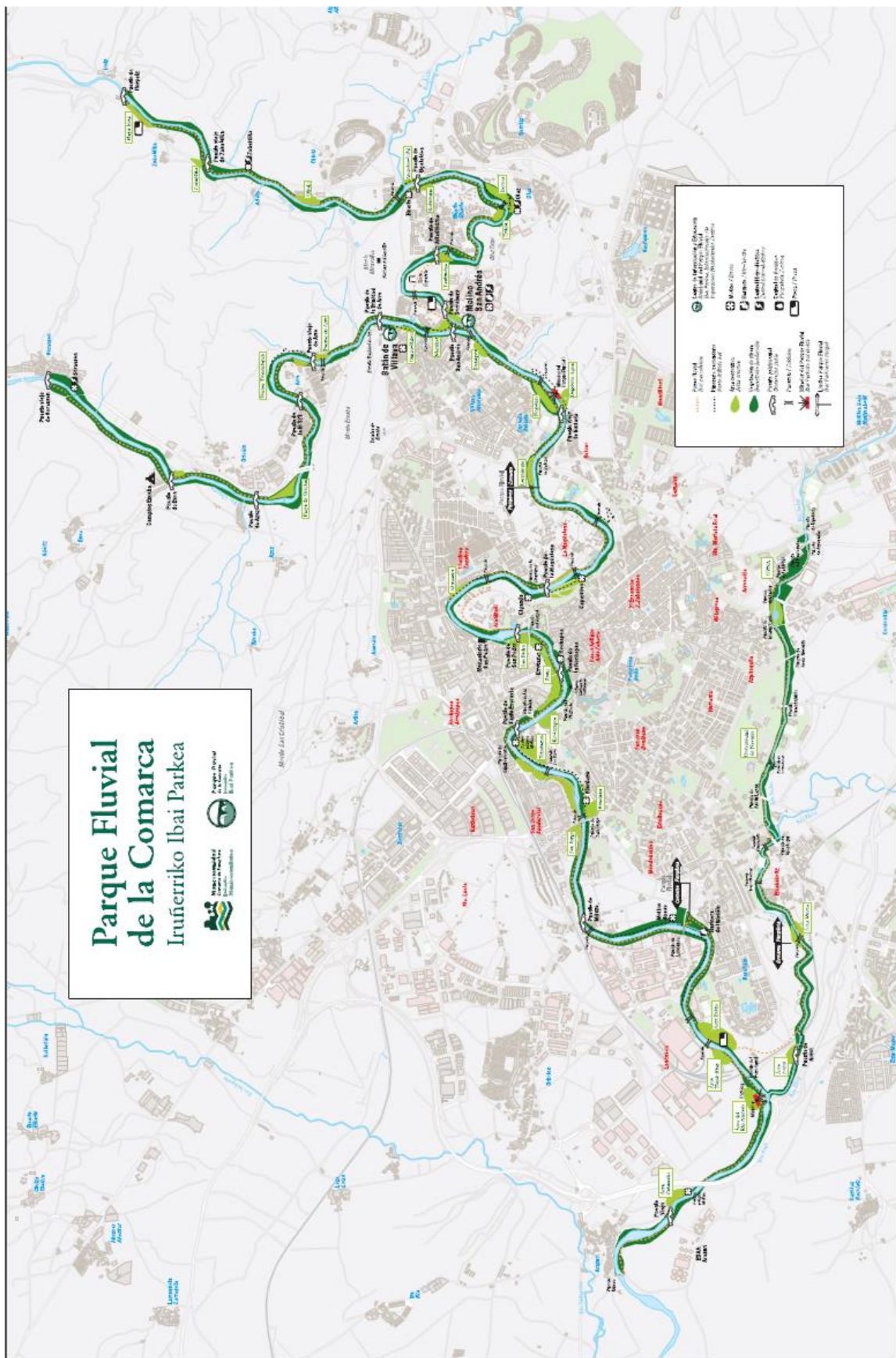


Figura 4. Plano del Parque Fluvial, incluyendo el Parque Fluvial de la Comarca y el Paseo Fluvial de Pamplona (Fuente: MCP)

4.2. DATOS DE CAMPO

Para la realización de este trabajo se disponen de datos de campo de dos fuentes diferentes. La primera, la propia MCP, la cual ya disponía de un estudio de zonificación del Parque; y la segunda, un inventario de campo, para el cual se tomaron datos durante el mes de agosto de 2016.

4.2.1. PROPORCIONADOS POR LA MCP

En el año 2013 el Departamento de Medio Ambiente de la MCP encargó a la empresa Basarte a el estudio de la zonificación del Parque Fluvial de la Comarca de Pamplona. Su objetivo fue realizar el estudio de la vegetación incluida en el ámbito de delimitación del Parque Fluvial de la Comarca de Pamplona para incrementar y profundizar el conocimiento del parque, desarrollar un soporte objetivo y documentado para la toma de decisiones sobre la gestión del parque y disponer de una herramienta para la planificación de las actividades de educación ambiental.

En primer lugar, se recopiló la siguiente información:

- Cartografía del Parque Fluvial de Mancomunidad
- Fotografía aérea de 1929
- Fotografía aérea de 1956-1957
- Ortofotografías de 2010, 2011 y 2012

A partir de las ortofotografías se realizó la fotointerpretación, a través de la cual se segregaron y clasificaron los diversos tipos de ocupación del terreno. Con esta información se realizó el trabajo de campo para la toma de datos sobre los parámetros forestales, identificando recintos de características homogéneas en cuanto al tipo de formaciones vegetales, naturalidad, grado de conservación, etc. La información recogida en campo se digitalizó para crear una base de datos de todos los parámetros con referencia a la cartografía existente.

En cuanto a la parte de vegetación, que es la que concierne a este trabajo, se sintetizó en cuatro grandes grupos:

1. **Bosques de ribera con valores especiales.** Son zonas cubiertas por vegetación de ribera que cuentan con un elevado grado de conservación de la vegetación autóctona y en las que no existen especies exóticas.

En este gran grupo se incluyeron las siguientes subcategorías

- 1.1. **Bosque maduro complejo.** Son bosques con grado de conservación alto, sin especies exóticas, con un arbolado adulto maduro, con vegetación mixta de especies y estructura heterogénea compleja.
 - 1.2. **Bosque maduro homogéneo.** Poseen un grado de conservación alto, tampoco tienen especies exóticas y cuentan con un arbolado adulto maduro, pero son de estructura homogénea o monoespecífica.
 - 1.3. **Bosque adulto.** Son bosques con grado de conservación alto y sin especies exóticas pero que cuentan con un arbolado adulto, aunque no de grandes dimensiones.
 - 1.4. **Bosque joven.** Formaciones con un grado de conservación alto, sin especies exóticas sin otras características destacables.
2. **Zonas ajardinadas.** Se corresponden con zonas intervenidas para favorecer el uso público y recreativo del parque
 - 2.1. **Parques.** Zonas creadas especialmente para el esparcimiento público en un uso más intensivo. Se corresponden con zonas de césped y árboles dispersos.

- 2.2. Vegetación de ribera artificializada.** Formaciones vegetales de origen natural en las que por su proximidad a zonas de parque se realizan labores de desbroce de la vegetación arbustiva.
 - 2.3. Plantaciones jóvenes.** Bosques de plantaciones jóvenes con diferentes especies ornamentales.
- 3. Zonas degradadas a mejorar.** Formaciones vegetales para las que se ha detectado la necesidad de actuaciones encaminadas a la conservación y mejora del bosque autóctono
 - 3.1. Control de especies exóticas invasoras.** Se han incluido las formaciones vegetales en las que existen especies exóticas invasoras en proceso de colonización.
 - 3.2. Restauración de cobertura vegetal.** Se trata fundamentalmente de rasos provenientes de antiguas huertas o taludes, zonas en transformación por obras, sobre las que sería conveniente implantar nueva vegetación. También se incluyen zonas de vegetación con arbolado senescente.
 - 3.3. Choperas.** Zonas pobladas por repoblaciones adultas de chopo, ya sean de producción o no en las que predomina el componente de la monoespecificidad.
- 4. Otros bosques de ribera.** Resto de vegetación que no se encuentra en ninguna de las tres anteriores
 - 4.1. Plantaciones lineales de plátano.** Son plantaciones lineales de plátano de sombra (*Platanus x hispanica*), normalmente en formación paralela al curso del río, sobre una o dos filas, compuestas casi únicamente por esta especie y generalmente con antiguas podas de formación a unos 3-4 metros de altura. En algunos casos, existe un abundante estrato arbustivo o árboles jóvenes acompañantes.
 - 4.2. Vegetación muy joven o arbustiva.** Se trata de zonas con vegetación muy joven que en algunos casos se presenta acompañada de pies adultos. La mayoría de los árboles de estas masas todavía están en pleno desarrollo y no suelen alcanzar alturas muy grandes.
 - 4.3. Vegetación biestratificada.** Se trata de zonas en las cuales se mezclan árboles adultos con un abundante estrato de vegetación joven, por lo que se pueden distinguir dos generaciones o estratos en la misma formación.
 - 4.4. Vegetación adulta.** Se trata de zonas con vegetación más desarrollada que en la categoría anterior. Es en general una vegetación más cerrada, con árboles de mayor desarrollo, tanto en diámetro como en altura.



Figura 5. Fotografías de los distintos grupos de vegetación presentes en el Parque Fluvial (Fuente: MCP y Basartea)

a) bosque de ribera con valores especiales, b) parque, c) vegetación de ribera artificializada, d) vegetación de plantaciones jóvenes, e) control de especies exóticas invasoras, f) restauración de cobertura vegetal, g) chopera, h) plantaciones lineales de plátano.

Dentro de estos grupos, se dividió toda la extensión del parque en recintos, de diferente superficie, según las especies vegetales existentes, en los que se tomaron datos de: diámetro medio estimado de las principales especies, nombres de las especies principales, altura media de la especie/s arbóreas más representativas, especies invasoras, obstáculos, etc. Todo ello queda recogido en el ANEXO 1.

Como se ha comentado en el apartado 2.1, para que un bosque sea considerado sumidero de carbono, éste tiene que cumplir una serie de características. Si se tiene en cuenta los datos recogidos en el ANEXO 1, se puede ver cómo la superficie total es muy superior al mínimo indicado por el MAGRAMA, que es 1 hectárea, ya que la superficie del Parque Fluvial de la Comarca consta de 85.51 hectáreas. Además, en todos los recintos la altura media es superior a los 3 metros mínimos que deben cumplir, y, por otra parte, también en todos los recintos se cumple el requisito de fracción de cabida cubierta (FCC), que debe ser superior al 20%. Por tanto, sin ninguna duda el Parque se puede considerar sumidero de carbono.

4.2.2. RECOGIDOS EN CAMPO

El inventario de campo se realizó en el mes de agosto de 2016, durante los días 3, 4 y 5. Consistió en el muestreo de un total de 12 parcelas circulares con un tamaño de 153.94 m² (7 m de radio). Al utilizar parcelas con geometría circular no se da preferencia de muestreo a ninguna dirección superficial sobre el terreno y se reduce la longitud del límite para distinguir que árboles entran o no en la parcela. Según Lefsky *et al.* (2002), Singh *et al.* (2015), Giannico *et al.* (2016), Montagnoli *et al.* (2015) es suficiente dividir la superficie de estudio en 10-20 parcelas circulares de entre 10-15 metros de radio y realizar las mediciones dentro de estas parcelas. Sin embargo, en este caso se ha decidido utilizar un radio menor, ya que la mayor parte del parque fluvial forma parte de la ribera de río, y son zonas estrechas en las que no resulta fácil delimitar parcelas de un radio mayor de 10 m.

Previo al inventario se delimitaron 20 parcelas circulares, elegidas por su representatividad del parque, 10 de ellas con un radio 10 m y otras 10 de 7m para elegir en campo aquellas a las que mejor se pudiera acceder. Tras evaluar estas 20 parcelas en campo se optó por escoger las de 7 m de radio. Las parcelas recogen la diversidad de tipos de estructuras forestales presentes dentro de la zona de estudio y además están bien distribuidas por toda la extensión. En dichas parcelas se midió el perímetro a la altura del pecho (para posteriormente obtener el valor del diámetro) de todos sus árboles con un diámetro a la altura del pecho (dbh) mayor de 10 cm, y además se registró la especie forestal de cada árbol inventariado.

Los criterios para delimitar las parcelas en gabinete fueron:

- Una o dos parcelas por subtipo de la clasificación del Inventario de 2013 (Bosques maduros, Otros Bosques, Vegetación adulta, Vegetación joven, Choperas, Plátanos y Vegetación de ribera artificial (apartado 4.3).
- Una o dos parcelas por municipio perteneciente al Parque (Ezcabarte, Villaba, Burlada, Cendea de Olza, Barañaín, Zizur Mayor, Huarte, Egüés y Esteribar).
- Parcelas representativas en cuanto a las especies principales del parque.
- Parcelas con árboles de diferentes alturas, por consiguiente, diferente biomasa.
- Zonas medianamente accesibles.

Sin embargo, a la hora de medir en campo, se hicieron algunas modificaciones en la localización de las parcelas, y se eligieron las zonas más representativas del parque según recomendaciones de los encargados de éste. La localización de estas parcelas en el Parque se puede observar en la figura siguiente:



Figura 6. Detalle de localización de las parcelas circulares del Inventario de campo

La superficie total inventariada asciende a 1847.26 m², mientras que la superficie de estudio es de 855100 m², por lo que la intensidad de muestreo es del 0.21%, valor dentro de las intensidades habitualmente aplicadas, que se sitúan del 0.1 al 1% (García *et al.*, 2010; Giannico *et al.*, 2016; Lefsky *et al.*, 1999a; Lefsky *et al.*, 1999b; Lefsky *et al.*, 2002; Mariappan *et al.*, 2012; McHale *et al.*, 2009; Montagnoli *et al.*, 2015; Singh *et al.*, 2015)

La localización del centro de cada parcela se realizó con una aplicación móvil (GPS Status), de tal forma que se obtuvieron las coordenadas de ese punto, siempre con un error inferior a 5m. Para poder georreferenciar de forma precisa el centro de la parcela, se tomaron puntos de control (carteles informativos, farolas, mobiliario urbano, etc.) y se midieron distancias del centro de la parcela a estos puntos de control, para, mediante trisección inversa determinar las coordenadas de forma más precisa.

Para delimitar el número de árboles dentro de cada parcela, se colocó una cinta métrica de 50 m en el punto de toma de coordenadas y se midieron 7 m en todas las direcciones marcando los árboles en los límites. Dentro de cada parcela (Figura 9) se midieron los perímetros de los pies presentes que superaran el diámetro de 10 cm a la altura del pecho, y también se anotaron las especies, así como el municipio en el que se encontraba la parcela y una breve descripción de la zona. En total se midieron 164 árboles. En la siguiente tabla se muestra un resumen del inventario de campo de estas parcelas, y en la Figura 7 se muestran fotografías de éstas:

Tabla 1. Resumen de los parámetros medidos de las parcelas inventariadas

Parcela	Localización	Nº total de árboles medidos	Principales especies	Diámetro medio (cm)
1	Barañaín: Área de Eulza)	28	Olmo, Fresno y Arce	19.32
2	Zizur Mayor (Puente de Ardoi)	4	Chopo	74.72
3	Zizur Mayor (Área Morea)	9	Fresno, Nogal y Cerezo	23.43
4	Cendea de Olza (área del río Alrevés)	21	Chopo y Olmo	24.35
5	Ezcabarte (Camino de Txindalapea)	12	Fresno y Olmo	23.22
6	Ezcabarte (Playa de Oricáin)	9	Chopo y Aliso	29.25
7	Sorauren	18	Aliso, Fresno, Arce y Chopo	25.12
8	Villaba (Molino de San Andrés)	9	Pino, Acacia y Chopo	44.89
9	Esteribar (Olloki)	14	Chopo y Aliso	39.30
10	Huarte (Área Berroa)	8	Chopo, Acacia y Sauce llorón	26.84
11	Huarte (Área Zokoa)	20	Chopo y Olmo	30.23
12	Huarte (Área Txubiondoa)	12	Sauco, Nogal, Ciruelo y Fresno	16.15

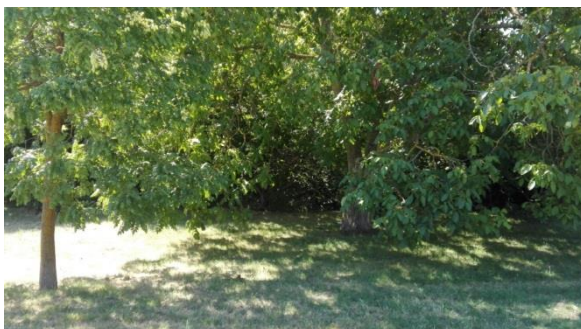
c



d



c



d





Figura 7. Fotografías de los distintos grupos de las parcelas del Inventario de campo (Fuente: Elaboración propia)

a) parcela 1, Área de Eulza (Barañaín), b) parcela 2, Puente de Ardoi (Zizur Mayor), c) parcela 3, Área Morea (Zizur Mayor), d) parcela 4, Área del río Alrêves (Zizur Mayor), e) parcela 5, Camino de la fuente de Txindalapea (Ezcabarte), f) parcela 6, Playa de Oricáin (Ezcabarte), g) parcela 7, ribera de río (Sorauren), h) parcela 8, Molino de San Andrés (Villaba), i) parcela 9, Olloki (Esteribar), j) parcela 10, Área Berroa (Huarte), k) parcela 11, Área Zokoa (Huarte), l) parcela 12, Área Txubiñdooa (Huarte).

Por último, ya en gabinete, se procedió a la localización exacta de los centros de las parcelas con las coordenadas obtenidas y los puntos de control y se delinearón las parcelas circulares correspondientes.

El inventario de campo completo queda recogido en el ANEXO 3, indicando las variables medidas de todas las parcelas, así como la localización de cada parcela, y además en el ANEXO 5 se muestra el plano completo del Parque Fluvial con las localizaciones de todas las parcelas circulares.

4.3. DATOS VECTORIALES

Además de la base de datos que se ha explicado en el apartado 4.2.1, existe una serie de capas vectoriales (shape) de interés publicadas en IDENA. La capa denominada “Zonificación de la vegetación del parque fluvial”, dentro del conjunto “MCP. Parque Fluvial” consta de la misma información que los datos de campo obtenidos en el estudio de vegetación. Sin embargo, a la hora de clasificar los diferentes recintos existen pequeñas diferencias en cuanto a su denominación.

Las categorías en las que se dividen los recintos son prácticamente las mismas que los datos de campo del Inventario de 2013. Estas son:

1. **Bosques de ribera con valores especiales**, que se corresponde con la clase “Bosques de ribera con valores especiales” del estudio de zonificación anterior.
 - 1.1. **Bosques maduros**, que incluye las subclases “Bosque maduro complejo” y “Bosque maduro homogéneo”, del estudio de zonificación.
 - 1.2. **Otros bosques**, que incluye las subclases “Bosque adulto” y “Bosque joven”.
2. **Otros bosques de ribera**, correspondiente a la clase 4 anterior, “Otros bosques de ribera”
 - 2.1. **Vegetación adulta**, que incluye las clases “Vegetación adulta”, “Vegetación biestratificada” y alguna parcela de “Control de especies exóticas invasoras”
 - 2.2. **Vegetación joven**, que incluye la clase “Vegetación muy joven y arbustiva” y algunas parcelas dentro de la subclase “Restauración de cobertura vegetal” y dentro de “Control de especies exóticas invasoras.”
 - 2.3. **Rasos**, correspondiente a algunas parcelas dentro de la clase de “Restauración de cobertura vegetal”
3. **Plantaciones**
 - 3.1. **Choperas**, que incluye la subclase “Choperas”.
 - 3.2. **Plátanos**, correspondiente a la subclase “Plantaciones lineales de plátano”
4. **Zonas ajardinadas**, que se corresponde con la clase “Zonas ajardinadas”
 - 4.1. **Parques**, que incluye todas las parcelas dentro de la subclase “Parques”
 - 4.2. **Vegetación de ribera artificial**, que incluye todas las subclases “Vegetación de ribera artificial”

Todo ello queda resumido en la siguiente tabla:

Tabla 2. Resumen de la equivalencia entre subclases con los datos del Inventario de 2013 y las subclases con la capa shape de IDENA (Fuente: elaboración propia)

SUBCLASES DE LA CLASIFICACIÓN CON LOS DATOS SHAPE	SUBCLASES DE LA CLASIFICACIÓN CON LOS DATOS DE CAMPO
1.1 Bosques maduros	1.1 Bosques maduros complejos 1.3 Bosques maduros homogéneos
1.2 Otros bosques	1.2 Bosques adultos 1.4 Bosques jóvenes
2.1 Vegetación adulta	4.3 Vegetación biestratificada 4.4 Vegetación adulta 3.1 Control de especies invasoras
2.2 Vegetación joven	4.2 Vegetación muy joven o arbustiva 3.1 Control de especies invasoras 3.2 Restauración de cobertura vegetal
2.3 Rasos	3.2 Restauración de cobertura vegetal
3.1 Choperas	3.3 Choperas
3.2 Plátanos	4.1 Plantaciones lineales de plátanos
4.1 Parques	2.1 Parques
4.2 Vegetación de ribera artificial	2.2 Vegetación de ribera artificial

Además de la clasificación esta capa contiene los atributos que se describen con un ejemplo de un recinto en el ANEXO 2. Esta capa shape contiene información de toda la extensión del parque, y el área de estudio es únicamente lo correspondiente a la zona del Parque Fluvial de la Comarca, por lo que el primer paso es eliminar de esta capa vectorial aquellos registros que se encuentren en la zona de Pamplona, de tal forma que se obtiene una capa con todos los recintos que se corresponden con el área de estudio concreta.

Este shape es un dato de partida en este trabajo, ya que con esta capa se van a realizar ciertas operaciones. En el ANEXO 7 se puede ver dos planos (Mapas 4 y 5) de esta zonificación o clasificación del Parque Fluvial.

4.4. DATOS LIDAR

4.4.1. FORMATO DE DATOS

El formato de almacenamiento de los datos LiDAR más común es el formato *.las*, desarrollado por ASPRS (*American Society for Photogrammetry & Remote Sensing*), el cual se trata de un formato público estándar aceptado por las grandes empresas para almacenar todos los atributos de LiDAR en formato binario, incluyendo tiempo GPS y datos de orientación inercial.

EL formato *.las* contiene diferentes tipos de datos:

- Cabecera. Se trata de información básica del fichero, número de puntos, coordenadas de la zona, etc.
- Registros de longitud variable, como la proyección y los metadatos
- Registros de la nube de puntos
- Registros de longitud variable extendido

La ventaja de este formato es que todos los atributos finales clasificados se almacenan en una tabla de base de datos, lo que permite al usuario manejar un único archivo que permite generar gran variedad de productos y realizar numerosos análisis.

4.4.2. DISEÑO DEL VUELO LIDAR

El área de estudio se sobrevoló durante abril de 2011. Las características del vuelo se adjuntan a continuación:

Tabla 3. Diseño del vuelo LiDAR (Fuente: TRACASA)

Medios técnicos empleados	
Sensor de captura de datos LiDAR	ALS60
Tipo de sensor	Sensor de espejo oscilante que produce un patrón de muestreo en zigzag. Múltiples retornos (hasta 5 retornos/pulso)
Planificación	
Altura promedio de vuelo	2300 m
Velocidad de vuelo	120 nudos
Número de pasadas	19
Parametrización del sensor LiDAR	
Densidad de puntos promedio	1 pto/m ²
Espaciamiento promedio entre puntos	1.41 m
Precisión horizontal	0.3 m
Precisión vertical	0.3 m
Ejecución del vuelo	
Fechas	06-04-2011, 09-04-2011, 14-04-2011
Otras características	
Sistema de referencia	ETRS89 UTM 30N
Encargado por	Obras Públicas del Gobierno de Navarra (perteneciente al plan PNOA)
Tasa de repetición	6 años
Altura	Cota ortométrica (capturada originalmente en cota elipsoidal, transformada a ortométrica con el modelo de geoide EGM2008_RED NAP)

4.4.3. DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS LIDAR

Los datos de partida para la realización de este trabajo fueron dos archivos en formato **.las** (nube de puntos) recortados a la extensión del parque fluvial.

La primera zona, que corresponde a las zonas del parque dentro de los municipios de Barañáin y Zizur Mayor, junto con la ampliación hasta Arazuri, consta de 8857056 puntos distribuidos en 4 retornos:

- Primer retorno: 8504801 puntos (que corresponde a un 96.02% de los puntos totales)
- Segundo retorno: 338810 puntos (3.83% de los puntos totales)
- Tercer retorno: 13324 puntos (0.15% de los puntos totales)
- Cuarto retorno: 121 puntos (0% de los puntos totales)

La segunda zona, corresponde al resto del Parque Fluvial (municipios de Ezcabarte, Villaba, Burlada, Cendea de Olza, Huarte Egües y Esteribar) y consta de 14627787 puntos, también distribuidos en 4 retornos:

- Primer retorno: 13867999 puntos (que corresponde a un 94.81% de los puntos totales)
- Segundo retorno: 732365 puntos (5.01% de los puntos totales)
- Tercer retorno: 27224 puntos (0.19% de los puntos totales)
- Cuarto retorno: 199 puntos (0% de los puntos totales)

4.5. HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS

4.5.1. ARCGIS 10 (ARCMAP)

ArcGis da nombre a un conjunto de productos de software en el campo de los sistemas de Información Geográfica (SIG) que es producido y comercializado por ESRI. Es un completo sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. (ESRI, 2016)

ArcGis Desktop, la familia de aplicaciones SIG de escritorio, es una de las más ampliamente utilizadas, incluyendo la herramienta ArcMap, que es la utilizada para la realización de este trabajo. Con ArcMap se pueden tratar tanto capas ráster, como capas vectoriales.

Las principales herramientas utilizadas están dentro del paquete de herramientas de *Spatial Analyst*, como “*Polygon to Raster*”, “*Raster to Point*”, “*Extract by Mask*” o “*Reclassify*”.

4.5.2. LASTASK TOOLS VISUALIZADOR

LASTask Tools Visualizador se trata de una aplicación gratuita, que proporciona el IGN, que permite visualizar ficheros LAS y descomprimir ficheros *.laz*.

4.5.3. LASTOOLS

Se trata de una interfaz de programación libre de aplicaciones basada en libLAS, que es una librería para leer y escribir datos geoespaciales en el formato de archivo *.las*, que implementa la lectura y escritura de datos LiDAR en los formatos establecidos por ASPRS.

Las herramientas de LASTools son líneas de comando altamente eficaces que permiten procesar tanto archivos *.las*, como archivos comprimidos *.laz*, y permiten hacer recortes, leer los archivos de cabecera, crear MDT, unir conjuntos de datos, crear archivos ráster, shape, transformar en archivo de texto...

Las herramientas utilizadas en este trabajo concreto son las siguientes:

- a. *lasinfo*. Extrae información de los contenidos de la cabecera de un fichero LAS y un breve resumen de los puntos.
- b. *lasclip*. Recorta un fichero LAS introduciendo una capa shape de polígonos. Deja únicamente los puntos que están dentro/fuera (según elección) del shape y lo almacena en formato *.las*.
- c. *lasground*. Extrae la tierra desnuda. Es decir, clasifica los puntos LiDAR en 2 clases: puntos que corresponden a suelo y puntos que no corresponden a suelo.
- d. *lasheight*. Estima la altura de cada punto LAS sobre el suelo. Asume que los puntos de suelo ya han sido clasificados.
- e. *lascanopy*. Calcula distintas variables de las cubiertas vegetales como un producto ráster de un tamaño de celda personalizado.

4.5.4. SPYDER

Spyder es un software de código abierto de programación en lenguaje Python, que en este trabajo concreto se ha utilizado para ajustar el modelo de regresión para estimar la biomasa arbórea a partir de los datos LiDAR.

4.6. METODOLOGÍA

4.6.1. PROCESADO DE LOS DATOS LIDAR

La estimación de la biomasa arbórea a partir de datos LiDAR se ha realizado generalmente mediante el desarrollo de modelos empíricos que relacionan parámetros derivados a partir de los datos LiDAR

con datos de biomasa obtenidos mediante muestreo de un número determinado de parcelas de campo. A partir de las relaciones obtenidas entre estos parámetros y los datos de campo es posible realizar estimaciones de biomasa para toda la zona cubierta por el vuelo (Bortolot y Wynne, 2005; Drake *et al.*, 2002; Lefsky *et al.*, 1999a; Lefsky *et al.* 1999b; Naesset y Gobakken 2008; Popescu 2007)

A partir de la nube de puntos LiDAR y con la ayuda de diferentes herramientas pertenecientes al software LASTools se calcularon diversos parámetros LiDAR que se utilizaron posteriormente para realizar un análisis de regresión, y así obtener un modelo para la estimación de la biomasa existente en cualquier recinto del parque fluvial.

Las herramientas utilizadas fueron las siguientes:

- *“lasground”*: Se introducen los dos archivos *.las* proporcionados por TRACASA y se obtiene un solo archivo de salida *.las* en el que hay dos clases, una se corresponde con los puntos de terreno, y la otra con puntos sin clasificar.
- *“lasheight”*: Introduciendo el archivo anterior se obtiene otro, en formato *.las* en el que se representa la altura de cada punto.
- *“lascanopy”*: Por último, se introduce el archivo anterior y se obtienen todos los parámetros LiDAR descritos en la tabla 4. La salida de esta herramienta va a ser un ráster de 5x5 para cada parámetro.

En la figura siguiente se puede observar en qué consiste la herramienta *“lascanopy”* de LASTools. En la parte izquierda se ven los comandos relacionados con el archivo *.las* o *.laz* que del cual se quieren extraer diversos parámetros LiDAR, y en la derecha todos aquellos relacionados con los archivos de salida. Tales son, el nombre de salida, el tamaño de pixel deseado, y posteriormente se pueden marcar aquellos parámetros que se deseen calcular, tanto relacionados con la altura, como con la intensidad; y por último el formato de salida.

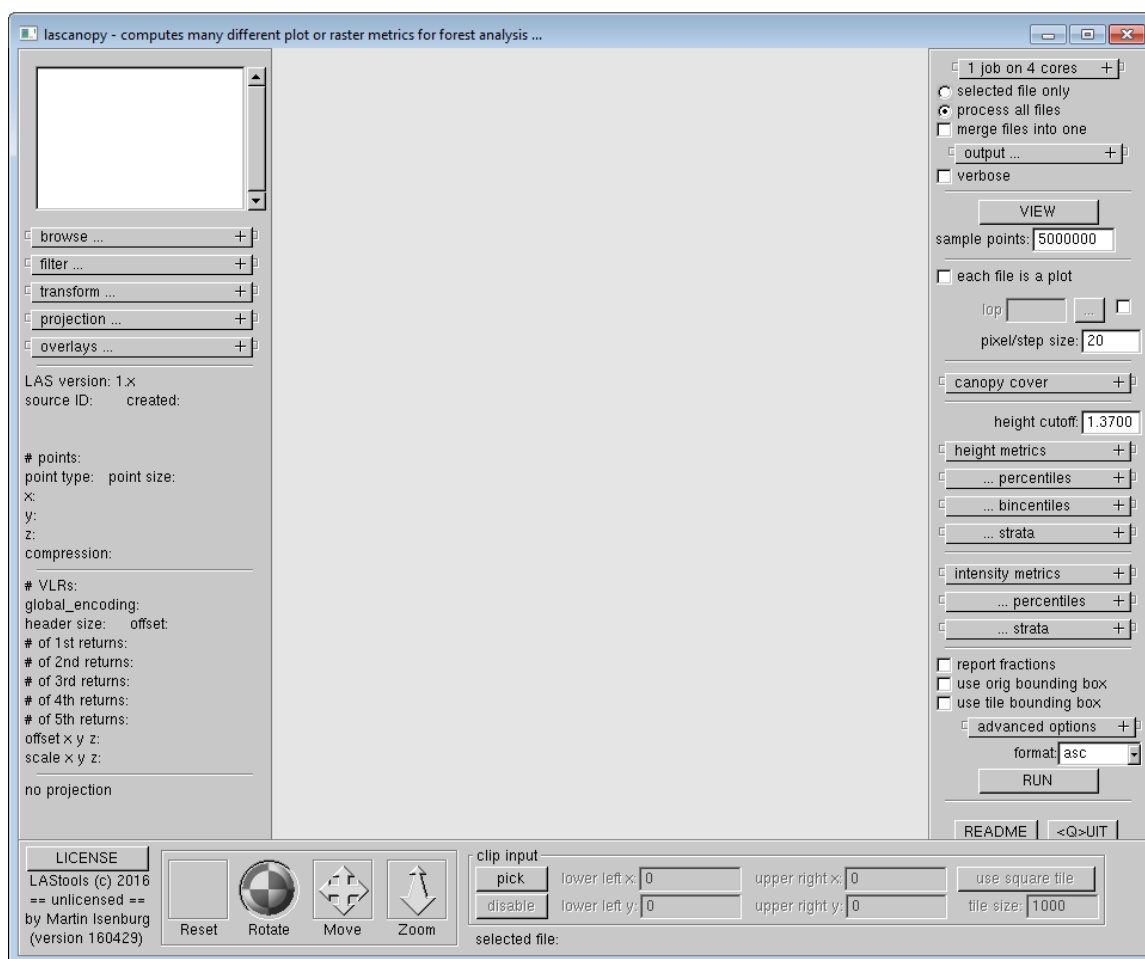


Figura 8. Descripción gráfica de la herramienta “lascanopy” de LASTools

Los parámetros LiDAR utilizados quedan recogidos en la siguiente tabla:

Tabla 4 . Parámetros LiDAR calculados con el software LASTools

1. Altura máxima (Hmax)	2. Altura mínima (Hmin)
3. Altura media (Hmean)	4. Desviación estándar de la altura (std)
5. Curtosis (kur)	6. Skewness (ske): oblicuidad
7. Cuadrado de la altura media(qav)	8. Percentil 01 de la altura (p01)
9. Percentil 05 de la altura (p05)	10. Percentil 10 de la altura (p10)
11. Percentil 25 de la altura (p25)	12. Percentil 50 de la altura (p50)
13. Percentil 75 de la altura (p75)	14. Percentil 90 de la altura (p90)
15. Percentil 99 de la altura (p99)	

Tras utilizar la herramienta “*lasheight*” las alturas deberían estar normalizadas, sin embargo, esto no sucedió, por lo que antes de proseguir se realizó una normalización de todos los parámetros LiDAR. Para ello simplemente se restó el ráster de altura mínima al resto de parámetros LiDAR, de tal forma que al final se tienen 14 parámetros LiDAR, todos de la tabla 4 normalizados, exceptuando la altura mínima.

La biomasa estimada en las parcelas de campo se relacionó con los LiDAR obtenidos para esa misma parcela (recortada previamente del total de datos LiDAR). De este modo los parámetros LiDAR actúan como variables independientes, mientras que la biomasa es la variable dependiente del modelo de regresión. Posteriormente, estos modelos se aplican a toda la superficie objeto de inventario para calcular el valor de las variables forestales de interés, en este caso, la biomasa.

4.6.2. ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA MEDIANTE INVENTARIO DE CAMPO (MODELO ALOMÉTRICO)

Para estimar la biomasa mediante datos de campo, se utilizaron únicamente los del inventario realizado en el mes de agosto de 2016, ya que, con los datos del Inventario de 2013 se apreciaron algunas inconsistencias en cuanto al cálculo de biomasa.

Como la cantidad de biomasa de un árbol depende de numerosos factores, como el tipo de especie, las condiciones climáticas o el tipo de suelo en el que se encuentran, es muy importante encontrar un modelo que se ajuste a las características existentes en la zona de estudio. En este caso concreto lo que se ha decidido es utilizar los modelos propuestos por Montero *et al.* (2005) en su libro “Producción de Biomasa y Fijación de CO₂ por los bosques españoles” para especies de frondosas, ya que como se indica en el apartado 4.1 todas las especies principales pertenecen al grupo de las frondosas.

El modelo general a utilizar es la ecuación alométrica linealizada como modelo logarítmico y como variable independiente, el diámetro normal, es decir el diámetro a la altura de pecho (dbh). Este modelo relaciona la biomasa seca total o de alguna de las fracciones del árbol (kg) en función del diámetro (cm). Sin embargo, tal y como se indica en este libro, la transformación logarítmica introduce un sesgo, es decir una subestimación en los cálculos. Por lo que, para eliminar este sesgo, el resultado final debe ser multiplicado por un factor de corrección (CF), calculado a partir del error estándar de la estimación (SEE) según la siguiente expresión:

$$CF = e^{\frac{SEE^2}{z}} \quad [1]$$

Por tanto, la transformación de la ecuación logarítmica, aplicando el coeficiente de corrección y utilizando los parámetros (a, b, SEE) indicados en la tabla 4, el cálculo de biomasa (kg de materia seca), quedaría de la siguiente manera:

$$\ln B = a + b \cdot \ln d \quad [2]$$

$$B = CF \cdot A \cdot d^b \quad [3]$$

dónde: $A = e^a$ [4]

B= biomasa (kg)

d= diámetro normal (cm)

Tabla 5 . Valor de los parámetros de la función (a y b), error estándar de la estimación (SEE) para cada especie (Fuente: Montero et al., 2005), y cálculos del coeficiente de corrección (CF) y A (Fuente: elaboración propia) para la estimación de la biomasa

	a	b	SEE	CF	A
Frondosas (general)	-1.875	2.2984	0.0147	1.0001	0.15334
<i>Alnus glutinosa</i>	-0.825	1.9009	0.297	1.0451	0.43831
<i>Betula spp.</i>	-1.609	2.2686	0.1249	1.0078	0.20018
<i>Fraxinus spp</i>	-1.472	2.2187	0.2368	1.0284	0.22954
<i>Pinus halapensis</i>	-2.094	2.2099	0.1516	1.0116	0.12321
<i>Pinus nigra</i>	-2.777	2.5156	0.1344	1.0091	0.06221
<i>Populus x euramericana</i>	-2.941	2.5668	0.0764	1.0029	0.05283
<i>Quercus robur L.</i>	-2.306	2.5008	0.1784	1.016	0.09964

Con este modelo lo que se obtiene es el peso, expresado en kg, de cada árbol, utilizando los parámetros específicos para cada especie. En el Parque Fluvial hay una serie de especies arbóreas principales, de algunas se tiene sus parámetros (Tabla 5), pero de otras se escogió una especie de

la misma familia, y para las que no hay especies de la misma familia, se utilizaron los parámetros generales de las frondosas. Todo ello queda recogido en la siguiente tabla:

Tabla 6 . Equivalencia de las especies presentes en el parque fluvial con la especie escogida para aplicar el modelo alométrico con los parámetros de la tabla 5 (Fuente: elaboración propia)

Nombre científico de las principales especies del parque fluvial	Especie escogida para aplicar el modelo alométrico
<i>Acer campestre</i>	Frondosas (general)
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Frondosas (general)
<i>Aesculus hippocastanum</i>	Frondosas (general)
<i>Ailanthus altissima</i>	Frondosas (general)
<i>Alnus glutinosa</i>	<i>Alnus glutinosa</i>
<i>Betula pendula</i>	<i>Betula spp.</i>
<i>Cedrus atlantica</i>	Frondosas (general)
<i>Cupressus sempervirens</i>	Frondosas (general)
<i>Fraxinus angustifolia</i>	<i>Fraxinus spp</i>
<i>Fraxinus excelsior</i>	<i>Fraxinus spp</i>
<i>Ginkgo biloba</i>	Frondosas (general)
<i>Juglans regia</i>	Frondosas (general)
<i>Pinus halepensis</i>	<i>Pinus halapensis</i>
<i>Pinus nigra</i>	<i>Pinus nigra</i>
<i>Platanus x hispanica</i>	Frondosas (general)
<i>Populus alba</i>	<i>Populus x euramericana</i>
<i>Populus nigra</i>	<i>Populus x euramericana</i>
<i>Populus x euramericana</i>	<i>Populus x euramericana</i>
<i>Quercus robur</i>	<i>Quercus robur L.</i>
<i>Robinia pseudoacacia</i>	Frondosas (general)
<i>Salix alba</i>	Frondosas (general)
<i>Salix babylonica</i>	Frondosas (general)
<i>Salix sp.</i>	Frondosas (general)
<i>Tilia platyphyllos</i>	Frondosas (general)
<i>Ulmus minor</i>	Frondosas (general)
<i>Ulmus pumila</i>	Frondosas (general)

Una vez seleccionados los parámetros para cada especie, el siguiente paso fue calcular la biomasa para cada uno de los árboles de cada parcela circular, mediante la ecuación [3]. Posteriormente, para obtener el dato deseado de biomasa (kg/m^2), se sumó el peso de todos los árboles de cada parcela y se dividió entre la superficie de las parcelas, que en este caso es de 153.94 m^2 . Todo ello queda recogido de manera esquemática en la siguiente tabla:

Tabla 7. Resumen de cálculos de biomasa de cada parcela de manera esquemática

(Nº parcela: código de la parcela, Sup: superficie (m²), Id_árbol (código del árbol de cada parcela), d: diámetro (cm), especie: nombre de la especie forestal del árbol, Kg_árbol: peso(kg) de cada árbol, Biomasa_parcela: biomasa (kg/m²) de cada parcela)

Nº parcela	Sup	Id_árbol	d	especie	Kg_árbol
00	s	0	d	especie	CF · A · d ^b
Biomasa_parcela					
$\Sigma \text{kg}_{\text{árbol}} / s$					

En el ANEXO 3 se muestra el peso estimado de cada árbol en kg, así como la biomasa de cada parcela, expresada en kg/m².

4.6.3. SIMULACIÓN DE LA BIOMASA EN EL AÑO 2011

Como los datos LiDAR proporcionados por la empresa TRACASA, para realizar el modelo de regresión son del año 2011 y los datos de campo se recogieron en agosto de este año, 2016, lo que se pretende es simular la biomasa existente en las parcelas inventariadas, en el año 2011.

Para ello se utilizaron datos de crecimiento forestal (Montes, 2015) así como valores medios de densidad de la madera de las principales especies del Parque Fluvial. (Vignote Peña, S., 2014)

Tabla 8. Valores de crecimiento por zonas de gestión de la Zona Media y Ribera de Navarra (Fuente: Plan General Comarca Zona Media y Ribera, 2015)

Zona	Especies	Crecimiento (m ³ /ha/año)
Bosques de ribera	Olmo, Fresno, Sauce, Chopo	4,48
Choperas	Chopo	12
Formaciones de acacia	Acacia	4
Frondosas nobles	Cerezo, Arce, Fresno, Nogal, Abedul	1,66
Otras frondosas	Roble, Olmo, Platano, Aliso	2
Coníferas	Pino	4,44
Crecimiento medio		2,89

Tabla 9. Valores de densidad de la madera de las principales especies forestales del Parque Fluvial (Fuente: Vignote Peña, S., 20014.)

Especies	Densidad de la madera (kg/m3)
Roble	839
Castaño	665
Fresno	690
Olmo	639
Acacia	770
Nogal	651
Plátano	577
Arce	630
Abedul	653
Aliso	560
Chopo	377
Sauce	480
Pino	565
Media	628

Combinando los valores de estas dos tablas anteriores se puede estimar el crecimiento en kg/ha que han tenido las parcelas inventariadas en 5 años y así obtener valores de biomasa (kg/m²) para el año 2011 y utilizarlos para crear el modelo de regresión que relacione los datos LiDAR con estos datos de biomasa. Los resultados quedan reflejados en el ANEXO 4.

4.6.4. EXTRACCIÓN DE DATOS PARA EL MODELO DE REGRESIÓN

En primer lugar, se delinearon las parcelas circulares en una capa shape y se añadieron los valores de biomasa calculados como indica el apartado anterior (datos simulados del 2011). Posteriormente se recortaron los ráster de los parámetros LiDAR originales para obtener únicamente los píxeles dentro de las parcelas muestreadas y se transformaron a una capa de puntos, para juntarlos en una única capa vectorial y poder exportar los datos.

El objetivo en esta metodología es obtener las medianas de los parámetros LiDAR por parcela y relacionarlas con los valores de biomasa de cada parcela, de tal manera que con estos datos se haga el análisis de regresión.

4.6.5. ANÁLISIS DE REGRESIÓN

El análisis de regresión lineal es una técnica estadística utilizada para estudiar la relación entre variables. Tanto en el caso de dos variables (regresión *simple*) como en el de más de dos variables (regresión *múltiple*), el análisis de regresión lineal puede utilizarse para explorar y cuantificar la relación entre una variable llamada dependiente o criterio (Y), y una o más variables llamadas independientes o predictoras (X₁, X₂, X₃, ..., X_n), así como para desarrollar una ecuación lineal con fines predictivos.

En este caso concreto lo que se desea es relacionar la variable dependiente, biomasa, con las variables independientes que son los parámetros LiDAR listados en la tabla 3, y obtener la mejor ecuación lineal. Cuando se habla de mejor ecuación lineal, lo que se refiere es a la bondad de ajuste del modelo, es decir, el grado en que éste es conveniente como modelo que representa a las variables implicadas en el mismo. En principio, un criterio natural de bondad de ajuste supone considerar la ecuación de regresión que dé lugar a un menor error en las predicciones (Molina & Rodrigo, 2009).

Existen numerosos tipos de errores, para este trabajo se han tenido en cuenta dos, el error típico de estimación y el error absoluto. El error típico de la estimación, al que llamaremos S_e , es la desviación típica de los residuos, es decir, la desviación típica de las distancias existentes entre las puntuaciones en la variable dependiente (Y_i) y los pronósticos efectuados con la recta de regresión (\hat{Y}_i), aunque no exactamente, pues la suma de las distancias al cuadrado está dividida por el número de ejemplos (n) -2:

$$S_e = \frac{\sqrt{\sum(Y_i - \hat{Y}_i)^2}}{n-2} \quad [5]$$

Este error representa una medida de la parte de variabilidad de la variable dependiente que no es explicada por la recta de regresión. En general, cuanto mejor es el ajuste, más pequeño es el error típico.

Por otro lado, el error absoluto (ΔY) es el valor absoluto de la diferencia entre el valor real (Y_i) y el valor predicho por el modelo (\hat{Y}_i), que proporciona una medida de desviación en términos absolutos respecto al valor verdadero:

$$\Delta Y = Y_i - \hat{Y}_i \quad [6]$$

Por otra parte, existe otra propuesta de índice de bondad de ajuste, el coeficiente de determinación R^2 , el cual representa la proporción de varianza de Y explicada por las variables implicadas en el modelo de regresión ajustado a los datos (Molina & Rodrigo, 2009). Es decir, indica el porcentaje de variación de la variable dependiente, explicado por las variables dependientes

Este coeficiente oscilará siempre entre 0 y 1, de modo que cuanto más próximo sea R^2 a 1, indicará mejor bondad de ajuste del modelo de regresión a la distribución conjunta de las variables. Si R^2 es igual a 1, el ajuste será perfecto.

En primer lugar, es conveniente ver la correlación (dependencia entre capas) existente entre los diferentes parámetros de LiDAR con la biomasa, para comprobar si hay alguno que está muy fuertemente correlacionado con ella, o por el contrario si existen parámetros que tienen una correlación muy débil, por lo que se podrían eliminar del modelo de regresión. Para lo cual, mediante una herramienta de ArcMap se calcularon tanto estadísticas descriptivas como la correlación entre la biomasa y los diferentes parámetros LiDAR.

4.6.6. FIJACIÓN DE CO₂

Finalmente, tras escoger el mejor modelo de regresión lineal se aplicó a todo el Parque Fluvial, obteniendo un mapa de biomasa, en el que para cada pixel de 5 m hay un valor de biomasa en kg/m². Si este valor se multiplica por la superficie de cada pixel, es decir 25 m², y se hace el sumatorio de todos los píxeles que conforman el Parque, lo que se obtiene es un valor de biomasa total.

Para calcular la fijación de CO₂, lo que se hizo fue multiplicar este valor de biomasa por 0.5, y posteriormente por 3.67, tal y como ya se ha explicado en el apartado de Antecedentes 2.1.

4.6.7. CLASIFICACIÓN MEDIANTE DATOS LiDAR

Además de la estimación de la biomasa, otro de los objetivos de este trabajo es la zonificación o clasificación del parque mediante datos LiDAR. Esto puede resultar muy útil para la gestión del parque, de ahí que sea interesante evaluar, si mediante el LiDAR es posible obtener esta clasificación sin necesidad de inventarios de campo.

Para ello se decidió clasificar las parcelas del Parque Fluvial en cuatro clases, cuya descripción cualitativa es la siguiente:

- **Clase 1: Vegetación arbórea de gran altura.** Zonas con una gran densidad de árboles, y con especies cuya altura media sea alta.

- **Clase 2: Vegetación arbórea de altura media con algo de vegetación arbustiva.** Zonas con menos densidad de árboles, cuyas especies tengan una altura media por debajo de la del grupo anterior y además contenga zonas de vegetación arbustiva
- **Clase 3: Vegetación baja o arbustiva.** Zonas en las que la mayor parte de la vegetación sea arbustiva, o árboles muy jóvenes con muy poca altura.
- **Clase 4: Raso.** Zonas en las que no hay ni vegetación arbórea ni arbustiva, es decir zonas de parque en las que únicamente hay césped o plantas que no alcanzan el metro de altura.

La clave para clasificar reside en los rangos utilizados para diferenciar una clase de otras, por lo que es muy importante definirlos correctamente. Las posibles opciones fueron las siguientes:

OPCIÓN 1: SEGÚN PERCENTILES DE ALTURA

- Clase 1: Percentil 90 y 99 por encima de la media
- Clase 2: Percentil 90 y 99 por encima de la media más percentil 50 por debajo de su valor medio
- Clase 3: Percentil 90 y 99 por debajo de la media, junto con los percentiles 01, 05 y 10 por debajo de su valor medio también.
- Clase 4: zonas con altura cercana a 0

OPCIÓN 2: SEGÚN ALTURA MEDIA DE LOS ÁRBOLES (1)

- Clase 1: Altura media superior a 20 m
- Clase 2: Altura media entre 5 y 20 m
- Clase 3: Altura media entre 1 y 5 m
- Clase 4: Altura media entre 0 y 1 m

OPCIÓN 3: SEGÚN ALTURA MEDIA DE LOS ÁRBOLES (2)

- Clase 1: Altura media superior a 22 m
- Clase 2: Altura media entre 10 y 22 m
- Clase 3: Altura media menor de 10 m
- Clase 4: Altura media igual a 0

La opción escogida fue la **3**, ya que tras realizar las tres opciones se comprobó que la tercera era la que proporcionaba un mejor ajuste a la clasificación realizada con el Inventario de 2013 mediante el inventario de campo.

La clasificación del Parque Fluvial se representó en un raster, para lo cual se utilizó el raster de altura máxima al que se le aplicó la siguiente clasificación:

Tabla 10. Clasificación del raster de altura máxima

Valores antiguos (valor del pixel: altura en m)	Valores nuevos (CLASE)
22 - 47	1
10 - 22	2
1 - 10	3
0 - 1	4

5. RESULTADOS

5.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LOS PARÁMETROS LiDAR

Tras el procesado de los datos LiDAR se obtienen los diferentes ráster de 5m de pixel para cada uno de los parámetros LiDAR. A continuación, en la Tabla 11, se muestran los valores mínimo, máximo, medio y la desviación estándar para cada uno de los parámetros LiDAR calculados.

Tanto los valores estadísticos de los percentiles de distribución de altura, como los parámetros altura máxima, media y desviación estándar están medidos en metros. Sin embargo, para la oblicuidad y la curtosis no hay unidades.

Por otra parte, cabe destacar que el valor mínimo de todos los parámetros excepto del cuadrado de la altura media y la oblicuidad, es 0. En cuanto al valor máximo se puede ver como va aumentando a medida que el percentil de distribución de altura es mayor, desde 2.59 m para el percentil 01, hasta 41.07 para los percentiles 95 y 90.

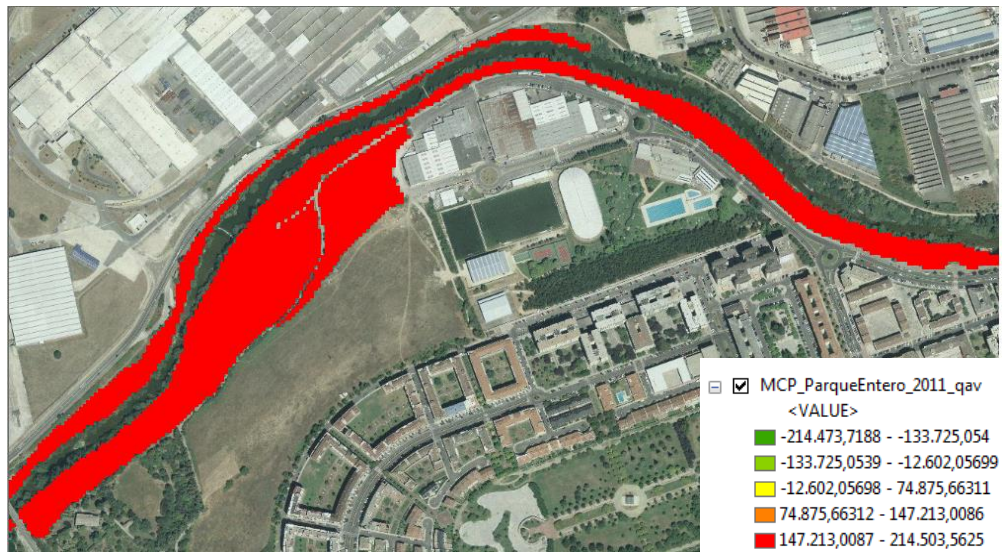
Es importante destacar que el valor mínimo del cuadrado de la altura media es un número negativo, algo que no tiene sentido, ya que la altura media nunca puede ser negativa. Por ello este parámetro no se ha tenido en cuenta a la hora de realizar los modelos de regresión.

Tabla 11. Valores de las estadísticas básicas de los parámetros LiDAR

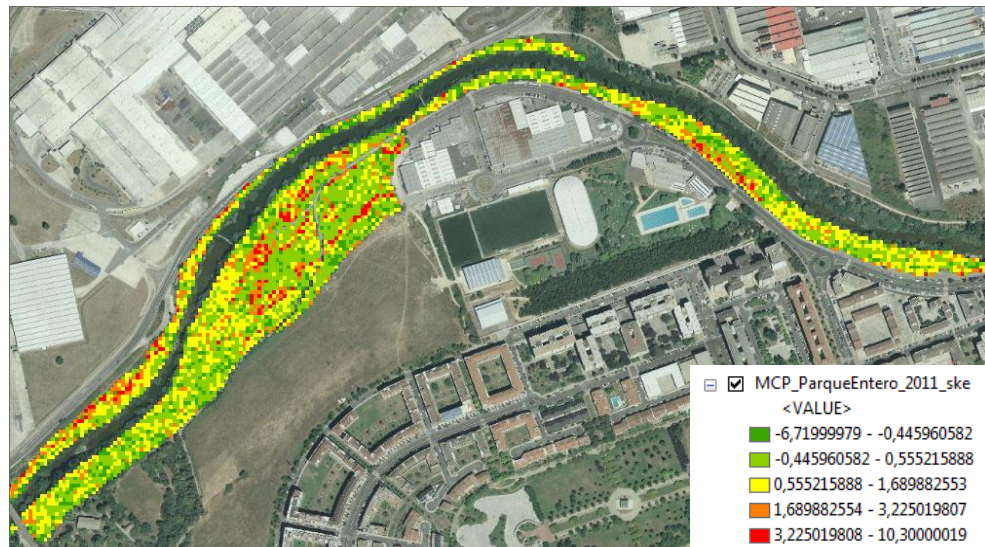
Parámetro LiDAR	unidades	Valor mínimo	Valor máximo	Valor medio	Desviación estándar
Cuadrado de la altura media (qav)	m	-214473.72	214503.56	170305.44	58509.10
Oblicuidad (ske)	-	-6.72	10.30	0.74	1.29
Desviación estándar(std)	m	0	19.80	19.80	3.53
Percentil 01 (p01)	m	0	2.59	0.04	0.12
Percentil 05 (p05)	m	0	12.94	0.19	0.61
Percentil 10 (p10)	m	0	25.87	0.37	1.20
Percentil 25 (p25)	m	0	33.34	0.95	2.56
Percentil 50 (p50)	m	0	35.07	2.31	4.58
Percentil 75 (p75)	m	0	38.87	4.99	6.86
Percentil 90 (p90)	m	0	41.05	7.17	7.94
Percentil 95 (p95)	m	0	41.06	7.95	8.19
Percentil 99 (p99)	m	0	41.07	8.67	8.39
Altura máxima (max)	m	0	41.07	8.87	8.48
Curtosis(kur)	-	0	107.38	3.77	4.85
Altura media (avg)	m	0	30.42	3.15	3.79

En la figura siguiente se pueden ver, de forma gráfica, los valores de estos parámetros, junto con su leyenda, para una zona determinada del Parque. La zona concreta se corresponde con algunas hectáreas de parque pertenecientes al municipio de Brañain y fue escogida por su variabilidad en cuanto a especies y alturas de los árboles.

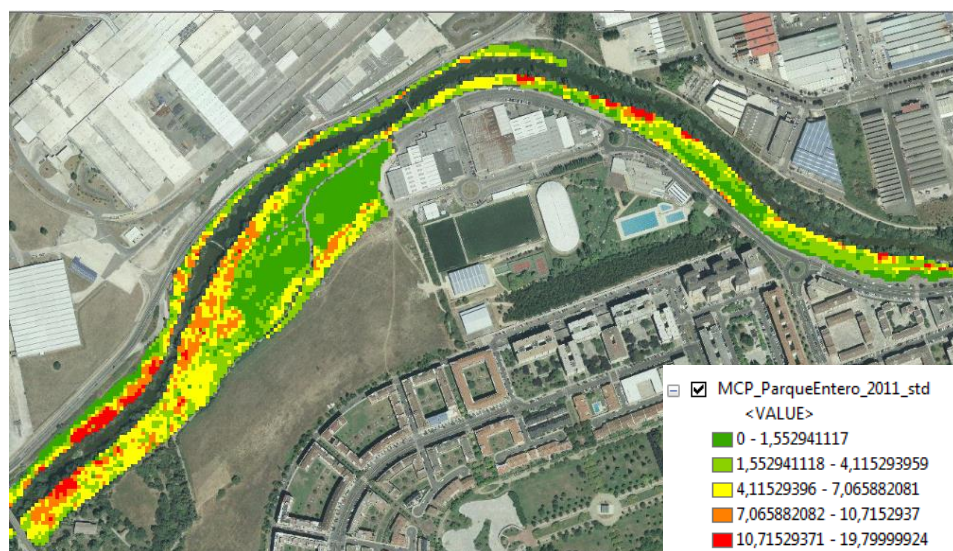
a



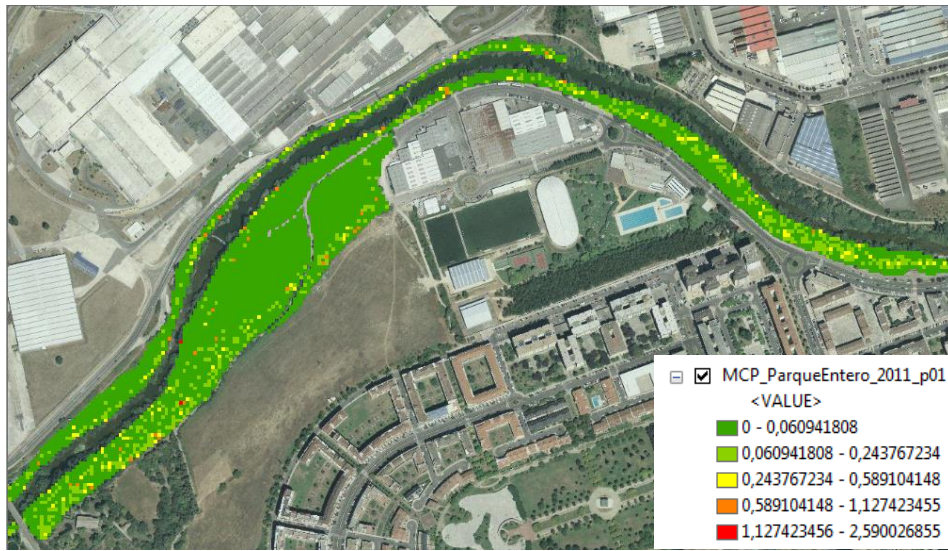
b



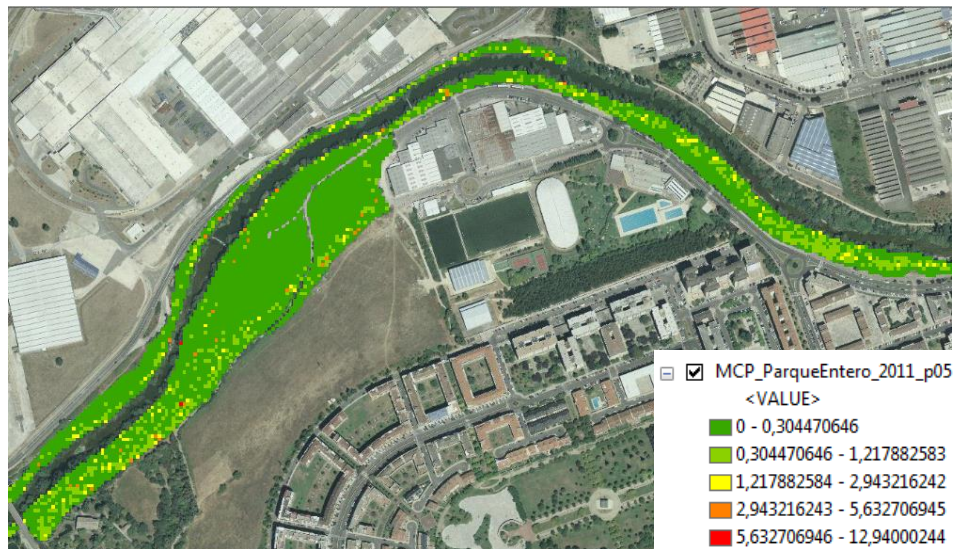
c



d



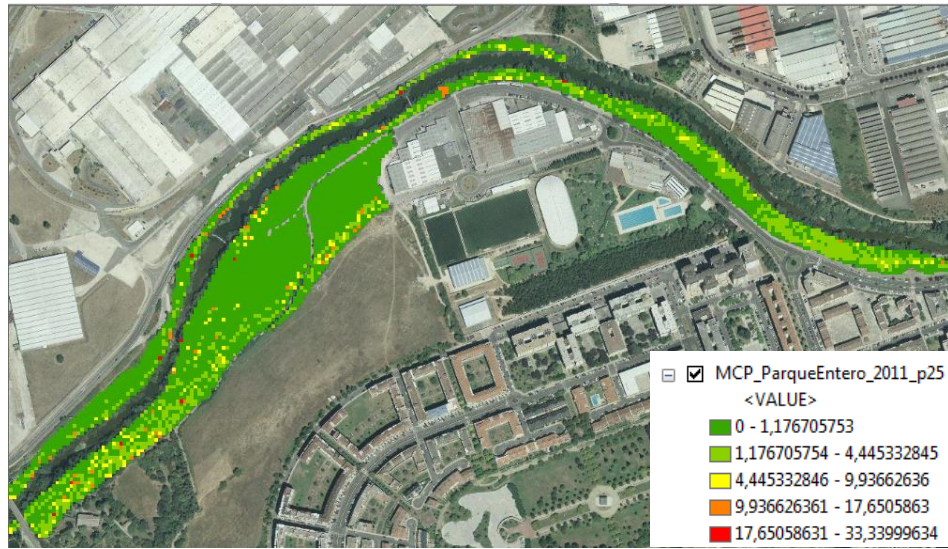
e



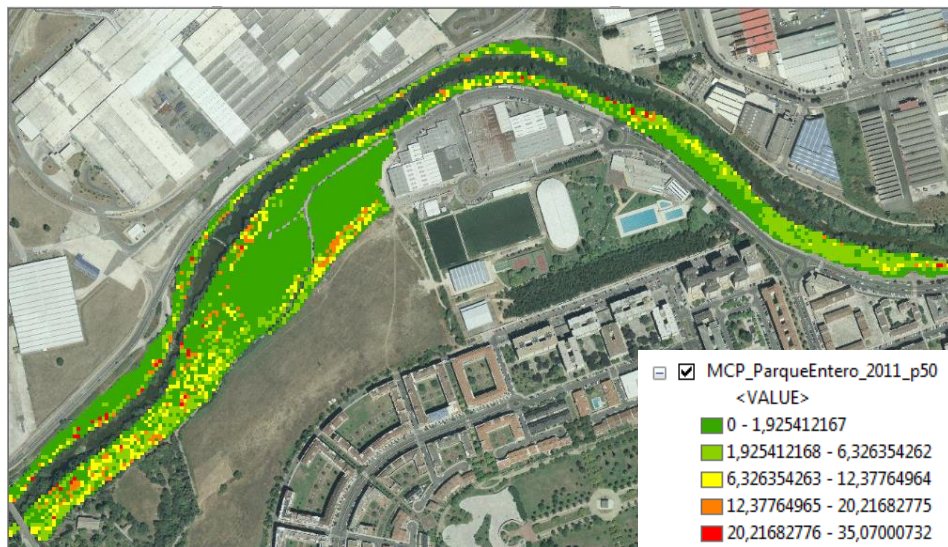
f



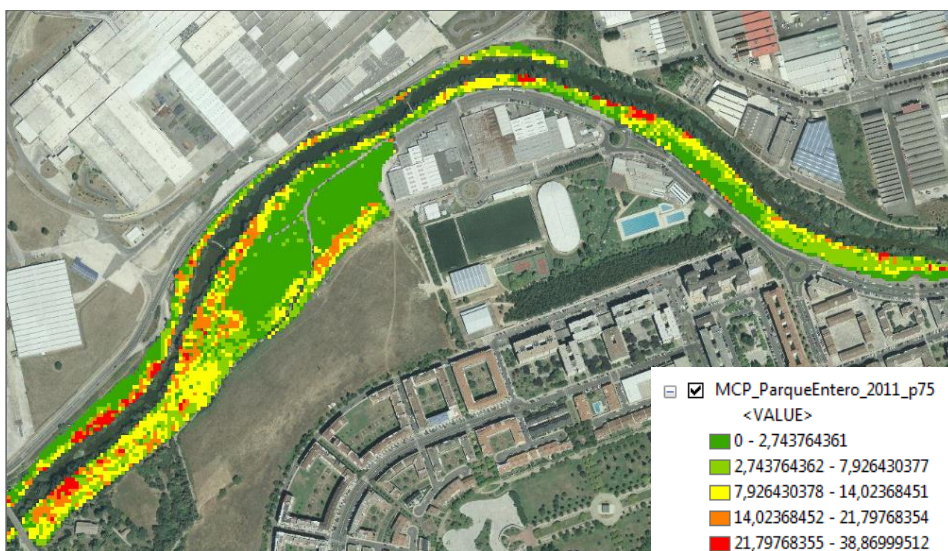
g



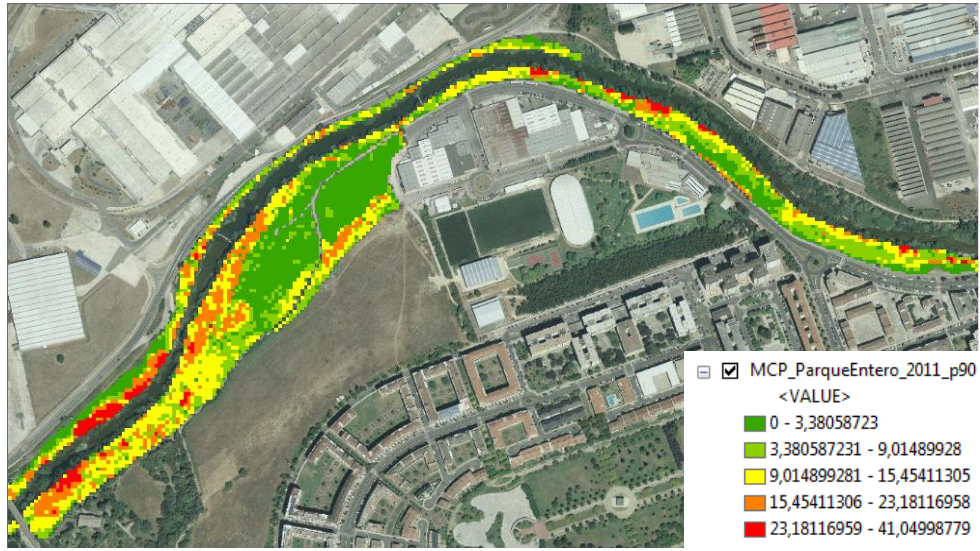
h



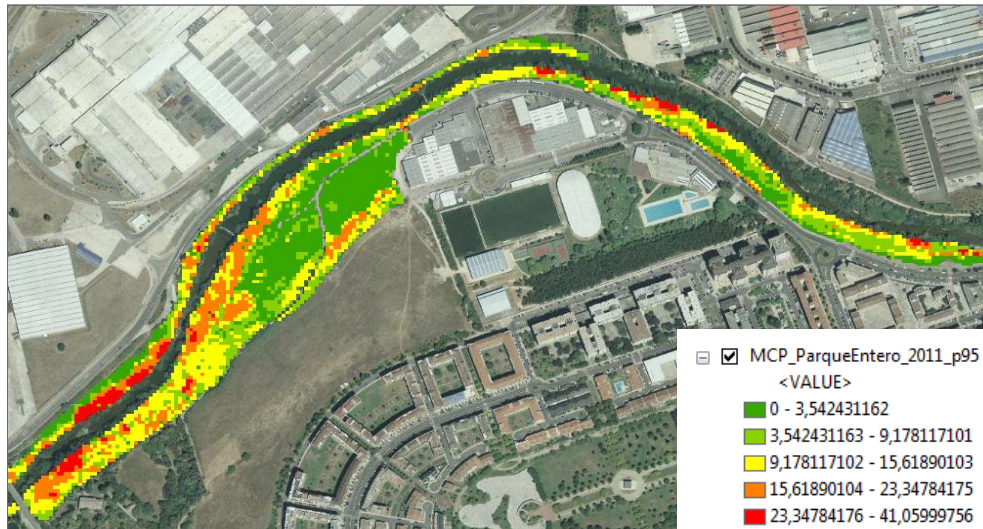
i



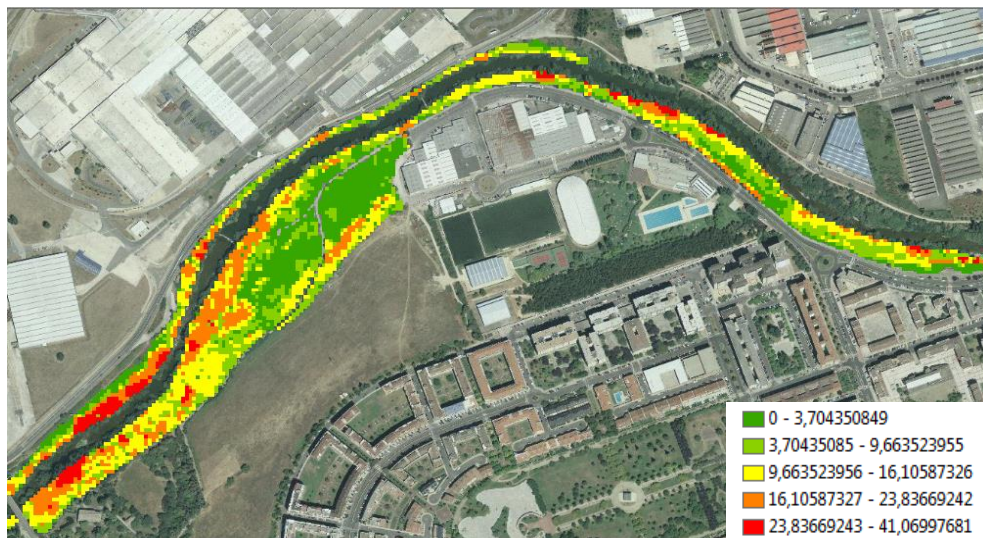
j



k



l



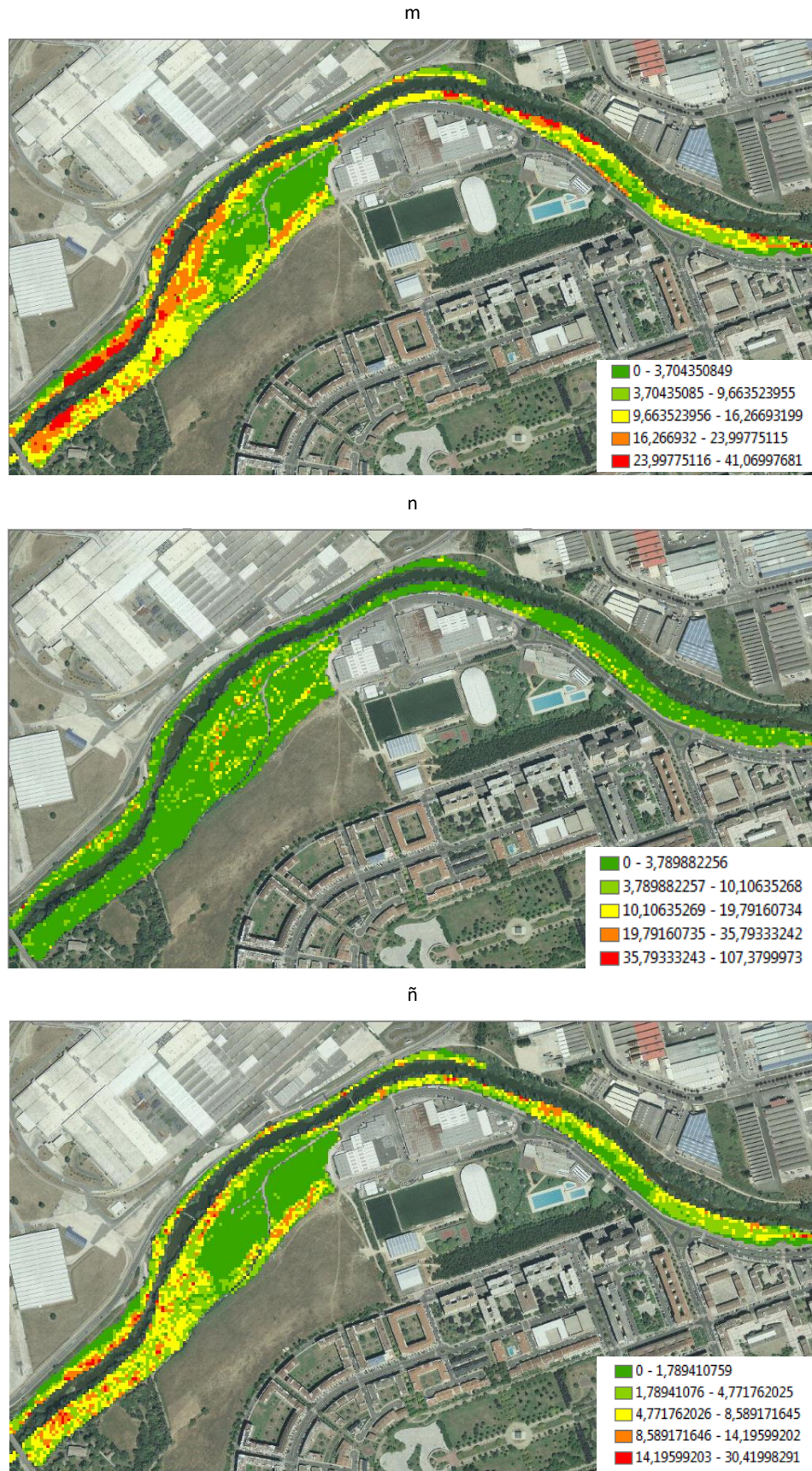


Figura 9. Representación gráfica de los parámetros LiDAR en una zona del municipio de Barañáin (Escala, 1:5000)
 (a: qav, b: ske, c: std, d: p01, e: p05, f: p10, g: p25, h: p50, i: p75, j: p90, k: p95, l: p95, m: max, n: kur, ñ: avg)

Además, en la Figura 10 aparecen los histogramas de todos los parámetros LiDAR. Ninguno de ellos, excepto la oblicuidad (ske) sigue una distribución normal, ya que la mayoría de los valores se sitúan a la izquierda del valor medio. Además todos ellos coinciden en que hay numerosos píxeles con valores 0. Esto indica que se trata de zonas en las cuales no hay vegetación, sino suelo desnudo, o, en este caso con césped.

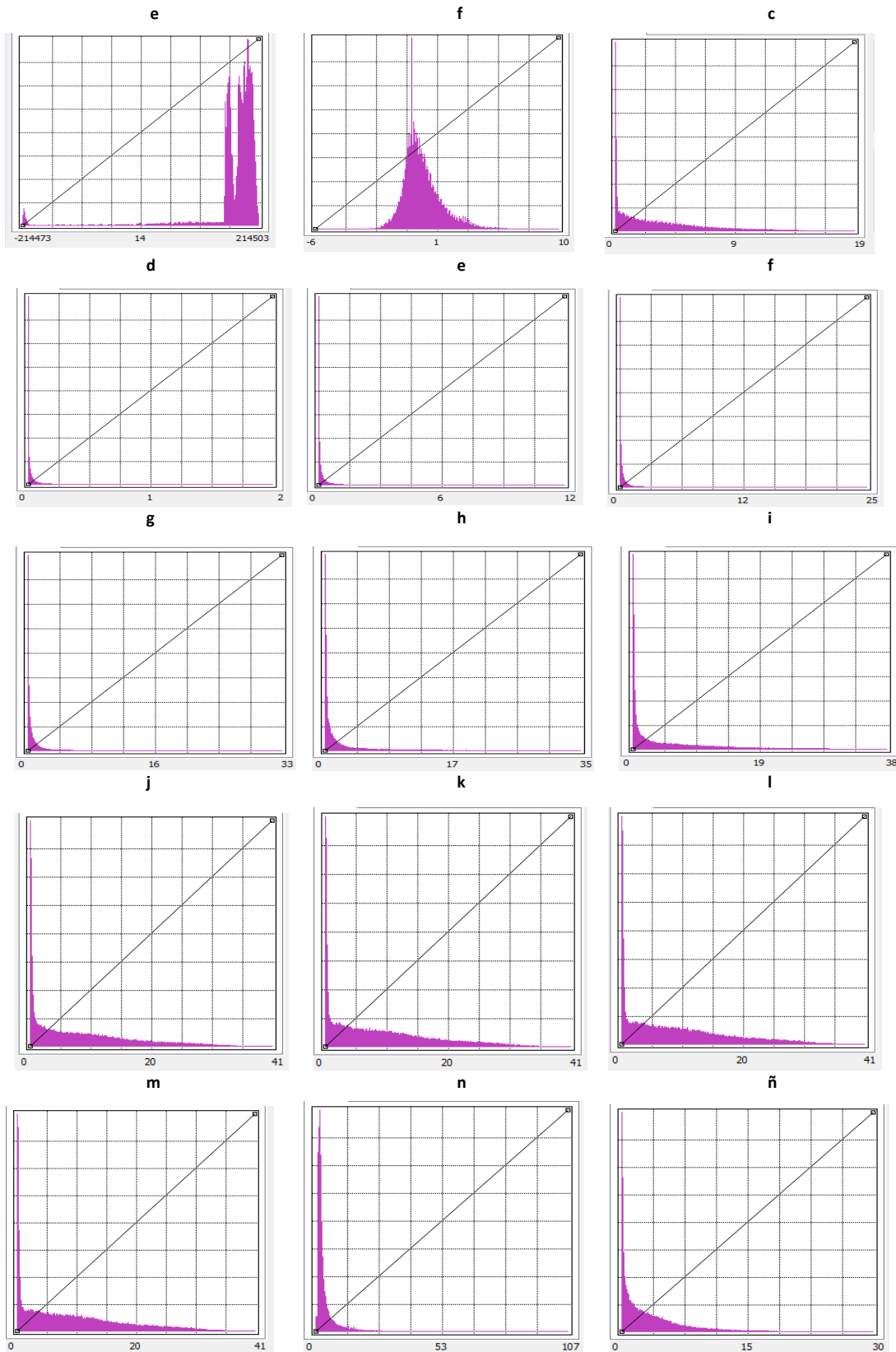


Figura 10. Histogramas de los parámetros LiDAR
 (a: qav, b: ske, c: std, d: p01, e: p05, f: p10, g: p25, h: p50, i: p75, j: p90, k: p95, l: p95, m: max, n: kur, ñ: avg)

Por otro lado, en la tabla siguiente se muestran los valores de correlación entre los diferentes parámetros LiDAR. Como se puede observar, hay valores por encima de 0.5, como por ejemplo, entre la desviación estándar (std) y los percentiles 90,95, 99 (p90,p95 y p99, respectivamente) y la altura máxima (max), que tienen valores por encima de 0.9: 0.92, 0.92, 0.92 y 0.91, respectivamente; entre el percentil 01 (p01) y los percentiles 05 y 10 (p05 y p10, respectivamente), cuyos valores son 0.99 para ambos; o entre la altura máxima (max) con la desviación estándar (std), y los percentiles 90, 95 y 99 (p90,p95 y p99), cuyos valores rozan el valor máximo de correlación que es 1 (0.91,0.97,0.99 y 0.99, respectivamente)

Tabla 12. Matriz de correlación entre todos los parámetros LiDAR (Inventario de campo)
 (Leyenda: ske: skewnes (oblicuidad), kur:kurtiosis, qav: cuadrado de la altura media, std: desviación estándar, p99: percentil 99 de altura, p95: percentil 95 de altura, p90: percentil 90 de altura, p75: percentil 75 de altura, p50: percentil 50 de altura, p25: percentil 25 de altura, p10: percentil 10 de altura, p05: percentil 05 de altura, p01: percentil 01 de altura, avg: media de la altura, max: altura máxima)

	ske	kur	qav	std	p01	p05	p10	p25	p50	p75	p90	p95	p99	avg	max
ske	1	0.83	0.35	-0.57	-0.32	-0.32	-0.33	-0.52	-0.67	-0.75	-0.63	-0.59	-0.53	-0.82	-0.52
kur	0.83	1	0.16	0.53	-0.01	-0.02	-0.02	-0.09	-0.28	-0.56	-0.61	-0.57	-0.50	-0.52	-0.49
qav	0.35	0.16	1	-0.36	-0.58	-0.59	-0.59	-0.37	-0.37	-0.46	-0.38	-0.38	-0.38	-0.51	-0.38
std	-0.57	0.53	-0.36	1	0.08	0.09	0.09	0.15	0.41	0.80	0.92	0.92	0.92	0.78	0.91
p01	-0.32	-0.01	-0.58	0.08	1	0.99	0.99	0.76	0.40	0.23	0.17	0.16	0.15	0.41	0.15
p05	-0.32	-0.02	-0.59	0.09	0.99	1	0.99	0.77	0.41	0.23	0.17	0.16	0.16	0.42	0.16
p10	-0.33	-0.02	-0.59	0.09	0.99	0.99	1	0.77	0.41	0.24	0.18	0.17	0.17	0.42	0.16
p25	-0.52	-0.09	-0.37	0.15	0.76	0.77	0.77	1	0.63	0.34	0.23	0.21	0.20	0.58	0.19
p50	-0.67	-0.28	-0.37	0.41	0.40	0.41	0.41	0.63	1	0.59	0.42	0.40	0.39	0.81	0.38
p75	-0.75	-0.56	-0.46	0.80	0.23	0.23	0.24	0.34	0.59	1	0.79	0.77	0.75	0.90	0.75
p90	-0.63	-0.61	-0.38	0.92	0.17	0.17	0.18	0.23	0.42	0.79	1	0.99	0.98	0.81	0.97
p95	-0.59	-0.57	-0.38	0.92	0.16	0.16	0.17	0.21	0.40	0.77	0.99	1	0.99	0.80	0.99
p99	-0.53	-0.50	-0.38	0.92	0.15	0.16	0.17	0.20	0.39	0.75	0.98	0.99	1	0.78	0.99
avg	-0.82	-0.52	-0.51	0.78	0.41	0.42	0.42	0.58	0.81	0.90	0.81	0.80	0.78	1	0.78
max	-0.52	-0.49	-0.38	0.91	0.15	0.16	0.16	0.19	0.38	0.75	0.97	0.99	0.99	0.78	1

5.2. ESTIMACIÓN DE BIOMASA

5.2.1. ESTIMACIÓN DE BIOMASA MEDIANTE EL MODELO ALOMÉTRICO

Una vez utilizado el modelo alométrico explicado en el apartado 4.6.2 con los datos del Inventario de Campo de las Parcelas Circulares se obtiene la biomasa estimada (kg/m²) en cada una de ellas para este año 2016. Sin embargo, como ya se ha dicho anteriormente, los datos LiDAR se corresponden con el año 2011, por ello se hace una simulación de los datos de campo del 2011 con datos de crecimiento (apartado 4.6.3). Tras ello se obtienen los siguientes valores de biomasa:

Tabla 13. Valores de biomasa (kg/m²) estimada en el año 2016 y simulada en el 2011

Parcela	Biomasa estimada en 2016 (kg/m ²)	Biomasa simulada en 2011 (kg/m ²)
1	45.86	44.92
2	90.78	88.51
3	24.87	24.20
4	54.66	53.40
5	19.54	18.97
6	35.44	34.80
7	33.51	32.75
8	95.59	93.92
9	86.16	85.43
10	46.55	44.98
11	54.03	51.85
12	8.39	7.61

El cálculo detallado de estos valores de biomasa queda indicado en los Anexos 3 y 4.

Como se puede observar hay variabilidad en cuanto a la biomasa en las diferentes parcelas, desde la parcela 12 que no llega a tener 10 kg/m², hasta la parcela 8 que se sitúa cerca de los 100 kg/m².

5.2.2. ANÁLISIS DE REGRESIÓN

Con el análisis de regresión lo que se desea conseguir es un modelo que relacione los parámetros LIDAR con la biomasa.

Para ello en primer lugar hay que tener en cuenta cuál es la correlación de estos parámetros con la biomasa, para elegir los parámetros con una mayor correlación y proponer así diferentes modelos de regresión. Estos son, los percentiles más altos (90,95 y 99), la desviación estándar y la altura máxima, tal y como se puede ver en la tabla siguiente:

Tabla 14. Matriz de correlación entre todos los parámetros LIDAR con la biomasa (Inventario de campo)
(Leyenda: Biom: biomasa, ske: skewnes (oblicuidad), kur:kurtiosis, qav: cuadrado de la altura media, std: desviación estándar, p99: percentil 99 de altura, p95: percentil 95 de altura, p90: percentil 90 de altura, p75: percentil 75 de altura, p50: percentil 50 de altura, p25: percentil 25 de altura, p10: percentil 10 de altura, p05: percentil 05 de altura, p01: percentil 01 de altura, avg: media de la altura, max: altura máxima)

	ske	kur	qav	std	p01	p05	p10	p25	p50	p75	p90	p95	p99	avg	max
Biom	-0.31	-0.34	-0.33	0.73	0.14	0.15	0.15	0.09	0.18	0.44	0.71	0.72	0.73	0.48	0.73

Tanto la desviación estándar, como los percentiles 90, 95 y 99 y la altura máxima tienen una correlación en torno a 0.7, con la biomasa, mientras que el resto de parámetros constan de una correlación inferior a 0.5, siendo el percentil 25 el que tiene el valor de correlación más pequeño, tan solo 0.09.

Por otra parte, se observan tanto valores de correlación positivos como negativos, siendo estos últimos los correspondientes a la correlación entre el cuadrado de la altura media, la curtosis y la oblicuidad con la biomasa.

Teniendo esto en cuenta se propusieron 18 modelos de regresión lineales diferentes:

- **MODELO 1:** Modelo de regresión lineal múltiple. Se van a introducir todos los parámetros de LIDAR. Este modelo queda descartado, porque el número de variables predictivas es superior al número de observaciones, por lo que se sobreajusta.

- **MODELO 2:** Modelo de regresión lineal múltiple. Se van a introducir los parámetros de LiDAR que más correlación tienen con la biomasa. Estos son: desviación estándar (std), percentiles de altura 99 (p99), 95 (p95), 90 (p90) y la altura máxima (max).
- **MODELO 3:** Modelo de regresión lineal múltiple. De los parámetros LiDAR que más correlación tienen con la biomasa se van a introducir en el modelo aquellos que tengan menos correlación con los otros, para intentar que haya información más diferente. Se han decidido los siguientes: percentil de altura 99 (p99), la desviación estándar (std), y la altura máxima (max).
- **MODELO 4:** Modelo de regresión lineal múltiple. Reducción del modelo anterior. Se han decidido los siguientes: percentil de altura 99 (p99) y la desviación estándar (std).
- **MODELO 5:** Modelo de regresión lineal múltiple. Reducción del modelo 3. Se han decidido los siguientes: percentil de altura 99 (p99) y la altura máxima (max).
- **MODELO 6:** Modelo de regresión lineal múltiple. Reducción del modelo anterior. Se han decidido los siguientes: la altura máxima (max) y la desviación estándar (std).
- **MODELO 7:** Modelo de regresión lineal simple. Únicamente se va a introducir un parámetro LiDAR, el percentil 99, porque es el parámetro que tiene uno de los mayores coeficiente de correlación.
- **MODELO 8:** Modelo de regresión lineal simple. Únicamente se va a introducir un parámetro LiDAR, la desviación estándar, porque es el parámetro que tiene uno de los mayores coeficiente de correlación.
- **MODELO 9:** Modelo de regresión lineal simple. Únicamente se va a introducir un parámetro LiDAR, la altura máxima, porque es el parámetro que tiene uno de los mayores coeficiente de correlación.

Los 9 modelos siguientes son los mismos, pero en vez de poner el parámetro, se introduce la transformación logarítmica del parámetro, ya que como se ha podido observar en los histogramas, los parámetros LiDAR no siguen una distribución normal, por lo que con la transformación logarítmica se intentará conseguir eso. Sin embargo, estos modelos logarítmicos también quedan descartados, ya que no se percibió ninguna mejora al comparar con el modelo sin la transformación logarítmica.

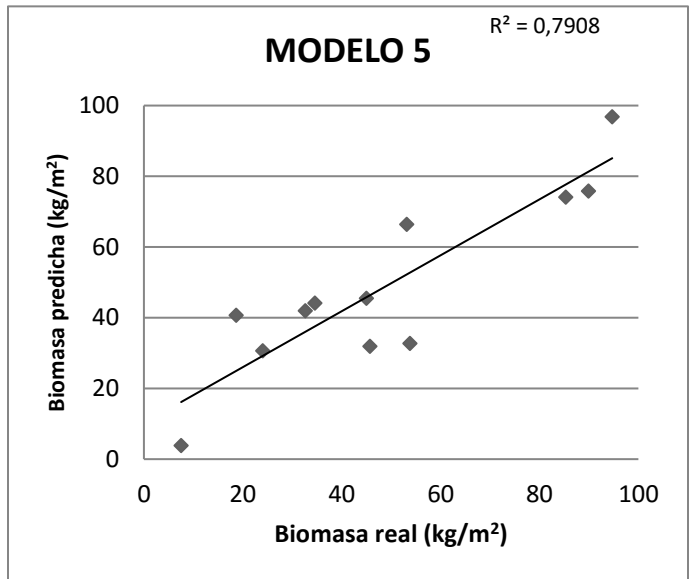
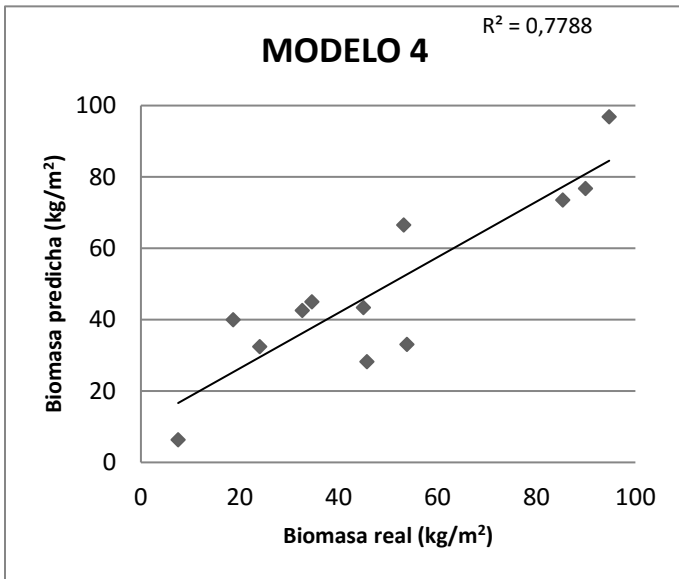
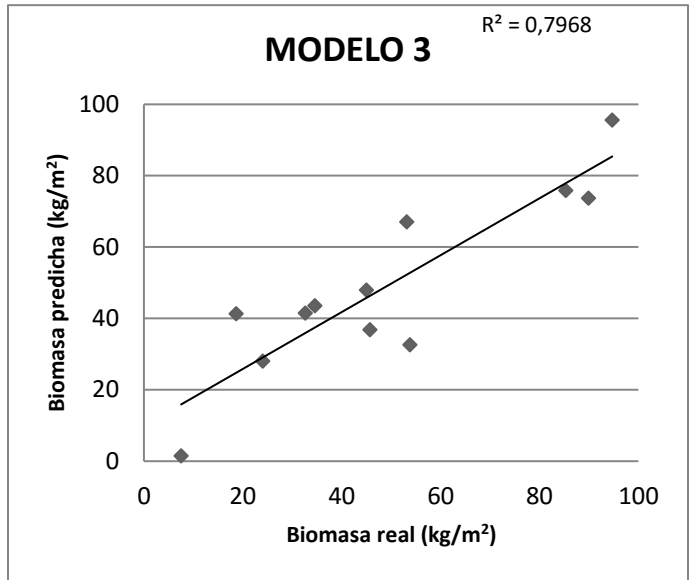
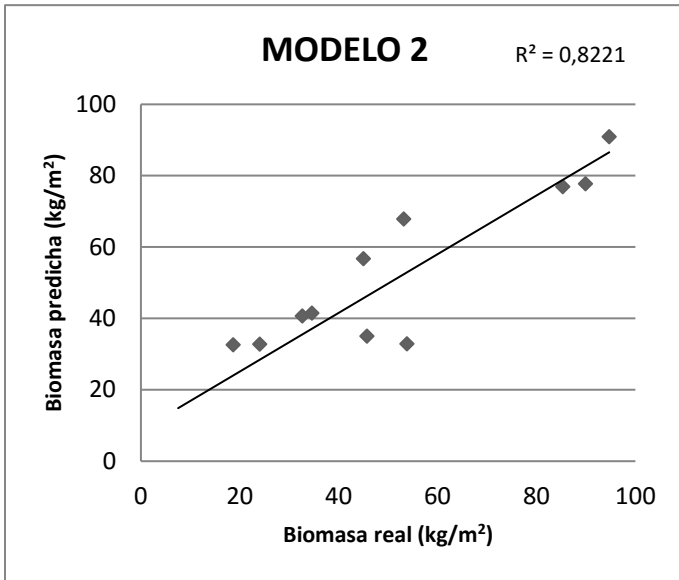
A continuación, se muestran las ecuaciones, coeficientes de regresión y error absoluto (Tabla 15), así como los gráficos de biomasa real frente a la predicha por los 8 modelos propuestos finalmente (Figura 10).

Todos los modelos tienen un coeficiente R^2 superior a 0.5, siendo el Modelo 8, que es el que introduce la desviación estándar como única variable independiente, el que menor R^2 tiene, 0.602; mientras que el modelo que tiene un mayor coeficiente es el Modelo 2, 0.822, que es el modelo de regresión múltiple que incluye como variables independientes la desviación estándar, los percentiles 90,95 y 99 y la altura máxima.

Tabla 15. Ecuaciones de regresión de los modelos de regresión junto con coeficiente de regresión (R^2) así como el error absoluto y el error típico expresados en kg/m^2

(Leyenda: *std*: desviación estándar, *p99*: percentil 99 de altura, *p95*: percentil 95 de altura, *p90*: percentil 90 de altura, *p75*: percentil 75 de altura, *p50*: percentil 50 de altura, *p25*: percentil 25 de altura, *p10*: percentil 10 de altura, *p05*: percentil 05 de altura, *p01*: percentil 01 de altura)

	ECUACIÓN	R^2	Error absoluto (kg/m^2)	Error típico (kg/m^2)
MODELO 2	$\text{Biomasa}(\text{kg}/\text{m}^2) = -24,135 - 6,185 * \text{std} + 28,588 * p99 - 17,742 * p95 + 7,503 * p90 - 12,005 * \text{max}$	0.822	10.64	16.23
MODELO 3	$\text{Biomasa}(\text{kg}/\text{m}^2) = -17,311 - 4,315 * \text{std} - 7,865 * p99 + 13,007 * \text{max}$	0.797	10.33	15.03
MODELO 4	$\text{Biomasa}(\text{kg}/\text{m}^2) = -10,129 - 5,933 * \text{std} + 5,626 * p99$	0.779	10.96	14.78
MODELO 5	$\text{Biomasa}(\text{kg}/\text{m}^2) = -13,781 - 5,51 * \text{std} + 5,556 * \text{max}$	0.791	10.61	14.37
MODELO 6	$\text{Biomasa}(\text{kg}/\text{m}^2) = -14,567 - 15,564 * p99 + 18,762 * \text{max}$	0.776	10.31	14.89
MODELO 7	$\text{Biomasa}(\text{kg}/\text{m}^2) = -0,367 + 2,776 * p99$	0.731	10.43	15.47
MODELO 8	$\text{Biomasa}(\text{kg}/\text{m}^2) = 13,858 + 5,09 * \text{std}$	0.602	11.25	18.80
MODELO 9	$\text{Biomasa}(\text{kg}/\text{m}^2) = -2,919 + 2,862 * \text{max}$	0.743	10.39	15.10



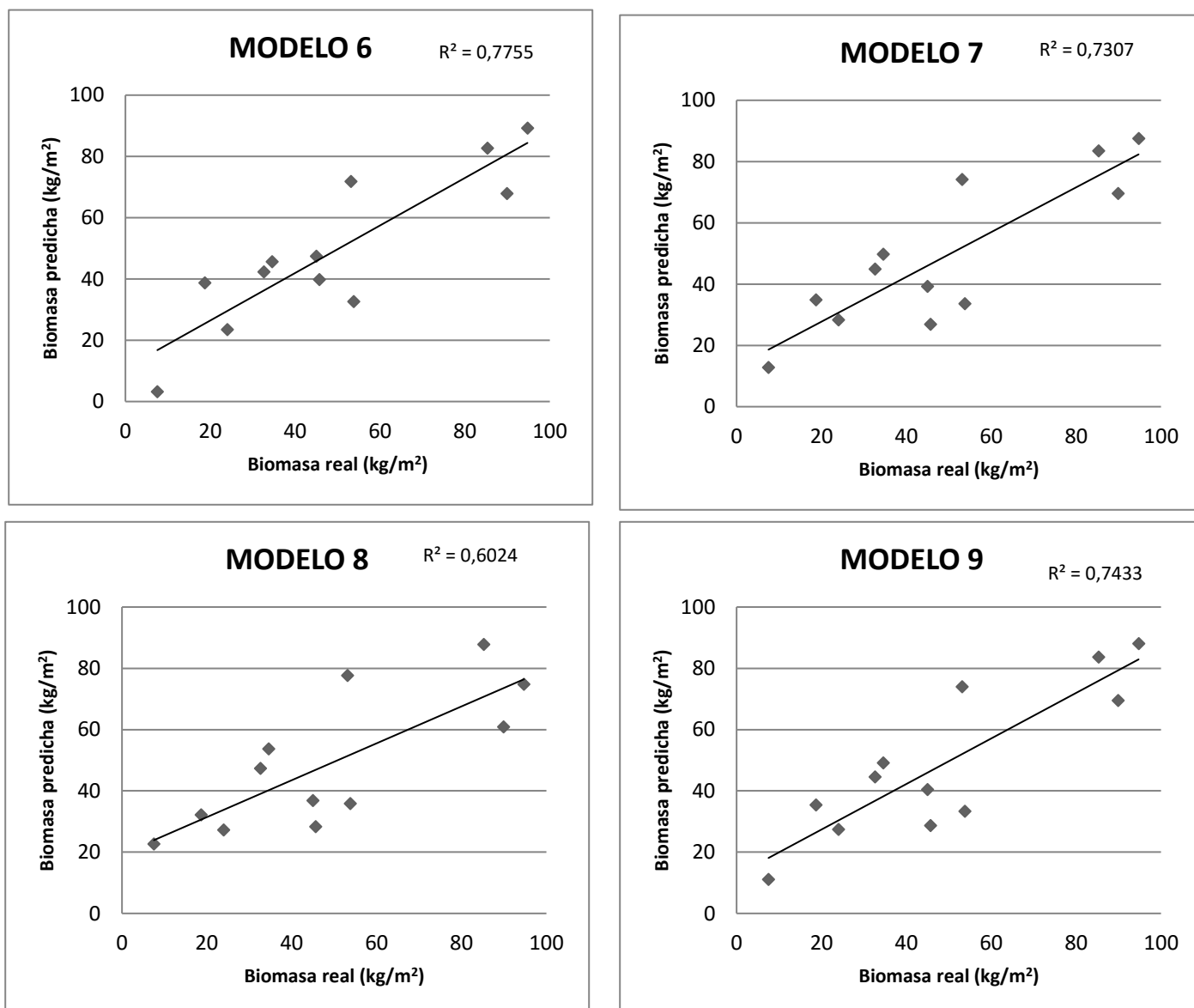


Figura 11. Representación de la biomasa predicha frente a la biomasa real en kg/m^2 al aplicar los 9 modelos de regresión

5.2.3. MAPA DE BIOMASA

Como queda explicado en el apartado de metodología, con el modelo que mejor se ajuste a los datos, que en este caso es el **Modelo 2**, se genera el mapa de biomasa en el cual queda reflejado los kg/m^2 estimados en cada pixel de la totalidad del Parque Fluvial.

El valor mínimo de biomasa es $0 \text{ kg}/\text{m}^2 \pm 10.64 \text{ kg}/\text{m}^2$, mientras que el máximo es $379 \text{ kg}/\text{m}^2 \pm 10.64 \text{ kg}/\text{m}^2$, siendo el valor medio de $24.73 \text{ kg}/\text{m}^2 \pm 10.64 \text{ kg}/\text{m}^2$, con una desviación estándar de $29.10 \text{ kg}/\text{m}^2 \pm 10.64 \text{ kg}/\text{m}^2$. Como se ve el valor máximo está muy lejos de la media, lo que indica que la distribución de la biomasa no sigue una distribución normal (Figura 12), sino que la mayoría de valores se sitúan a la izquierda del valor medio, y a la derecha, aparece una cola.

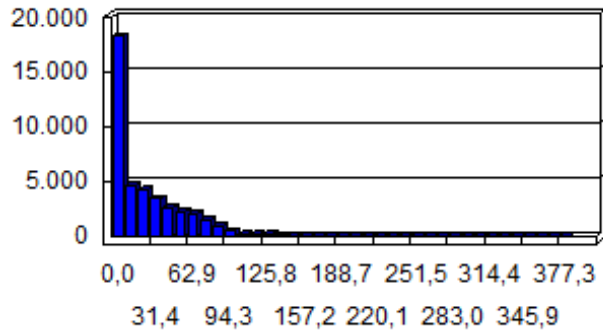


Figura 12. Frecuencia de distribución de la Biomasa (kg/m²) del Parque Fluvial (Eje vertical: Valores de frecuencia de distribución, Eje horizontal: Valores de biomasa en kg/m²)

En la figura siguiente (Figura 13) se muestra un detalle del mapa de biomasa de la zona utilizada para mostrar los parámetros LiDAR (municipio de Barañain) en el cual se pueden apreciar zonas con valores diferentes de biomasa.

Las zonas con valores de biomasa bajos se corresponden con recintos de parque, zonas rasas, sin vegetación, tan sólo césped o en las que hay pocos árboles; mientras que por el contrario las zonas que tienen valores de biomasa más altos se corresponden con aquellas que tienen una alta densidad arborea, árboles de gran altura, como pueden ser los chopos.

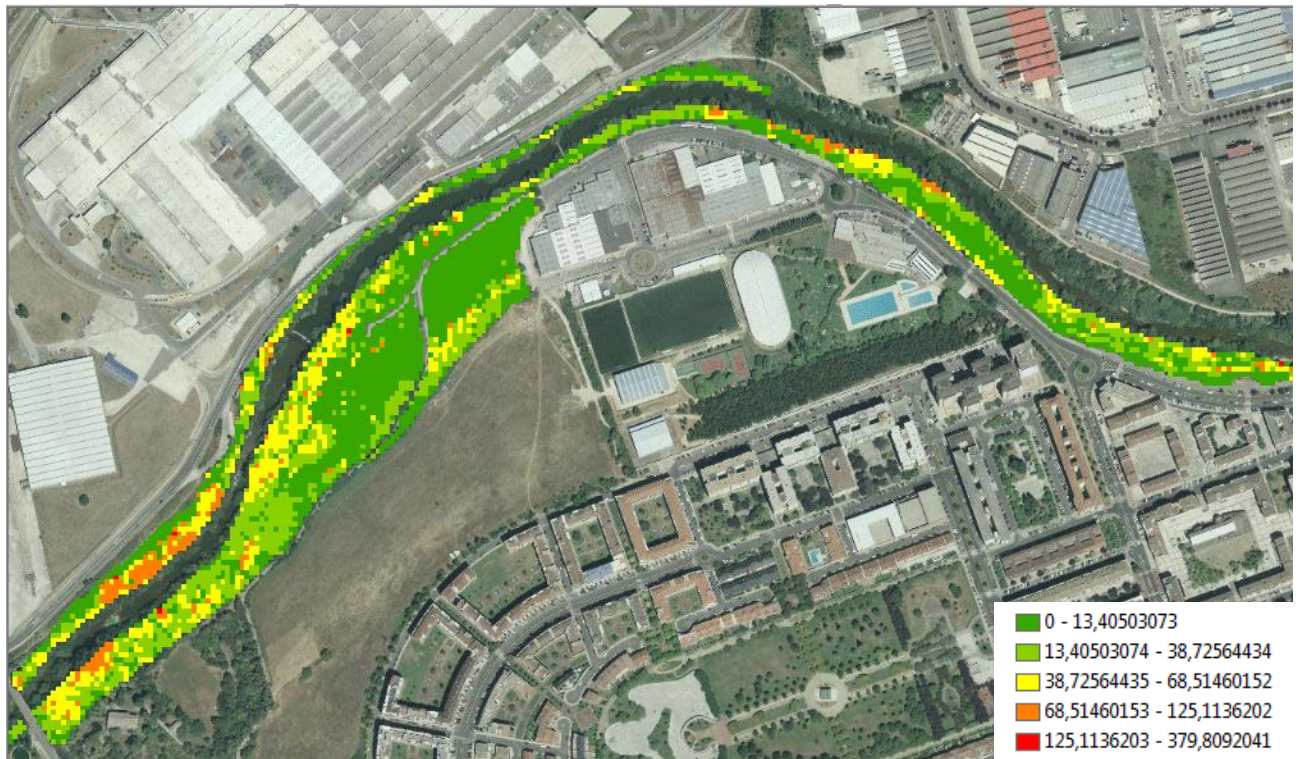


Figura 13. Detalle del mapa de biomasa de la zona de Barañain. (Leyenda: Escala de valores de biomasa en kg/m²)

En el ANEXO 6 se incluyen dos mapas en A3 donde se muestra el mapa de biomasa de todo el Parque Fluvial, de tal forma que se puedan apreciar mejor las zonas con mayor o menor biomasa en la totalidad del Parque. Teniendo en cuenta los rangos en que se ha dividido la biomasa en todos los mapas, la distribución del Parque entero quedaría de la siguiente manera:

- Casi la mitad de los píxeles que forman el Parque Fluvial, el 49% concretamente, tienen valores de biomasa que van desde 0 a 13.4 kg/m² ±10.64 kg/m².

- En segundo lugar, un 24.7 % de los píxeles, tienen una biomasa de entre 13.4 y 38.7 kg/m² ±10.64 kg/m².
- Un 16.6% del Parque tiene un valor superior de biomasa, de entre 38.7 y 68.5 kg/m². ±10.64 kg/m².
- Tan sólo un 9.7% del Parque consta de valores superiores a 68.5 kg/m², siendo un 0.4% del Parque el que toma el intervalo mayor de biomasa, de 125.1 a 379.8 kg/m² ±10.64 kg/m².

5.3. FIJACIÓN DE CO₂

Las existencias totales de biomasa y de carbono del Parque Fluvial, que se pueden ver en la Tabla 16, son **de 19379 ± 9044 toneladas de materia seca y 9689.5 ± 4522 toneladas de carbono**. Lo que supone un total de **35560.5 toneladas de CO₂ fijado**.

Tabla 16. Existencias totales de biomasa (t), carbono (t) y toneladas de CO₂ del Parque Fluvial de la Comarca de Pamplona

	Existencias totales ± error muestral
Biomasa (t)	19379 ± 9044
Carbono (t)	9689.5 ± 4522
CO₂ (t)	35560.5

5.4. CLASIFICACIÓN MEDIANTE DATOS LIDAR

En el ANEXO 8 se muestran dos mapas (7 y 8) los cuales representan la Clasificación por alturas propuesta en la Metodología, con ayuda de los datos LIDAR. El primer mapa se corresponde con aquellas zonas dentro de los municipios de Cendea de Olza, Barañaín y Zizur Mayor, mientras que el segundo con aquellas zonas en los municipios restantes, que son: Burlada, Villaba, Huarte, Egüés, Esteribar y Ezkabarte.

Cada píxel tiene un valor de clase, según su altura, como se ha explicado en el apartado 4.6.7, de tal forma que se crea un mapa en el cual se pueden distinguir diferentes zonas. Aquellas que tienen un valor de clase 1 se corresponden con zonas del Parque Fluvial con árboles de gran altura, mientras que aquellas con valor de clase 4, se corresponden con zonas en las que no hay vegetación, como pueden ser los parques infantiles o zonas recreativas. En la figura siguiente (Figura 14) se puede ver un detalle de este mapa de Clasificación, de la zona concreta que se ha utilizado en los apartados anteriores (Barañaín), en el cual se aprecia una clara diferenciación según la altura.

Hay una zona extensa con valor de clase 4, que se corresponde con una zona recreativa del Parque llamada Área Eulza, en la cual la vegetación es escasa, ya que se trata de una zona ocupada mayoritariamente por césped. Por otra parte, junto al río se ven píxeles con valor de clase 1, estas zonas normalmente están ocupadas por vegetación de ribera, que suelen ser chopos de gran altura.

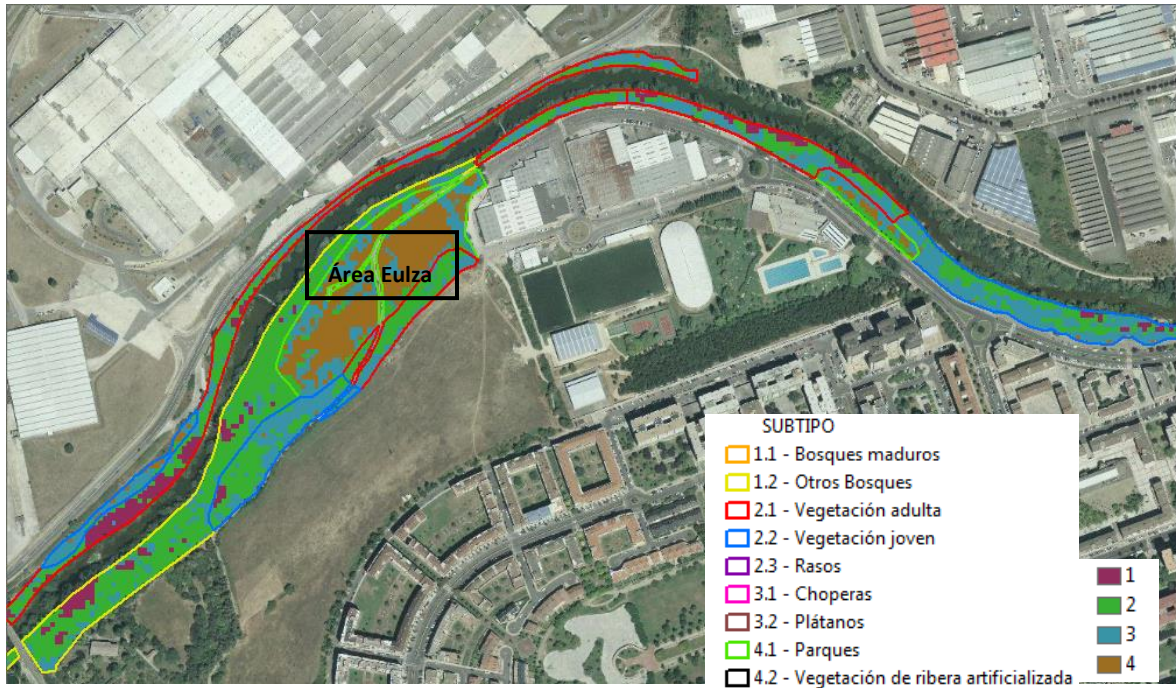


Figura 14. Detalle de la Clasificación por alturas junto con la Zonificación con el Inventario de campo de 2013 de la zona de Barañaín

(Leyenda: del 1-4, Clasificación por alturas; del 1.1 al 4.2, Zonificación del Inventario de Campo de 2013)

Además, se ha añadido la Zonificación realizada con el Inventario de campo de 2013 de la misma zona, de tal forma que se pueda comparar una clasificación con otra y poder extraer conclusiones. Se aprecia consistencia entre ellas, a pesar de que la Zonificación del 2013 es menos detallada por un tema de resolución espacial.

Tal y como muestra la Figura 14, el Área Eulza contiene píxeles con valores de clase 4, lo que indica que se trata de zonas con valores de altura 0. Precisamente esta zona concreta no tiene árboles ni arbustos, sino que se trata de una zona recreativa, en la que la única vegetación es el césped.

Si se observa con detalle tanto el Mapa 7 como el 8 (ANEXO 8), por todo el Parque Fluvial hay zonas en las que la clase 4 es predominante. Estas zonas se corresponden con las áreas recreativas del Parque, como la Playa de Oricáin (municipio de Eskabarte), el área de Olloki (municipio de Esteribar), o las áreas Zokoa y Berroa (municipio de Huarte) (Figura 3).

Por el contrario, se aprecian zonas en las que la clase predominante es la 1, es decir vegetación arbórea de gran altura. Estas zonas se corresponden en su gran mayoría con zonas de ribera de río, en las que como ya se ha comentado, una de las especies principales es el chopo. Los chopos adultos, que son los que habitan estas zonas, suelen tener un gran tamaño y altura, por lo que se corresponde claramente con esta clase.

Las clases 2 y 3 son más difíciles de interpretar, ya que están algo más mezcladas por todo el Parque, sin embargo, suele coincidir que cerca de una zona con píxeles que tienen clase 4, haya píxeles con clase 3, y junto a píxeles de clase 1, píxeles de clase 2.

Para comparar mejor estas clases y poder afirmar que esta clasificación realizada con los datos LiDAR es fiable, lo que se ha hecho es superponer la capa de Clasificación por alturas con la Zonificación con los datos del Inventario de 2013. En primer lugar, si se tiene en cuenta el detalle de la Figura 14, se ve claramente como las zonas con clase 3 y sobre todo 4 se corresponden con aquellas Subclases denominadas en el Inventario de campo de 2013 como "Parques"; mientras que las zonas con clase 1, se corresponden con las Subclases "Vegetación adulta", y las zonas con clase 2 y 3 con "Vegetación joven" y "Otros Bosques".

Esto mismo ocurre si se tiene en cuenta la extensión del Parque Fluvial completa:

- Las zonas de Clase 1, o Vegetación arbórea de gran altura, se corresponden en su mayor parte con aquellas zonas de la Zonificación del Inventario de 2013 pertenecientes a los Subtipos: “Choperas”, “Vegetación adulta”, “Bosques maduros”, “Otros Bosques “y algún recinto de” Vegetación de ribera artificializada”; todas ellas subclases en las que la altura de los árboles es alta
- Las zonas de Clase 2 o Vegetación arbórea de altura media con algo de vegetación arbustiva, con aquellas pertenecientes a los Subtipos: “Otros bosques”, “Vegetación joven”, “Plátanos” y algún recinto de” Vegetación de ribera artificializada”, subclases o concretamenet recintos con alturas de árboles inferiores a las anteriores.
- Las zonas de Clase 4 o Raso se corresponden casi al 100% con zonas de Parques y Rasos según la zonificación de del Inventario de 2013.

Por otra parte, las zonas de Clase 3 o Vegetación baja o arbustiva, aparecen distribuidas por todo el parque, sobre todo en zonas de ribera de río, ya que en estas zonas predomina la vegetación arbstiva junto con árboles de más tamaño.

6. DISCUSIÓN

Los resultados de este trabajo muestran que las observaciones LiDAR son una interesante fuente de información para aplicaciones forestales o, en general, relacionadas con la vegetación, tal y como observaron otros autores (Dubayah & Drake, 2000; Harding et al., 2001; Lefsky et al., 1999a; Naesset, 1997; Naesset & Bjerknes, 2001; Nelson et al., 1984, Nelson et al., 2003; Ritchie et al., 1993). En este estudio concreto, los parámetros LiDAR calculados han proporcionado información sobre la altura de la vegetación, lo que permite realizar clasificaciones o estratificaciones de masas arbóreas e incluso obtener estimaciones de su biomasa.

Sin embargo, varios de los parámetros LiDAR investigados aportan una información muy similar, ya que, tal y como se puede observar en la Tabla 12, tienen una alta correlación entre sí. Tal es el caso de los percentiles 90, 95,99, altura máxima y desviación estándar, que al tener correlaciones tan altas indican que la información que aportan es casi idéntica. Esto se puede apreciar perfectamente en la Figura 9 c, j, k, l y m, así como en los valores máximos, mínimos y medios de la tabla 11, que para los percentiles de altura son prácticamente los mismos. Lo mismo ocurre con los percentiles más bajos, el 01, 05 y el 10, que tienen una alta correlación entre sí, indicando que proporcionan la misma información, lo que también se puede apreciar gráficamente en la Figura 9. Estos valores de correlación tan elevados pueden deberse a la baja densidad de puntos del vuelo LiDAR utilizado. Observaciones con densidades mayores permitirían una mejor caracterización del perfil de alturas de las cubiertas, lo que resultaría en mayores diferencias entre los distintos percentiles en función de la configuración y características de las masas arbóreas.

Por otra parte, los resultados muestran que la información LiDAR puede utilizarse para obtener estimaciones precisas de la biomasa del Parque Fluvial. Esto se debe a que algunos de los parámetros LiDAR se encuentran bien correlacionados con la biomasa estimada, tal y como se observa en la Tabla 14, y por consiguiente con las variables medidas en las parcelas de campo. Los modelos de regresión lineal múltiple han mostrado una precisión alta, tal y como se deriva de los valores obtenidos del coeficiente de determinación R^2 (Tabla 15).

En primer lugar, hay que destacar que no todos los parámetros LiDAR tienen la misma correlación con la biomasa. Aquellos que tienen una mayor correlación son precisamente los que proporcionan información sobre la altura de los árboles, mientras que los percentiles más bajos, proporcionan más información sobre el suelo. Esto tiene sentido, ya que la biomasa de un árbol depende en gran medida de su altura, los árboles más altos y vigorosos suelen ser los que más peso tienen.

En segundo lugar, a pesar de que se ha elegido un modelo lineal múltiple, en este caso se podría haber optado por un modelo lineal simple con tan sólo un parámetro LiDAR, ya que, en el modelo múltiple, los parámetros utilizados tienen bastante correlación entre ellos, por lo que se puede tender a sobreajustar el modelo.

Resulta interesante, por otra parte, que los valores de R^2 de los modelos de regresión (Tabla 15) sean parecidos a otros estudios con los mismos parámetros LiDAR que se han usado en este trabajo (Tabla 17), ya que la mayoría de éstos se realizaron en masas homogéneas y muy regulares, y no en entornos urbanos (Cabrera et al., 2015, García et al., 2010; Lefsky et al., 1999b; Lefsky et al., 2002; Lim & Treitz, 2004; Naesset 2002, 2004; Popescu et al., 2007), muy diferentes a las características de gran heterogeneidad e irregularidad del Parque Fluvial. Es importante recalcar que la calidad del ajuste de los modelos de regresión no sólo depende de las características de la masa forestal, sino también de las propias características del sensor LiDAR, principalmente la densidad de puntos, y la intensidad del muestreo manual, o inventario de campo (Naesset, 2004; González-Ferreiro et al., 2012, Treitz et al., 2012; Mauro et al., 2013).

Tabla 17. Valores de R² para diferentes modelos de estimación de biomasa utilizando distintos parámetros LiDAR (se indican los R² más altos conseguidos con algunos de los parámetros de LiDAR para especies en general)

Obtenido en este estudio	Lim & Treitz, 2004	Hawbaker <i>et al.</i> , 2009	García <i>et al.</i> , 2010	Zaldo <i>et al.</i> , 2010	Mariappan <i>et al.</i> , 2012	He <i>et al.</i> , 2013	Montagnoli <i>et al.</i> , 2015	Singh <i>et al.</i> , 2015
0.82	0.82	0.89	0.6	0.81	0.95	0.74	0.76	0.82

Por otro lado, existen posibles fuentes de error que explicarían las diferencias entre los valores predichos y los reales u observados. En primer lugar, los valores de biomasa real se han obtenido a partir de un modelo alométrico de ámbito nacional (Montero *et al.*, 2005), por lo que la biomasa no es propiamente la observada (mediante muestreos destructivos de tala y pesaje). Y además como los datos del inventario de campo se correspondían con el año 2016, y los datos LiDAR del 2011, se simuló un crecimiento, que al ser una estimación también puede provocar cierto grado de error. En segundo lugar, existen efectos de borde en las parcelas inventariadas respecto a las digitales. Hay árboles en los que su tronco está fuera de la parcela, pero que su copa se encuentra dentro de ésta, que no se han inventariado en las parcelas de campo, pero pueden representar retornos LiDAR o, al contrario, árboles que se encuentran dentro de la parcela, pero su copa no. La tercera fuente de error incluye los errores debidos al posicionamiento de las parcelas inventariadas, lo que hace que la correspondencia entre los centros de las parcelas de campo y los centros de las parcelas de los parámetros LiDAR no sea perfecta.

Por último, las alturas derivadas de la nube de puntos LiDAR se deberían obtener por diferencia entre las alturas originales con un modelo digital del terreno, que se construye mediante dos algoritmos. El primero extrae aquellos puntos que se consideran terreno, y el segundo interpola dichos puntos para crear el modelo. Ambos procesos pueden realizarse mediante distintos algoritmos (e.g., Kraus & Pfeifer, 1998 o Sithole & Vosselman, 2004) que inevitablemente conllevan cierto grado de error. Además, en este caso concreto el MDT se obtuvo a partir de la altura mínima de las observaciones, procedimiento bastante simplista que puede deberia refinarse en un futuro.

Teniendo en cuenta todo ello al final lo que se obtiene es un valor de biomasa total, sujeto a cierto grado de error, al cual se le aplican unos coeficientes y se obtiene que se transforma a un valor de fijación de CO₂. utilizando unos coeficientes genéricos. Es, por tanto, importante tener en cuenta que esta fijación hay que interpretarla como potencial, se trata de lo que podría haber absorbido el Parque Fluvial en toda su extensión a lo largo de todos sus años de vida, sabiendo que, en los bosques, el periodo de almacenamiento y velocidad de fijación de carbono en la vegetación y suelo varía, dependiendo de la especie y de la calidad de la zona, del clima y de las prácticas y alteraciones a las que esté sometida la vegetación (del Álamo, 2007). Por eso, para poder dar un valor preciso de fijación anual de CO₂, sería necesario contar con información más detallada sobre cada árbol (especie, edad, condiciones de suelo, etc.) para poder caracterizar, por un lado, la dinámica del carbono en los ecosistemas forestales, y por otro, las modificaciones de los flujos de carbono derivadas de los patrones de cambio de uso del suelo (Ordóñez, 2001)

Además, según del Álamo (2007), hay cinco depósitos donde se acumula el carbono en el ecosistema forestal: en la masa vegetal sobre el suelo, que incluye la parte aérea de los árboles y arbustos; en la masa vegetal del suelo, que incluye raíces; en la masa vegetal muerta, que incluye los árboles muertos, así como el material vegetal muerto presente en el ecosistema; y por último en la capa de material orgánico no descompuesto que se encuentra sobre el suelo. Para la estimación del carbono en este trabajo no se ha tenido en cuenta todo esto, sino únicamente la primera masa, la parte aérea de los árboles.

7. CONCLUSIONES Y DESARROLLOS FUTUROS

La obtención de la biomasa forestal es una información de vital importancia, no solo para el cumplimiento del protocolo de Kyoto, si no para el bienestar mundial, por lo tanto, encontrar metodologías de estimación por técnicas no destructivas, como es el caso de la teledetección, ayudarán a la toma de decisiones de los gobiernos locales, a fin de hallar respuestas urgentes para hacer frente al cambio climático.

Los resultados aquí obtenidos demuestran que el LiDAR se puede considerar una herramienta de teledetección viable para estimar la cantidad de CO₂ fijado por el Parque Fluvial, aunque sí que es verdad que no se ha alcanzado el objetivo de estimar la fijación anual para poder incluirla en el cálculo de la Huella de Carbono de la MCP. Por otra parte, los datos LiDAR permiten estimar con gran precisión la biomasa forestal, sin necesidad de ir a campo con todo el trabajo, tiempo y dinero que eso conlleva. Asimismo, es posible obtener un modelo de regresión con parámetros LiDAR y extenderlo a todo el Parque Fluvial y así obtener un mapa de biomasa arbórea, siendo los percentiles 99, 95 y 90, así como la altura máxima y la desviación estándar, los parámetros de LiDAR que mejor se correlacionan con la biomasa, que ya habían tenido buenos resultados en otros estudios. Por último, hay que destacar que el LiDAR es una herramienta rápida y efectiva para clasificar masas forestales, como el Parque Fluvial, y realizar una zonificación del mismo por rangos de altura.

En cuanto a desarrollos futuros de este trabajo, hay que tener en cuenta, por un lado, que Parque Fluvial es muy heterogéneo en cuanto a especies y recintos; por lo que podría ser que el Inventario de Campo realizado no haya sido suficiente para cubrir tanta variabilidad. Por ello, como **primera mejora** de este trabajo, se podría realizar un Inventario de Campo más extenso.

Por otra parte, al disponer únicamente de datos LiDAR del año 2011 se tuvo que simular la biomasa “real” u observada en campo para ese año. La **segunda mejora**, se podría realizar si se tuvieran datos LiDAR de este año 2016 o del 2017, ya que de esta manera los datos de campo y los datos LiDAR se corresponderían temporalmente y el modelo de regresión sería más exacto. De la mano de esta segunda mejora, se podría proponer una **tercera**. Teniendo datos LiDAR de la misma zona en dos años diferentes resultaría sencillo obtener un mapa de crecimiento, y poder incluso calcular crecimientos anuales de forma más mecánica que utilizando datos de crecimiento forestal y densidades de la madera.

En cuanto a los parámetros utilizados en los modelos de regresión, muchos de ellos han sido usados por otros autores (García et al., 2010; Mariappan et al., 2012; Singh et al., 2015; Zaldo et al., 2010) y han tenido buenos resultados; sin embargo, la **cuarta mejora** que se propone en este trabajo es utilizar algún otro parámetro forestal, que se ha tenido que descartar en este trabajo por falta de tiempo. Tal es el caso de la varianza de altura, el porcentaje de primeros retornos por encima de la media, o la mediana de las desviaciones absolutas del total de la moda, que utiliza Singh et al., (2015) en su estudio; los parámetros relacionados con las intensidades, utilizados por García et al. (2010) o el porcentaje de cobertura de la copa usado por Lefsky et al. (2002). La **última mejora** propuesta para este estudio tiene que ver con la clasificación. Se podrían incluir más parámetros LiDAR y llegar a clasificar el Parque incluso por especies.

La metodología desarrollada en este trabajo demuestra, por tanto, la potencialidad de la tecnología LiDAR aplicada a la gestión de las masas forestales, ya sea para estimar la fijación de CO₂, como en este caso, o para otras muchas aplicaciones (García et al., 2010, Montagnoli et al., 2015; Singh et al., 2015) La adquisición de datos LiDAR está siendo cada vez más sencilla y económica, además, en la actualidad la difusión de este tipo de información se incluye en el Plan Nacional de Observación del Territorio (PNOT) del Ministerio de Fomento, que ofrece la descarga libre de ficheros .las (o .laz) de 2x2 km de prácticamente toda España en el centro de descargas del Instituto Geográfico Nacional (IGN).

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, J. (2016). Introducción al LiDAR. Apuntes de la asignatura: “Teledetección RADAR y LiDAR”. Máster Universitario en SIG y Teledetección. Universidad Pública de Navarra.
- Bortolot, Z.J. & Wyne, R.H. (2005). Estimating forest biomass using small footprint LiDAR data: An individual tree-based approach that incorporates training data. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 59, 342-360.
- Canadell, J. G., Raupach M.R. (2008). Managing forests for climate change mitigation. *Science* 320, 1456-1457.
- Change, U. (2016). *Kyoto Protocol*. [online] Unfccc.int. Available at: http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php [Accessed 31 May 2016].
- Chuvieco, E. (2010). Teledetección ambiental: La observación de la tierra desde el espacio. Ariel, Barcelona
- Del Álamo, J.C. (2007). Ponencia: Bosques y Cambio Climático: La función de los Bosques como Sumideros de Carbono y su Contribución al Cumplimiento del Protocolo de Kioto por parte de España. Foro de Bosques y Cambio Climático. Zaragoza.
- Drake, J.B., Dubayah, R. O., Clark, D.B., Knox, R.G., Blair, J.B., Hofton, M.A., Chadzon, R.L., Weishampel, J.F. y Prince, S. (2002). Estimation of tropical forest structural characteristics using large-footprint lidar. *Remote Sensing of Environment*, 79(2), 305-319.
- Dubayah, R. & Drake, J.B. (2000). Lidar Remote Sensing for Forestry Applications. *Journal of Forestry*.
- Dube, T., Mutanga, O., Shoko, C., Samuel, A., Bangira T. (2016). Remote sensing of aboveground forest biomass: A review. *Tropical Ecology*, 57 (2), 125-132.
- Ec.europa.eu. (2016). *Causes of climate change - European Commission*. [online] Available at: http://ec.europa.eu/clima/change/causes/index_en.htm [Accessed 31 May 2016].
- ESRI. (2016a). *¿Qué es ArcGIS? | ArcGIS Resource Center*. [online] Available at: <http://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm> [Accessed 25 Jul. 2016].
- ESRI. (2016b). *¿Qué son los datos ráster?—Ayuda | ArcGIS for Desktop*. [online] Available at: <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/what-is-raster-data.htm> [Accessed 25 Jul. 2016].
- FAO. (2010). Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010. Términos y definiciones. *Programa de Evaluación de Recursos forestales*. Documento de trabajo 144/S
- García J.C. (2009). Servicio de Sistemas de Información Geográfica y Teledetección Universidad de Girona. Disponible en web: <http://dugi-doc.udg.edu/bitstream/handle/10256/1413/C17.pdf>
- García, M., Riaño, D., Chuvieco, E., Danson, F.M. (2010). Estimating biomass carbon stocks for a Mediterranean forest in central Spain using LiDAR height and intensity data. *Remote Sensing of Environment*, 114, 816-830.
- Giannico, V., Laforteza, R., John, R., Sanesi, G., Pesola, L., Chen, J. (2016). Estimating Stand Volume and Above-Ground Biomass of Urban Forests Using LiDAR. *Remote Sensing* 8:339
- Gobierno de Navarra, Servicio de Montes (2015). Plan General Comarca Zona Media y Ribera Recuperado de: http://www.navarra.es/home_es/Temas/Medio+Ambiente/Montes/Planificacion+forestal.htm

González-Ferreiro, E., Diéguez- Aranda, U., Miranda, D. (2012). Estimation of stand variables in *Pinus radiata* D. Don plantations using different LiDAR pulse densities. *Forestry* cps 002.

Harding, D.J., Lefsky, M.A., Parker, G.G., Blair, J.B. (2001) Laser altimeter canopy height profiles: methods and validation for closed-canopy, broadleaf forests. *Remote Sensing of Environment*, 76: 283-297.

Holmgren, J., Persson, A. (2004). Identifying species of individual trees using airborne laser scanner. *Remote Sens. Environ.* 90, 415-423.

Idae (2016). *Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020 - IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía*. [online] Available at: <http://www.idae.es/index.php/relcategoria.1154/id.663/relmenu.331/mod.pags/mem.detalle> [Accessed 1 Jun. 2016].

IPCC, (2003). Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Penman J, Gytarsky M, Hiraishi T, Kruger D, Pipatti R; buendia L, Miwa K, Ngara T, Tañabe K, Wagner F (Eds.). Intergovernmental Panel On Climate Change (IPCC), IPCC/IGES, Hayama, Japon.

Kollman, F. (1959). *Tecnología de la madera y sus aplicaciones*. Madrid: Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE)

Kraus, K. and Pfeifer, N. (1998). Determination of terrain models in wooded areas with airborne laser scanner data. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 53:193–203.

Lefsky, M.A., Cohen, W.B., Acker, S.A., Parker, G.G., Spies, T.A., Harding, D. (1999a). Lidar Remote Sensing of the Canopy Structure and Biophysical Properties of Douglas-Fir Western Hemlock Forests. *Remote Sensing of Environment*, 70:339 - 361.

Lefsky, M.A., Harding, D., Cohen, W.B., Parker G., Shugart, H.H.(1999b). Surface Lidar Remote Sensing of Basal Area and Biomass in Deciduous Forest of Eastern Maryland, USA. *Remote Sensing of Environment*, 67, 83-98.

Michael A. Lefsky, Warren B. Cohen, David J. Harding, Geoffrey G. Parker, Steven A. Acker and S. Thomas Gower. (2002). Lidar Remote Sensing of Above-Ground Biomass in Three Biomes. *Global Ecology and Biogeography*, (5): 393-399.

Lim, K. & Treitz, P., Wulder M., St-Onge, B., Flood, M. (2003). LiDAR remote sensing of forest structure. *Progress in Physical Geography*, 27: 88-106

Lim, K. & Treitz, P. (2004). Estimation of Above ground Forest Biomass from Airborne Discrete Return Laser Scanner Data Using Canopy-based Quantile Estimators. *Scandinavian Journal of Forest Research* 19: 558-570.

MAGRAMA (2015). Guía para la estimación de absorciones de dióxido de carbono.

MAGRAMA (2016). *Sumideros de carbono - Mecanismos de flexibilidad y sumideros - Cambio climático - magrama.es*. [online] Available at: <http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mecanismos-de-flexibilidad-y-sumideros/sumideros-de-carbono/> [Accessed 1 Jun. 2016]

Malhi, Y., Meir, P., & Brown, S. (2002). *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 360(1797): 1567 – 1591. doi:10.1098/rsta.2002.1020

Mauro, F., García, D., García-Abril, A., Martín-Fernandez, S., Núñez, M.V., González, C., Ayuga, E. (2013). Reducción del número de parcelas de muestreo al incorporar información auxiliar LiDAR en la estimación de variables dasométricas. Presentado en el 6º Congreso Forestal Español, Vitoria.

- Mariappan, M., Lingava, S., Murugaiyan, R., Krishnan, V., Kolanuvada, S.R., Thirumeni, R.S. (2012). Carbon Accounting of Urban Forest in Chennai City using Lidar Data. *European Journal of Scientific Research* 81(3): 314-328.
- McHale, M.R., Burke, I.C., Lefsky, M.A., Peper, P.j., McPherson, E.G. (2009). Urban forest biomass estimates: is it important to use allometric relationships developed specifically for urban trees? *Urban Ecosyst* 12: 95-113
- MCP (2015). Informe del Balance Energético y la de la huella carbono de MCP/SCPSA de Junio de 2015-
- Molina, G. & Rodrigo, M. (2009). Estadística descriptiva en Psicología. Curso 2009-2010. Universidad de Valencia.
- Montagnolli, A., Fusco, S., Terzaghi, M., Kirschbaum, A., Pflugmacher, D., Cohen, W.B., Scippa, G.S., Chiatante, D. (2015). Estimating forest aboveground biomass by low density lidar data in mixed broadleaved forests in the Italian Pre-Alps. *Forest Ecosystems* 2:10.
- Montes, S. De. (2015). Plan General Comarca Zona Media y Ribera.
- Montero, G., Ruiz-Peinado, R., Muñoz, M. (2005). Producción de biomasa y fijación de CO₂ por los bosques españoles. *Monografías INIA: Serie Forestal nº 13*.
- Naesset, E. (1997). Determination of mean tree height of forest stands using airborne laser scanner data. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 52: 49-56.
- Naesset, E. (2002). Predicting forest characteristics with airborne scanning laser using a practical two-stage procedure and field data. *Remote Sensing of Environment* 80: 88-99.
- Naesset, E. (2004). Effects of different flying altitudes on biophysical stand properties estimated from canopy height and density measured with a small-footprint airborne scanning laser. *Remote Sensing of Environment*, 91:243-255.
- Naesset, E. & Gobakken, T. (2008). Estimation of above- and below-ground biomass across regions of the boreal forest zone using airborne laser. *Remote Sensing of Environment*, 112: 3079-3090
- Nelson R., Krabill, W., & MacLean, G. (1984). Determining forest canopy characteristics using airborne laser data. *Remote Sensing of Environment*, 15:201-212.
- Nelson R., Krabill, W., Tonelli, J. (1988). Estimating Forest Biomass and Volume Using Airborne Laser Data. *Remote Sensing of Environment* 24: 247-267.
- Nelson R., Valenti, M.A., Short, A., & Keller, C. (2003). A multiple resource inventory of Delaware using airborne laser data. *Bioscience*, 35: 981-992.
- Ordoñez, J.A. (2001). Captura de carbono ante el cambio climático. *Madera Y Bosques*, 7(1), 3-12.
- Popescu, S.C., 2007. Estimating biomass of individual pine trees using airborne lidar. *Biomass and Bioenergy*, 31: 71-95.
- Ríos-Saucedo, J. C., Acuña-Carmona, E., Cancino-Cancino, J., Rubilar-Pons, R., Navar-Chaidez, J. J., & Rosales-Serna, R. (2016). Allometric equations commonly used for estimating shoot biomass in short-rotation wood energy species: a review. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 22(2): 193-202.
- Ritchie, J.C., Evans, D.L., Jacobs, D., Everitt, J.H., & Weltz, M.A. (1993). Measuring canopy structure with airborne laser altimeter. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 36:1235-1238.
- Rosenqvist, A., Milne, A., Lucas, R., Imhoff, M., Dobson, C. (2003) A review of remote sensing technology in support of the Kyoto Protocol. *Environmental Science & Policy*, 6: 441-445.

- Ruiz-Peinado, R. (2013). *Influencia de la selvicultura en los stocks de carbono*. (Tesis doctoral inédita). Instituto Universitario de Investigación y Gestión Forestal Sostenible. Universidad de Valladolid.
- Ruiz-Peinado, R. (2014). Modelos para la estimación del carbono en la biomasa de los sistemas forestales. Influencia de la selvicultura en los stocks de carbono. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 40: 219-221.
- Schuckman K. & Renslow M. (2012) Lidar technology and applications. College of Earth and Mineral Sciences. The Pennsylvania State University.
- Shrestha, R. & Wynne, R.H. (2012). Estimating Biophysical Parameters of Individual Trees in an Urban Environment Using Small Footprint Discrete-Return. *Remote Sensing* 4: 484-508.
- Singh K.K., Chen G., McCarter J.B., Meentemeyer R.K. (2015). Effects of LiDAR point density and landscape context on estimates of urban forest biomass. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 101:310-322.
- Sithole, G., Vosselman (2004). Experimental comparison of filter algorithms for bare-earth extraction from airborne laser scanning point clouds. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 59: 85-101.
- Treitz, P., Lim, K., Woods, M., Pitt, D., Nesbitt, D., Etheridge, D. (2012). LiDAR Sampling Density for Forest Resource Inventories in Ontario, Canada. *Remote Sensing*, 4: 830-848.
- Vignote Peña, S. (2014). Principales maderas frondosas de España. Características, tecnología y Aplicaciones. Informe técnico. Universidad Politécnica de Madrid, E.T.S.I. Montes.
- Wang, C. & Glenn, N.F. (2008). A linear regression method for tree canopy height estimation using airborne lidar data. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 34: S217-S227.
- Wehr, A., & Lohr, U. (1999). Airborne laser scanning- an introduction and overview. *SPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 54: 68-82

ANEXOS

ANEXO 1: BASE DE DATOS CON LOS DATOS DE CAMPO DEL PARQUE FLUVIAL DE LA COMARCA DE PAMPLONA

En las tablas siguientes se muestra la información proporcionada por la MCP. Se trata del inventario de campo, comentado en el apartado de materiales y metodología, elaborado por Basartea durante el año 2013. En él, se describen los diferentes recintos en los que se dividió el Parque Fluvial, indicando el municipio, una breve descripción, el tipo y subtipo de comunidad, las especies forestales y arbustivas principales, la presencia de especies exóticas, etc.

Tabla 1. Base de datos completa de los datos de campo (Parte 1/5)

(Nº recinto: código del recinto, Sup: superficie en hectáreas, Muni. ; nombre del término municipal, Descrip.: descripción general de la masa vegetal, TipoCom.: Comunidad de síntesis, SubTipCom.: Subtipo de comunidad) **(Fuente: Basartea)**

Nºrecinto	Sup (ha)	Muni	Descrip	TipCom	SubTipCom
1	0,33	Ezcabarte	Frutales en borde de camino con vegetación joven y heterogénea en la franja cercana al río constituida por especies propias de ribera (chopo, sauce, aliso, fresno y olmo).	4.- Otros bosques de ribera	4.4.- Vegetación adulta
2	0,52	Ezcabarte	Formación de chopos con mezcla de fresnos, sauces y arces. Árboles de distintas dimensiones y estructura variable. Hay algunos chopos de grandes dimensiones.	4.- Otros bosques de ribera	4.4.- Vegetación adulta
3	0,31	Ezcabarte	Raso con árboles plantados de fresno y nogal.	2.- Zonas ajardinadas	2.1.- Parques
4	0,70	Ezcabarte	Vegetación arbustiva bastante densa y diversa en especies (sauce, espino, rosa, avellano, boj) con regeneración dispersa de fresno, chopo, arce y olmo. Hay chopos y alisos de mayor desarrollo en el borde del río.	4.- Otros bosques de ribera	4.2.- Vegetación muy joven o arbustiva
5	0,16	Ezcabarte	Zona en curso de colonización, poblada por vegetación arbórea de diversas especies, muy joven y de estructura abierta.	4.- Otros bosques de ribera	4.2.- Vegetación muy joven o arbustiva
6	1,12	Ezcabarte	Vegetación mixta y heterogénea de sauce, chopo, fresno, aliso, arce y algún roble disperso. Chopos de mayor desarrollo con sauces y fresnos de porte arbustivo	1.- Bosques de ribera con valores especiales	1.3.- Bosques adultos
7	0,14	Ezcabarte	Vegetación constituida por cepas de chopos de densidad y desarrollo variable con presencia de algunos fresnos más jóvenes .	4.- Otros bosques de ribera	4.4.- Vegetación adulta
8	0,24	Ezcabarte	Formación en curso de colonización con árboles de distintas dimensiones y especies (arce, fresno, sauce, olmo). Estructura espacial variable.	4.- Otros bosques de ribera	4.2.- Vegetación muy joven o arbustiva
9	0,23	Ezcabarte	Aliseda de estructura irregular con algunos fresnos y arces. Formación bastante cerrada con escaso sotobosque.	1.- Bosques de ribera con valores especiales	1.1.- Bosques maduros complejos

ANEXOS

ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CARBONO FIJADO POR EL PARQUE FLUVIAL DE LA COMARCA DE PAMPLONA MEDIANTE HERRAMIENTAS LIDAR



10	0,06	Ezcabarte	Zarzal	3.- Zonas degradadas a mejorar	3.2.- Restauración de la cobertura vegetal
11	0,14	Ezcabarte	Vegetación joven y heterogénea con una gran variedad de especies y dimensiones. Presencia de numerosos olmos secos.	4.- Otros bosques de ribera	4.4.- Vegetación adulta
12	0,14	Ezcabarte	Grupo de chopos adultos bastante debilitados con una abundante regeneración de otras especies (fresno, tilo, arce, olmo,)	4.- Otros bosques de ribera	4.3.- Vegetación biestratificada
13	0,41	Ezcabarte	Vegetación muy heterogénea, constituida por una mezcla de aliso y arce, con algunos chopos dispersos. Sotobosque formado por numerosos fresnos jóvenes y muchos avellanos. Hay un roble y un tilo.	1.- Bosques de ribera con valores especiales	1.3.- Bosques adultos
14	0,30	Ezcabarte	Vegetación mixta y heterogénea de chopo y sauce principalmente. El sauce en su mayoría se encuentra en estrato arbustivo, con olmos y fresnos dispersos	1.- Bosques de ribera con valores especiales	1.4. Bosques jóvenes
15	0,45	Ezcabarte	Zona rasa con zarza en la zona más alejada del río y algunos pequeños saucos en la orilla.	3.- Zonas degradadas a mejorar	3.2.- Restauración de la cobertura vegetal
16	0,34	Ezcabarte	Chopera de producción bien desarrollada con dos olmos de grandes dimensiones (45cm). Franja de alisos y saucos en la margen del río. Zona desbrozada y acondicionada para el uso público.	3.- Zonas degradadas a mejorar	3.3.- Choperas
17	0,32	Ezcabarte	Vegetación muy heterogénea constituida por una mezcla de especies (aliso, fresno sauce y algo de chopo) con árboles de distintas dimensiones. Presencia de algunos chopos viejos y esporádicamente de falsa acacia. Abundante regeneración de fresno y olmo.	3.- Zonas degradadas a mejorar	3.1.- Control de especies exóticas invasoras
18	0,35	Ezcabarte	Vegetación mixta y heterogénea de chopo, sauce y fresno, con predominio de chopo. Sauce y fresno de poco porte, con algún nogal disperso	1.- Bosques de ribera con valores especiales	1.3.- Bosques adultos
19	0,95	Ezcabarte	Chopera de mediana calidad y buen desarrollo con regeneración de fresno bajo cubierta. Algunos fresnos y saucos de poco porte por bosquetes densos.	3.- Zonas degradadas a mejorar	3.3.- Choperas
20	0,21	Ezcabarte	Vegetación mixta y heterogénea de chopo, sauce y fresno, con predominio de chopo. Sauce y fresno de poco porte, con algún nogal disperso	1.- Bosques de ribera con valores especiales	1.4. Bosques jóvenes

21	0,25	Ezcabarte	Formación con chopos adultos rodeados de árboles de menor desarrollo de varias especies (chopos, fresnos y olmos). Presencia puntual de sauce.	4.- Otros bosques de ribera	4.3.- Vegetación biestratificada
22	0,08	Ezcabarte	Plantación abierta de fresnos. Zona ajardinada mantenida mediante desbroce.	2.- Zonas ajardinadas	2.3.- Plantaciones jóvenes
23	0,19	Ezcabarte	Pequeña saucedada arbustiva con algunos chopos jóvenes.	4.- Otros bosques de ribera	4.2.- Vegetación muy joven o arbustiva
24	0,18	Ezcabarte	Chopera para producción con un desarrollo medio y alg-n hueco. Abundante zarza en el sotobosque.	3.- Zonas degradadas a mejorar	3.3.- Choperas
25	4,20	Ezcabarte	Zona abierta con algunos boquetes de falsa acacia de estructura homogénea pero distintos entre si: adultos (altura: 17m y diam: 40cm) y jóvenes (altura: 9m y diam: 20cm). Presencia de varios árboles plantados (arce, sauce, olmo,..).	2.- Zonas ajardinadas	2.1.- Parques
26	0,17	Ezcabarte	Formación joven de fresno, sauce y otras especies con algunos sauces de mayor desarrollo con estructura compleja en diversos estratos.	4.- Otros bosques de ribera	4.4.- Vegetación adulta
27	0,34	Ezcabarte	Formación joven de fresno y sauce repartidos de forma heterogénea y con abundante regeneración de fresno y olmo. Sotobosque poco desarrollado.	4.- Otros bosques de ribera	4.4.- Vegetación adulta
28	0,23	Ezcabarte	Formación joven con árboles de distintas especies. Presencia de un bosque de 20 chopos lombardos adultos (altura: 30m y diam: 35cm).	3.- Zonas degradadas a mejorar	3.1.- Control de especies exóticas invasoras
29	0,52	Ezcabarte	Formación heterogénea con viejos chopos (algunos chopos lombardos) mezclados con árboles jóvenes de distintas especies. Presencia de algunos olmos de grandes dimensiones y árboles secos.	4.- Otros bosques de ribera	4.3.- Vegetación biestratificada
30	0,12	Ezcabarte	Pequeño bosque mono específico de falsa acacia. Formación muy densa constituida por árboles de pequeñas dimensiones	3.- Zonas degradadas a mejorar	3.1.- Control de especies exóticas invasoras
31	0,83	Ezcabarte	Vegetación mixta y heterogénea de chopo, sauce, aliso y fresno, siendo los chopos de mayor desarrollo que el resto que son de menor porte. Distribución espacial heterogénea de las especies	1.- Bosques de ribera con valores especiales	1.4. Bosques jóvenes
32	0,43	Ezcabarte	Pequeño raso con árboles plantados (chopos, arces, fresnos) y otros espontáneos (alamo blanco, chopo). Franja estrecha de sauce y chopo en la orilla del río entre los puentes.	2.- Zonas ajardinadas	2.1.- Parques
33	0,60	Ezcabarte	Zona abierta correspondiente a la parte superior de la mota del polígono industrial. Presencia de algunos fresnos y chopos jóvenes de forma puntual.	3.- Zonas degradadas a mejorar	3.2.- Restauración de la cobertura vegetal

ANEXOS

ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CARBONO FIJADO POR EL PARQUE FLUVIAL DE LA COMARCA DE PAMPLONA MEDIANTE HERRAMIENTAS LIDAR



34	0,56	Ezcabarte	Vegetación con estructura heterogénea de árboles de distintas edades. Chopos y sauces viejos acompañados de fresnos y chopos más jóvenes. Abundante regeneración de fresno. Presencia de alg-n sauce senescente.	4.- Otros bosques de ribera	4.3.- Vegetación biestratificada
35	0,28	Ezcabarte	Formación de chopos de grandes dimensiones con abundante regeneración de sauce y olmo. Algunos alisos y sauces de pequeñas dimensiones en el borde del río. Hay dos olmos de 25cm de diámetro y uno de 60cm ya moribundo.	4.- Otros bosques de ribera	4.3.- Vegetación biestratificada
36	0,74	Ezcabarte	Vegetación heterogénea y mixta de chopo, sauce, aliso, fresno y alg-n bosque de pino. Desarrollo desigual, con chopos de mayor tamaño y fresnos, alisos y sauces de poco porte en general, aunque también hay pies mayores	1.- Bosques de ribera con valores especiales	1.4. Bosques jóvenes
37	0,23	Ezcabarte	Vegetación muy heterogénea con gran variedad de especies y estructura. Presencia de algunos sauces de grandes dimensiones.	1.- Bosques de ribera con valores especiales	1.3.- Bosques adultos
38	0,16	Ezcabarte	Vegetación homogénea de cepas de chopos con un n-mero de ejemplares variable por cepa. Escaso sotobosque. Hay caseta.	4.- Otros bosques de ribera	4.4.- Vegetación adulta
39	0,21	Ezcabarte	Vegetación mixta de aliso y chopo con distribución irregular. Chopos de grandes dimensiones (45cm) en las cercanías del camino. Aliso más delgado y denso, junto al río. También hay algunos fresnos.	4.- Otros bosques de ribera	4.3.- Vegetación biestratificada
40	0,44	Ezcabarte	Formación heterogénea de repoblación abierta de fresno, con chopos de grandes dimensiones y alisos en la orilla del río. Hay pequeños huecos. Arce sicomoro junto al paseo.	4.- Otros bosques de ribera	4.4.- Vegetación adulta
41	1,01	Ezcabarte	Chopera adulta de estructura bastante regular con algunos árboles jóvenes de otras especies por debajo.	3.- Zonas degradadas a mejorar	3.3.- Choperas
42	0,11	Ezcabarte	Formación de chopos con algun aliso y regeneración abundante de fresno y olmo.	2.- Zonas ajardinadas	2.2.- Vegetación de ribera artificializada
43	0,33	Ezcabarte	Vegetación joven y bastante abierta con diversidad de especies. Sauce llorón, y chopos y sauces de mayores dimensiones.	4.- Otros bosques de ribera	4.2.- Vegetación muy joven o arbustiva
44	0,48	Ezcabarte	Banda de vegetación con fila de chopos de grandes dimensiones junto al camino y vegetación abierta de sauces, fresnos y alisos jóvenes junto al río. Hay sauces de grandes dimensiones en el extremo sur.	4.- Otros bosques de ribera	4.3.- Vegetación biestratificada
45	0,27	Ezcabarte	Parque, acondicionado para el uso publico	2.- Zonas ajardinadas	2.1.- Parques
46	0,09	Ezcabarte	Formación parcialmente artificializada con platanos en hilera en la parte alta y vegetación espontánea en la parte baja.	4.- Otros bosques de ribera	4.1.- Plantaciones lineales de plátano

47	0,23	Ezcabarte	Pequeña plantación de arce y plátano. El arce esta situado en la mitad norte (20cm) y el plátano al sur con diámetro de 40cm. Zona de uso p-blico	2.- Zonas ajardinadas	2.2.- Vegetación de ribera artificializada
48	0,12	Ezcabarte	Zona en colonización con sauces y algunos fresnos y alisos. Importante banda de megaforbia	4.- Otros bosques de ribera	4.2.- Vegetación muy joven o arbustiva
49	0,38	Ezcabarte	Vegetación muy heterogenea y abierta con diversidad de especies. Los árboles son jóvenes, salvo los chopos lombardos y algunos sauces.	4.- Otros bosques de ribera	4.2.- Vegetación muy joven o arbustiva
50	0,08	Ezcabarte	Pequeña chopera de producción de mal desarrollo y poca rectitud, Hay regeneración de arce campestre y fresno.	3.- Zonas degradadas a mejorar	3.3.- Choperas
51	0,23	Ezcabarte	Vegetación muy heterogénea y bastante clara con diversidad de especies. Hay grupos de chopos de grandes dimensiones	4.- Otros bosques de ribera	4.2.- Vegetación muy joven o arbustiva
52	0,01	Ezcabarte	Zona abierta con chopos y una hilera de plátanos en el borde del paseo.	2.- Zonas ajardinadas	2.1.- Parques
53	0,42	Ezcabarte	Formación muy clara de chopos y alisos por bosquetes y regeneración de fresno muy abundante.	4.- Otros bosques de ribera	4.3.- Vegetación biestratificada
54	0,18	Villava <> Atarrabia	Zona abierta con chopos y una hilera de plátanos en el borde del paseo.	2.- Zonas ajardinadas	2.1.- Parques
55	0,31	Villava <> Atarrabia	Formación de chopos con sauces y alisos dispersos junto al río.	3.- Zonas degradadas a mejorar	3.1.- Control de especies exóticas invasoras
56	0,12	Villava <> Atarrabia	Vegetación heterogénea de mezcla de chopo y sauce de diversos diámetros. La banda junto al río está cubierta por vegetación herbácea y sauces arbustivos.	4.- Otros bosques de ribera	4.4.- Vegetación adulta
57	0,10	Villava <> Atarrabia	Zona ajardinada de cesped sin arbolado	2.- Zonas ajardinadas	2.1.- Parques
58	0,07	Villava <> Atarrabia	Zona ajardinada de cesped sin arbolado	2.- Zonas ajardinadas	2.1.- Parques
59	0,19	Villava <> Atarrabia	Zona ajardinada de cesped sin arbolado	2.- Zonas ajardinadas	2.1.- Parques
60	0,23	Villava <> Atarrabia	Formación heterogénea de chopos con otras especies y de estructura variable.	4.- Otros bosques de ribera	4.4.- Vegetación adulta

ANEXOS

ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CARBONO FIJADO POR EL PARQUE FLUVIAL DE LA COMARCA DE PAMPLONA MEDIANTE HERRAMIENTAS LIDAR



61	0,05	Villava <> Atarrabia	Pequeña masa de fresno y álamo blanco procedente de repoblación.	4.- Otros bosques de ribera	4.4.- Vegetación adulta
62	0,39	Villava <> Atarrabia	Formación de chopos de dimensiones aparentes, que algunos llegan a ser bastante grandes, con alisos y fresnos más pequeños. Al sur es más diverso con fresnos jóvenes.	4.- Otros bosques de ribera	4.4.- Vegetación adulta
63	0,54	Villava <> Atarrabia	Zona verde con chopos y álamos de grandes dimensiones, algunos sauces trasmochos y otras especies (roble, nogal..)	2.- Zonas ajardinadas	2.1.- Parques
64	0,15	Villava <> Atarrabia	Formación de platanos a marco regular de 5x5m podados para formar injertos aéreos.	2.- Zonas ajardinadas	2.2.- Vegetación de ribera artificializada
65	0,01	Villava <> Atarrabia	Zona de césped con árboles jóvenes en el borde (chopo, fresno,à) y con las antiguas compuertas del canal del molino expuestas.	2.- Zonas ajardinadas	2.1.- Parques
66	0,79	Villava <> Atarrabia	Formación compuesta por chopos robles y plátanos de gran diámetro acompañados por árboles de distintas especies de menor diámetro (2 especies de fresno, falsa acacia, pino laricio, cerdo, aliso, arce campestre, arce sicomoro). La zona central está más aj	2.- Zonas ajardinadas	2.2.- Vegetación de ribera artificializada
67	0,06	Villava <> Atarrabia	Vegetación joven con varias especies en mezcla, entre las cuales destacan los fresnos y el chopo por su mayor abundancia. Presencia de algun árbol de mayores dimensiones y de una abundante regeneración (fresnos y arce sicomoro).	3.- Zonas degradadas a mejorar	3.1.- Control de especies exóticas invasoras
68	0,03	Villava <> Atarrabia	Vegetación mixta con predominio de sauce acompañado por otras espec. Estructura, dimensiones y composición muy diversa.	4.- Otros bosques de ribera	4.4.- Vegetación adulta
69	0,96	Villava <> Atarrabia	Zona ajardinada de estructura abierta con bosquetes de chopos y plantaciones dispersas de fresno, arce y abedul.	2.- Zonas ajardinadas	2.1.- Parques
70	0,94	Villava <> Atarrabia	Formación, de chopo procedente de cepa con buen desarrollo y presencia de árboles jóvenes de fresno y diversas especies de arce.	2.- Zonas ajardinadas	2.2.- Vegetación de ribera artificializada
71	0,01	Burlada <> Burlata	Formación, de chopo procedente de cepa con buen desarrollo y presencia de árboles jóvenes de fresno y diversas especies de arce.	2.- Zonas ajardinadas	2.2.- Vegetación de ribera artificializada
72	0,27	Burlada <> Burlata	Formación en curso de colonización con diversas especies y sauces arbustivos. Plantación de diversos arces, fresno y nogal junto al paseo.	3.- Zonas degradadas a mejorar	3.1.- Control de especies exóticas invasoras
73	0,28	Burlada <> Burlata	Vegetación muy joven con diversos tipos de sauce y otras especies. Sotobosque abundante.	4.- Otros bosques de ribera	4.2.- Vegetación muy joven o arbustiva
74	1,32	Burlada <> Burlata	Formación de sauce con chopos y regeneración de fresno. Sotobosque bien desarrollado en las zonas más claras.	3.- Zonas degradadas a mejorar	3.1.- Control de especies

			Presencia puntual de falsa acacia y pequeñas zonas de megaforbias junto al río.		exóticas invasoras
75	1,04	Burlada <> Burlata	Zona ajardinada abierta formada por grandes chopos, algunos con señales de decaimiento. Area poblada por platanos injertados. Plantació de nogales junto a la vegetación natural del río.	2.- Zonas ajardinadas	2.1.- Parques
76	0,77	Burlada <> Burlata	Zona ajardinada con grandes chopos, muchos puntisecos o con ramas secas.	2.- Zonas ajardinadas	2.2.- Vegetación de ribera artificializada
77	0,24	Burlada <> Burlata	Vegetación muy abierta y joven de sauce, aliso y otras especies, con abundante sotobosque de sa-co e higuera.	4.- Otros bosques de ribera	4.2.- Vegetación muy jóven o arbustiva
78	0,59	Burlada <> Burlata	Vegetación constituida en gran mayoría por especies arbustivas diversas con algunos pies jóvenes de distintas especies arbóreas (arce, fresno, etc.)	3.- Zonas degradadas a mejorar	3.2.- Restauración de la cobertura vegetal
79	0,15	Burlada <> Burlata	Zona ajardinada con pequeña plantación de fresno y arce sicomoro, con árboles de unos 10m de altura. Hay un grupo de chopos en un extremo.	2.- Zonas ajardinadas	2.2.- Vegetación de ribera artificializada
80	0,25	Burlada <> Burlata	Vegetación mixta de chopo y sauce de estructura variable. Presencia de dos chopos de gran diámetro y aspecto sano.	4.- Otros bosques de ribera	4.4.- Vegetación adulta
81	0,36	Burlada <> Burlata	Formación muy jóven de sauce, con algunos chopos jóvenes y presencia puntual de olmo y fresno. Mayor desarrollo en la parte norte.	4.- Otros bosques de ribera	4.4.- Vegetación adulta
82	2,04	Burlada <> Burlata	Zona de elevada pendiente y afloramiento rocoso de las margas.	3.- Zonas degradadas a mejorar	3.2.- Restauración de la cobertura vegetal
83	0,89	Burlada <> Burlata	Raso alrededor de los depósitos de agua de Ripagaña. Pequeña plantación ornamental de chopos arces y otras especies en el medio.	2.- Zonas ajardinadas	2.1.- Parques
84	0,02	Burlada <> Burlata	Formación con chopos de diversos diámetros acompañados por sauces. Algunos chopos sanos de gran diámetro. Arce sicomoro en el borde del camino. Estrato arbustivo denso de higuera y sa-co.	4.- Otros bosques de ribera	4.4.- Vegetación adulta
85	0,86	Burlada <> Burlata	Vegetación bastante abierta de álamo blanco y sauce en propocion variable, acompañados por otras especies de diverso tamaño. Sauce muy abundante junto al río.	3.- Zonas degradadas a mejorar	3.1.- Control de especies exóticas invasoras
86	0,43	Burlada <> Burlata	Zona heterogénea con una fila de arce campestre, nogal y plátanos junto al paseo y una banda de vegetación más naturalizada en la orilla del río, con chopos adultos acompañados por otras especies.	3.- Zonas degradadas a mejorar	3.1.- Control de especies exóticas invasoras
87	0,13	Burlada <> Burlata	Zona ajardinada con grupo de siete chopos y un castaño de indias de gran diámetro. Franja de vegetación más joven junto al río.	2.- Zonas ajardinadas	2.2.- Vegetación

ANEXOS

ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CARBONO FIJADO POR EL PARQUE FLUVIAL DE LA COMARCA DE PAMPLONA MEDIANTE HERRAMIENTAS LIDAR



					de ribera artificializada
88	0,17	Burlada <> Burlata	Zona verde con falsa acacias jóvenes trasmochas y una franja de vegetación más naturalizada, con regeneración de fresno y falsa acacia. Hay algunos chopos jóvenes y dos arces reales plantados.	2.- Zonas ajardinadas	2.2.- Vegetación de ribera artificializada
89	0,11	Burlada <> Burlata	Vegetación joven, muy heterogénea, con estructura y composición muy variable. La zona sur con vegetación más desarrollada.	3.- Zonas degradadas a mejorar	3.1.- Control de especies exóticas invasoras
199	1,38	Cendea de Olza	Formación abierta de chopo de buen porte, con sustrato inferior de fresno, arce y sauce, algunos de los cuales son algo mayores (h=16 m; D=18 cm) en pequeños bosquetes	4.- Otros bosques de ribera	4.3.- Vegetación biestratificada
200	0,29	Cendea de Olza	Matorral con algunos fresnos, chopos y sauces de monte bajo dispersos	4.- Otros bosques de ribera	4.2.- Vegetación muy joven o arbustiva
201	0,57	Cendea de Olza	Vegetación mixta y heterogénea de chopo y abedul de gran desarrollo y un sustrato de sauces y fresnos de menores dimensiones	1.- Bosques de ribera con valores especiales	1.4. Bosques jóvenes
202	0,47	Barañáin	Zona de parque	2.- Zonas ajardinadas	2.1.- Parques
203	0,25	Barañáin	Vegetación adulta de ciprés y pino halepo, con árboles torcidos por viento	4.- Otros bosques de ribera	4.4.- Vegetación adulta
204	0,71	Barañáin	Vegetación joven y heterogénea dominada por el chopo y el arce, con sauces y plátanos dispersos. Formación dominada por chopos de grandes acompañados por arces y sauces de pequeñas dimensiones. Presencia de algunas falsa acacias dispersas	3.- Zonas degradadas a mejorar	3.1.- Control de especies exóticas invasoras
205	1,69	Barañáin	Vegetación joven y heterogénea de chopo y sauce principalmente, con arces y fresnos dispersos, de portes pequeños y algunos árboles secos.	3.- Zonas degradadas a mejorar	3.2.- Restauración de la cobertura vegetal
206	0,19	Barañáin	Sauceda joven y abierta con fresnos y olmos jóvenes. Dentro de la masa hay un pequeño bosque de chopos (h=17 m; D=30 cm)	4.- Otros bosques de ribera	4.2.- Vegetación muy joven o arbustiva
207	0,27	Barañáin	Zona de parque	2.- Zonas ajardinadas	2.1.- Parques
208	0,69	Barañáin	Vegetación mixta de chopo y sauce bastante bien conservado, con chopos de gran tamaño y sauces más delgados en el estrato dominado	4.- Otros bosques de ribera	4.3.- Vegetación biestratificada

209	0,24	Barañáin	Sauceda en buen estado de conservación, con árboles de porte tortuoso o bifurcados y otros más jóvenes y de mejor porte	4.- Otros bosques de ribera	4.4.- Vegetación adulta
210	2,24	Barañáin	Vegetación heterogénea procedente en su mayoría de cepa pero que han conseguido un buen porte. Algunos bosquetes más densos y de árboles más jóvenes.	1.- Bosques de ribera con valores especiales	1.3.- Bosques adultos
211	2,22	Barañáin	Zona de parque	2.- Zonas ajardinadas	2.1.- Parques
212	0,49	Barañáin	Vegetación adulta de pino laricio con algo de madera muerta en pie y en suelo y algo de colonización por parte del olmo.	3.- Zonas degradadas a mejorar	3.2.- Restauración de la cobertura vegetal
213	0,74	Barañáin	Vegetación arbustiva densa con estrato de árboles algo mayores que el resto y otros de porte más raquítico.	4.- Otros bosques de ribera	4.2.- Vegetación muy joven o arbustiva
214	1,73	Barañáin	Vegetación mixta y heterogénea de sauce y chopo principalmente, con algunos fresnos, arces y olmo jóvenes dispersos. Los chopos son de mayores dimensiones. Heterogénea en distribución espacial, con bosquetes más densos de chopo y otros de sauce	1.- Bosques de ribera con valores especiales	1.4. Bosques jóvenes
215	0,50	Zizur Mayor <> Zizur Nagusia	Vegetación mixta y heterogénea de sauce y chopo principalmente, con algunos fresnos, arces y olmo jóvenes dispersos. Los chopos son de mayores dimensiones. Heterogénea en distribución espacial, con bosquetes más densos de chopo y otros de sauce	1.- Bosques de ribera con valores especiales	1.4. Bosques jóvenes
216	0,41	Zizur Mayor <> Zizur Nagusia	Zona ajardinada con mesas y bancos	2.- Zonas ajardinadas	2.1.- Parques
217	1,43	Zizur Mayor <> Zizur Nagusia	Vegetación mixta y heterogénea de sauce y chopo principalmente, con algunos fresnos, arces y olmo jóvenes dispersos. Los chopos son de mayores dimensiones. Heterogénea en distribución espacial, con bosquetes más densos de chopo, otros de sauce y otros de	1.- Bosques de ribera con valores especiales	1.3.- Bosques adultos
218	0,21	Zizur Mayor <> Zizur Nagusia	Zona ajardinada con bancos y algunos fresnos y arce sicomoro dispersos	2.- Zonas ajardinadas	2.1.- Parques
219	2,15	Zizur Mayor <> Zizur Nagusia	Vegetación joven y heterogénea con algunos árboles de mayor diámetro y altura salpicados. Bastante bien conservado.	4.- Otros bosques de ribera	4.3.- Vegetación biestratificada
220	0,18	Zizur Mayor <>	Vegetación heterogénea de porte más bien arbustivo, en estado de colonización, con árboles de mayores dimensiones dispersos, junto a la vía del tren.	4.- Otros bosques de ribera	4.2.- Vegetación

ANEXOS

ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CARBONO FIJADO POR EL PARQUE FLUVIAL DE LA COMARCA DE PAMPLONA MEDIANTE HERRAMIENTAS LIDAR



		Zizur Nagusia			muy joven o arbustiva
221	0,94	Zizur Mayor <> Zizur Nagusia	Zona rasa con césped, mesas y banco, utilizado como merendero	2.- Zonas ajardinadas	2.1.- Parques
222	0,15	Huarte <> Uharte	Vegetación muy abierta y joven de sauce, aliso y otras especies, con abundante sotobosque de sa-co e higuera.	4.- Otros bosques de ribera	4.2.- Vegetación muy joven o arbustiva
223	1,26	Huarte <> Uharte	Vegetación mixta con predominio de sauce acompañado por otras especies. Estructura, dimensiones y composición muy diversa.	4.- Otros bosques de ribera	4.4.- Vegetación adulta
224	0,16	Huarte <> Uharte	Zona en pendiente, cubierta parcialmente por vegetación, con cárcavas de erosión y pérdidas de suelo.	3.- Zonas degradadas a mejorar	3.2.- Restauración de la cobertura vegetal
225	0,97	Huarte <> Uharte	Vegetación muy heterogénea con mezcla de especies y dimensiones. Presencia de sotobosque bien desarrollado.	3.- Zonas degradadas a mejorar	3.1.- Control de especies exóticas invasoras
226	0,18	Huarte <> Uharte	Raso con algo de vegetación puntual y dispersa	3.- Zonas degradadas a mejorar	3.2.- Restauración de la cobertura vegetal
227	0,25	Huarte <> Uharte	Vegetación joven con varias especies en mezcla, entre las cuales destacan los fresnos y el chopo por su mayor abundancia. Presencia de algun árbol de mayores dimensiones y de una abundante regeneración (fresnos y arce sicomoro).	3.- Zonas degradadas a mejorar	3.1.- Control de especies exóticas invasoras
228	0,15	Huarte <> Uharte	Zona de cespced con árboles juvenes en el borde (chopo, fresno,à) y con las antiguas compuertas del canal del molino expuestas.	2.- Zonas ajardinadas	2.1.- Parques
229	0,18	Huarte <> Uharte	Franja estrecha de vegetación con alisos y sauces, algo de regeneración de fresnos y alg-n chopo adulto.	4.- Otros bosques de ribera	4.3.- Vegetación biestratificada
230	0,22	Huarte <> Uharte	Vegetación muy heterogénea con diversas especies y estructura variable. La zona sur es más joven y abierta.	4.- Otros bosques de ribera	4.4.- Vegetación adulta
231	0,98	Huarte <> Uharte	Vegetación de estructura variable: bosquetes puros y densos de chopos, zonas más claras con mayor diversidad de especies (aliso y sauce), etc.	4.- Otros bosques de ribera	4.4.- Vegetación adulta
232	0,50	Huarte <> Uharte	Banda estrecha mixta y diversa con fresno, chopo, sauces, nogal y avellanos.	4.- Otros bosques de ribera	4.3.- Vegetación biestratificada
233	0,60	Huarte <> Uharte	Masa mixta de chopos y fresnos con plátanos viejos y nogales, acompañados de arbustos.	4.- Otros bosques de ribera	4.4.- Vegetación adulta

234	0,71	Huarte <> Uharte	Zona verde amplia con variedad de especies (incluso frutales) y distribución. En los bordes de la misma hay especies naturales.	2.- Zonas ajardinadas	2.1.- Parques
235	0,28	Huarte <> Uharte	Zona verde plantada con nogales y presencia de chopos y fresnos en la franja junto al río.	2.- Zonas ajardinadas	2.1.- Parques
236	0,25	Huarte <> Uharte	Masa joven de rebrote de chopo, con fresnos dispersos y nogales en el borde del paseo.	4.- Otros bosques de ribera	4.2.- Vegetación muy joven o arbustiva
237	0,04	Huarte <> Uharte	Raso en el talud de la carretera sin cobertura arbórea, solamente herbáceas.	3.- Zonas degradadas a mejorar	3.2.- Restauración de la cobertura vegetal
238	1,48	Huarte <> Uharte	Banda estrecha de vegetación mixta y diversa de fresno, chopo, sauces, nogal y avellanos.	4.- Otros bosques de ribera	4.4.- Vegetación adulta
239	0,35	Huarte <> Uharte	Masa mixta de fresno y chopo (antigua repoblación). Tiene una zona de inundación separada del río hasta la mota sobre la que está el paseo.	1.- Bosques de ribera con valores especiales	1.3.- Bosques adultos
240	0,51	Huarte <> Uharte	Vegetación mixta de fresno y chopos de repoblación.	1.- Bosques de ribera con valores especiales	1.3.- Bosques adultos
241	0,76	Huarte <> Uharte	Vegetación de chopos y álamos con fresnos, sauces, y algún aliso. Muy interesante por ser una zona amplia que permite los movimientos naturales del río en periodos de avenidas.	1.- Bosques de ribera con valores especiales	1.1.- Bosques maduros complejos
242	0,59	Huarte <> Uharte	Zona verde con fresno, sauce llorón y avellanos	2.- Zonas ajardinadas	2.1.- Parques
243	0,39	Huarte <> Uharte	Vegetación mixta heterogénea, con mezcla de árboles y arbustos, algunos de especies exóticas. Contraste entre la zona junto al paseo y el talud hacia el río de mayor pendiente.	4.- Otros bosques de ribera	4.4.- Vegetación adulta
244	0,21	Huarte <> Uharte	Zona de esparcimiento canino junto a otra zona verde con bancos.	2.- Zonas ajardinadas	2.1.- Parques
245	0,11	Huarte <> Uharte	Zona de esparcimiento canino con nogales y tilos plantados.	2.- Zonas ajardinadas	2.2.- Vegetación de ribera artificializada
246	0,10	Huarte <> Uharte	Plátanos en hilera con sauces chopos, avellanos y fresnos.	4.- Otros bosques de ribera	4.1.- Plantaciones

ANEXOS

ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CARBONO FIJADO POR EL PARQUE FLUVIAL DE LA COMARCA DE PAMPLONA MEDIANTE HERRAMIENTAS LIDAR



					lineales de plátano
247	0,22	Huarte <> Uharte	Zona verde con borde junto al río de chopos, sauces y fresnos	2.- Zonas ajardinadas	2.1.- Parques
248	0,82	Huarte <> Uharte	Zona verde con menor intensidad de transformación, más asilvestrada, presencia de carrizo en las zonas h-medas. Tajadera del canal.	3.- Zonas degradadas a mejorar	3.2.- Restauración de la cobertura vegetal
249	0,89	Huarte <> Uharte	Zona de chopo y aliso de orillas bien conservadas, con talud hacia la carretera. Puntualmente los chopos preponderan.	4.- Otros bosques de ribera	4.4.- Vegetación adulta
250	0,10	Huarte <> Uharte	Zona heterogénea de avellanos de gran porte y alisos	4.- Otros bosques de ribera	4.4.- Vegetación adulta
251	0,37	Huarte <> Uharte	Zona en pendiente, de carácter principalmente arbustivo. Puntualmente hay cárcavas y pérdidas de suelo, situado entre el río y el monte Miravalles	4.- Otros bosques de ribera	4.2.- Vegetación muy joven o arbustiva
252	0,23	Huarte <> Uharte	Zona ajardinada con hilera de plátanos y sauce sy fresnos junto a la orilla del río.	2.- Zonas ajardinadas	2.2.- Vegetación de ribera artificializada
253	0,67	Huarte <> Uharte	Zona ajardinada de plátanos y álamos con bancos y barbacoas. Hacia la regata, los taludes con mayor pendiente están cubiertos por vegetación mas natural y menos artificilizado.	2.- Zonas ajardinadas	2.2.- Vegetación de ribera artificializada
254	0,31	Huarte <> Uharte	Vegetación de chopos repoblados grandes acompañados de estrato arbustivo y especies exóticas. Hay restos de árboles cortados y arboles muertos en pie.	3.- Zonas degradadas a mejorar	3.1.- Control de especies exóticas invasoras
255	0,01	Huarte <> Uharte	Franja estrecha colonizada por vegetación de estructura fundamentalmente arbustiva junto al paseo con elevada pendiente. Hay una zona de erosión remontante hacia el paseo	3.- Zonas degradadas a mejorar	3.2.- Restauración de la cobertura vegetal
256	0,18	Egües	Banda estrecha de vegetación mixta y diversa de fresno, chopo, sauces, nogal y avellanos.	4.- Otros bosques de ribera	4.4.- Vegetación adulta
257	0,20	Egües	Vegetación de chopos y álamos con fresnos, sauces, y algun aliso. Muy interesante por ser una zona amplia que permite los movimientos naturales del río en periodos de avenidas.	1.- Bosques de ribera con valores especiales	1.1.- Bosques maduros complejos
258	0,03	Egües	Zona verde con fresno, sauce llorón y avellanos	2.- Zonas ajardinadas	2.1.- Parques
259	0,43	Egües	Zona verde con borde junto al río de chopos, sauces y fresnos	2.- Zonas ajardinadas	2.1.- Parques

260	0,14	Esteribar	Zona en pendiente, de carácter principalmente arbustivo. Puntualmente hay cárcavas y pérdidas de suelo, situado entre el río y el monte Miravalles	4.- Otros bosques de ribera	4.2.- Vegetación muy joven o arbustiva
261	0,78	Esteribar	Vegetación heterogénea de antiguos chopos repoblados ahora naturalizados, con presencia de sauce y fresnos. Hay nogales en los bordes. Con orillas de gravera.	4.- Otros bosques de ribera	4.3.- Vegetación biestratificada
262	0,04	Esteribar	Vegetación de chopos repoblados grandes acompañados de estrato arbustivo y especies exóticas. Hay restos de árboles cortados y arboles muertos en pie.	3.- Zonas degradadas a mejorar	3.1.- Control de especies exóticas invasoras
263	0,10	Esteribar	Franja estrecha colonizada por vegetación de estructura fundamentalmente arbustiva junto al paseo con elevada pendiente. Hay una zona de erosión remontante hacia el paseo	3.- Zonas degradadas a mejorar	3.2.- Restauración de la cobertura vegetal
264	0,09	Esteribar	Vegetación de chopos grandes acompañados de aliso, arce campestre y olmo. Son ejemplares singulares.	4.- Otros bosques de ribera	4.4.- Vegetación adulta
265	0,11	Esteribar	Vegetación heterogénea predominantemente arbustiva con algunos ejemplares de mayor porte (fresno, aliso y chopo) . Destacan los alisos por su aparente vitalidad	4.- Otros bosques de ribera	4.2.- Vegetación muy joven o arbustiva
266	2,95	Esteribar	Masa mixta y heterogénea de aliso y fresno principalmente con algunos arces, olmos, chopos de mayor desarrollo y sauces dispersos. Desigual distribución espacial, con bosquetes de sauce donde la anchura de vegetación es menor y bosquetes densos de chopo	1.- Bosques de ribera con valores especiales	1.3.- Bosques adultos
267	0,10	Esteribar	Vegetación natural, heterogénea de chopo, fresno, aliso, olmo y arce campestre con distribución y desarrollos desiguales. Regeneración de olmo, fresno y arce extendida bajo cubierta. Alg-n nogal y arce sicomoro dispersos	4.- Otros bosques de ribera	4.3.- Vegetación biestratificada
268	0,45	Esteribar	Chopera adulta de gran porte aunque algo heterogénea en diámetro, con substrato arbustivo denso. Algunos pies de arce campestre y fresno dispersos y también algunos sauces	1.- Bosques de ribera con valores especiales	1.2.- Bosques maduros homogéneos
269	1,24	Esteribar	Zona ajardinada con algunos arces campestres y fresnos plantados de forma abierta	2.- Zonas ajardinadas	2.1.- Parques
270	0,07	Esteribar	Vegetación mixta y heterogénea de chopo, sauce, fresno, aliso y arce con desigual desarrollo de las especies y distribución espacial, así como en densidad. Regeneración extendida de fresno y dispersa de arce	1.- Bosques de ribera con valores especiales	1.3.- Bosques adultos
271	0,13	Esteribar	Vegetación mixta con predominio de arce campestre y aliso junto al río, con algunos fresnos y sauces dispersos. Existe un pequeño bosquetes de falsa acacias junto al puente	3.- Zonas degradadas a mejorar	3.1.- Control de especies exóticas invasoras

ANEXOS

ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CARBONO FIJADO POR EL PARQUE FLUVIAL DE LA COMARCA DE PAMPLONA MEDIANTE HERRAMIENTAS LIDAR



272	0,29	Esteribar	Vegetación mixta de chopo y plátano principalmente con arce sicomoro, fresnos y arces de menor desarrollo bajo cubierta. Regeneración de fresno y arce sicomoro	3.- Zonas degradadas a mejorar	3.1.- Control de especies exóticas invasoras
273	0,23	Esteribar	Vegetación heterogénea de falsa acacia, fresno y arce principalmente, con alg-n chopo disperso y desigual en desarrollo	3.- Zonas degradadas a mejorar	3.1.- Control de especies exóticas invasoras
274	0,19	Esteribar	Fresneda heterogénea en desarrollo con sotobosque de cepas de avellano, zarza y Clematide, siendo más denso por bosquetes	1.- Bosques de ribera con valores especiales	1.4. Bosques jóvenes
275	0,70	Esteribar	Masa natural, heterogénea de chopo, fresno, aliso, olmo y arce campestre con distribución y desarrollos desiguales. Regeneración de olmo, fresno y arce extendida bajo cubierta. Alg-n nogal disperso	1.- Bosques de ribera con valores especiales	1.3.- Bosques adultos
276	0,31	Esteribar	Zona de merendero con algunos fresnos y arces plantados	2.- Zonas ajardinadas	2.1.- Parques
277	0,97	Esteribar	Vegetación mixta y heterogénea de chopo, sauce, fresno, aliso, arce y alg-n olmo joven con desigual desarrollo de las especies y distribución espacial, así como en desidad. Regeneración extendida de fresno y dispersa de arce	4.- Otros bosques de ribera	4.3.- Vegetación biestratificada
278	0,87	Esteribar	Vegetación mixta, densa y heterogénea de chopo y fresno principalmente, con sauces y alisos dispersos. Regeneración de fresno extendida y de todos los tamaños	4.- Otros bosques de ribera	4.3.- Vegetación biestratificada
279	0,88	Esteribar	Matorral con rosa, zarza y espinos con algunos arces y fresnos plantados.	3.- Zonas degradadas a mejorar	3.2.- Restauración de la cobertura vegetal
280	0,74	Esteribar	Zona ajardinada con bastante matorral de rosa, zarza y espinos con algunos arces y fresnos plantados. Existe una zona de merendero con mesas y bancos. Pequeña playa al extremo norte.	2.- Zonas ajardinadas	2.1.- Parques
281	0,86	Esteribar	Vegetación mixta y heterogénea de chopo, sauce, fresno, aliso y arce con desigual desarrollo de las especies y distribución espacial, así como en desidad. Regeneración extendida de fresno y dispersa de arce	1.- Bosques de ribera con valores especiales	1.3.- Bosques adultos
282	0,46	Esteribar	Formación mixta, heterogénea y abierta de chopo y sauce, con distribución desigual en el espacio, con zonas más densas y zonas claras donde domina más el matorral. Regeneración de fresno y olmo	1.- Bosques de ribera con valores especiales	1.3.- Bosques adultos

Tabla 2. Base de datos completa de los datos de campo (Parte 2/5)

(Nº recinto: código del recinto, CodCom: Código de Comunidad de síntesis, CodSubCom: código de subtipo de comunidad de síntesis, MezSp: mezcla de especies arbóreas, SpPpal1: especie principal 1, AbSp1: Porcentaje de cobertura de la especie 1, SpPpal2: especie principal 2, AbSp2: porcentaje de cobertura de la especie 2, OtrSpPal: otras especies arbóreas, PreExo: presencia de especies exóticas, SpExo: especies de exóticas) **(Fuente: Basarteia)**

Nºrecinto	CodCom	CodSubCom	MezSp	SpPpal1	AbSp1	SpPpal2	AbSp2	OtrSpPal	PreExo	SpExo
1	4	4.4	Mixta	Poni	50	Salix	25	Aliso, fresno, olmo	Inexistente	-
2	4	4.4	Mixta	Poni	75	Frex	10	Arce, sauce	Inexistente	-
3	2	2.1	Raso	-	-	-	-	-	Inexistente	-
4	4	4.2	Mixta	Poni	50	Frex	50	-	Inexistente	-
5	4	4.2	Mixta	Frex	40	Algl	30	Chopo, sauce, olmo	Inexistente	-
6	1	1.3	Mixta	Salix	40	Poni	30	Fresno, arce, roble y aliso	Inexistente	-
7	4	4.4	Monoespecífica	Poni	90	Frex	10	-	Inexistente	-
8	4	4.2	Mixta	Acca	40	Frex	30	Sauce, olmo	Inexistente	-
9	1	1.1	Mixta	Algl	75,00	Frex	10	arce campestre	Inexistente	-
10	3	3.2	Raso	-	-	-	-	-	Inexistente	-
11	4	4.4	Mixta	Salix	40	Algl	30	Fresno, olmo, arce	Inexistente	-
12	4	4.3	Monoespecífica	Poni	100	-	-	Fresno, tilo, arce, olmo, aliso	Inexistente	-
13	1	1.3	Mixta	Acca	40	Algl	30	Chopo, fresno, roble, tilo	Inexistente	-
14	1	1.4	Mixta	Poni	50	Salix	40	Fresno y olmo	Inexistente	-
15	3	3.2	Raso	-	-	-	-	-	Inexistente	-
16	3	3.3	Monoespecífica	Poxeu	90	-	-	Sauce, olmo	Alta	chopo de producción
17	3	3.1	Mixta	Algl	40	Frex	25	Chopo, olmo, sauce	Baja	falsa acacia
18	1	1.3	Mixta	Poni	70	Salix	20	Fresno, nogal	Inexistente	-
19	3	3.3	Monoespecífica	Poni	100	-	-	Fresno, sauce	Inexistente	-
20	1	1.4	Mixta	Poni	70	Salix	20	Fresno, nogal	Inexistente	-
21	4	4.3	Mixta	Poni	80	Frex	15	Olmo	Inexistente	-
22	2	2.3	Monoespecífica	Frex	100	-	-	-	Inexistente	-

ANEXOS

ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CARBONO FIJADO POR EL PARQUE FLUVIAL DE LA COMARCA DE PAMPLONA MEDIANTE HERRAMIENTAS LIDAR



23	4	4.2	Monoespecífica	Poni	75	Salix	25	-	Inexistente	-
24	3	3.3	Monoespecífica	Poxeu	100	-	-	-	Baja	chopo de producción
25	2	2.1	Raso	Rops	80	-	-	-	Media	falsa acacia
26	4	4.4	Mixta	Salix	30	Frex	30	arce campestre, sauce, olmo	Inexistente	-
27	4	4.4	Mixta	Salix	70	Frex	30	-	Inexistente	-
28	3	3.1	Mixta	Poni	30	Rops	30	Sauce, fresno, olmo	Media	falsa acacia
29	4	4.3	Mixta	Poni	75	Algl	10	Fesno, olmo, sauce, arce campestre	Inexistente	-
30	3	3.1	Monoespecífica	Rops	100	-	-	-	Alta	falsa acacia
31	1	1.4	Mixta	Poni	40	Salix	30	Aliso, fresno	Inexistente	-
32	2	2.1	Raso	Poni	50	Poal	20	Fresno, arce campestre	Inexistente	-
33	3	3.2	Raso	Poni	50	Frex	50	-	Inexistente	-
34	4	4.3	Mixta	Poni	30	Salix	20	Fresno, nogal, olmo y aliso	Inexistente	-
35	4	4.3	Monoespecífica	poni	100	-	-	Fresno, olmo	Inexistente	-
36	1	1.4	Mixta	Poni	30	Salix	30	Aliso, fresno, pino	Inexistente	-
37	1	1.3	Mixta	Algl	50	Salix	30	Fresnos, olmo	Inexistente	-
38	4	4.4	Monoespecífica	Poni	100	-	-	Aliso	Inexistente	-
39	4	4.3	Mixta	Poni	60	Algl	40	-	Baja	Arce sicomoro
40	4	4.4	Mixta	Fran	75	Poni	15	Aliso, olmo	Baja	Arce sicomoro
41	3	3.3	Monoespecífica	Poxeu	100	-	-	Aliso, olmo, fresno	Alta	chopo de producción
42	2	2.2	Monoespecífica	Poni	90	Algl	10	Fresno, olmo	Inexistente	-
43	4	4.2	Mixta	Salix	30	Algl	30	Fresno, olmo, chopo	Inexistente	-
44	4	4.3	Mixta	Poni	75	Salix	15	Aliso, fresno	Inexistente	-
45	2	2.1	Raso	-	-	-	-	-	Inexistente	-
46	4	4.1	Mixta	Plhi	50	Poni	15	Aliso, fresno, olmo	Alta	Plátano

47	2	2.2	Mixta	Acps	60	Plhi	40	-	Alta	Arce sicomoro, plátano
48	4	4.2	Mixta	Salix	50	Algl	50	Fresno	Inexistente	-
49	4	4.2	Mixta	Salix	40	Poni	30	Aliso, fresno, olmo	Inexistente	-
50	3	3.3	Monoespecífica	Poni	100	-	-	-	Inexistente	-
51	4	4.2	Mixta	Salix	40	Poni	30	Aliso, fresno, arce	Inexistente	-
52	2	2.1	Raso	Poni	50	Plhi	50	-	Media	Plátano
53	4	4.3	Mixta	Poni	80	Algl	20	Fresno	Inexistente	-
54	2	2.1	Raso	Poni	50	Plhi	50	-	Media	Plátano
55	3	3.1	Mixta	Poni	70	Salix	20	Aliso, fresno	Baja	Reynoutria
56	4	4.4	Mixta	Salix	60	Poni	30	Aliso, fresno	Inexistente	-
57	2	2.1	Raso	-	-	-	-	-	Inexistente	-
58	2	2.1	Raso	-	-	-	-	-	Inexistente	-
59	2	2.1	Raso	-	-	-	-	-	Inexistente	-
60	4	4.4	Mixta	Poni	50	Algl	20	Sauce, fresno, olmo	Inexistente	-
61	4	4.4	Mixta	Frex	60	Poal	40	-	Inexistente	-
62	4	4.4	Monoespecífica	Poni	90	Algl	5	Sauce	Inexistente	-
63	2	2.1	Raso	-	-	-	-	-	Inexistente	-
64	2	2.2	Monoespecífica	Plhi	100	-	-	-	Alta	Plátano
65	2	2.1	Mixta	Poni	50	Frex	30	Nogal, Castaño de indias, sauce, olmo	Baja	Castañode indias, bambu
66	2	2.2	Mixta	Poni	60	Quro	10	Plátano, fresnos, nogal, falsa acacia pino laricio, cedro, aliso, arce campestre, arce sicomoro	Alta	falsa acacia, arce sicomoro, pino laricio, cedro, plátano, bambu
67	3	3.1	Mixta	Poni	30	Fran	50	Aliso, arce campestre, arce sicomoro, sauce, fresno	Media	Arce sicomoro
68	4	4.4	Mixta	Salix	60	Poni	20	Aliso, fresno, olmo	Inexistente	-

ANEXOS

ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CARBONO FIJADO POR EL PARQUE FLUVIAL DE LA COMARCA DE PAMPLONA MEDIANTE HERRAMIENTAS LIDAR



69	2	2.1	Raso	-	-	-	-	-	Inexistente	-
70	2	2.2	Monoespecífica	Poni	100	-	-	Arce real, arce sicomoro, arce comun, fresno	Baja	Arce sicomoro, Arce real
71	2	2.2	Monoespecífica	Poni	100	-	-	Arce real, arce sicomoro, arce comun, fresno	Baja	Arce sicomoro, Arce real
72	3	3.1	Mixta	Salix	50	Acca	20	Olmo, fresno, arce sicomoro, nogal	Baja	Arce sicomoro
73	4	4.2	Mixta	Salix	60	Frex	20	Olmo, arce campestre, fresno, alamo blanco, abedul	Inexistente	-
74	3	3.1	Mixta	Salix	50	Poni	30	Fresno, falsa acacia	Baja	falsa acacia
75	2	2.1	Mixta	Poni	60	Juni	30	Fresno, platano, abedul	Baja	Plátano
76	2	2.2	Monoespecífica	Poni	100	-	-	-	Inexistente	-
77	4	4.2	Mixta	Salix	50	Algl	30	Chopo, fresno	Inexistente	-
78	3	3.2	Raso	-	-	-	-	-	Inexistente	-
79	2	2.2	Mixta	Frex	50	Acps	30	Chopo, nogal	Media	Arce sicomoro
80	4	4.4	Mixta	Poni	50	Salix	50	-	Inexistente	-
81	4	4.4	Mixta	Salix	70	Poni	10	Olmo, fresno	Inexistente	-
82	3	3.2	Raso	-	-	-	-	-	Inexistente	-
83	2	2.1	Raso	-	-	-	-	-	Inexistente	-
84	4	4.4	Mixta	Poni	60	Salix	30	Arce sicomoro	Baja	Arce sicomoro
85	3	3.1	Mixta	Poni	30	Salix	30	Chopo, fresno, aliso, platano, nogal, alamo temblón, arce sicomoro, falsa acacia	Baja	falsa acacia, arce sicomoro, plátano
86	3	3.1	Mixta	Salix	50	Acca	25	Platano, sauce, acacia, aliso, nogal, falsa olmo,	Media	falsa acacia, plátano
87	2	2.2	Monoespecífica	Poni	90	Aehi	10	Arce campestre, olmo	Baja	Castaño de indias

88	2	2.2	Mixta	Rops	80	Poni	10	Fresno, arce real	Alta	falsa acacia, arce real
89	3	3.1	Mixta	Salix	60	Frex	20	Fresnos, chopo, acacia, sicomoro	Baja	falsa acacia, arce sicomoro
199	4	4.3	Monoespecífica	Poni	90	-	-	Fresno, arce sicomoro, álamo blanco	Inexistente	-
200	4	4.2	Raso	-	-	-	-	-	Inexistente	-
201	1	1.4	Mixta	Poni	40	Bepe	30	Salix, fresno	Inexistente	-
202	2	2.1	Raso	-	-	-	-	-	Inexistente	-
203	4	4.4	Mixta	Cuse	60	Piha	40	-	Media	cipres, pino de alepo
204	3	3.1	Mixta	Poni	60	Acca	30	Salix, plátano	Baja	falsa acacia
205	3	3.2	Mixta	Salix	70	Poni	20	Arce campestre	Inexistente	-
206	4	4.2	Monoespecífica	Salix	100	-	-	Fresno, olmo, arce sicomoro	Baja	Arce sicomoro
207	2	2.1	Raso	-	-	-	-	-	Inexistente	-
208	4	4.3	Mixta	Poni	70	Salix	30	Fresno	Inexistente	-
209	4	4.4	Monoespecífica	Salix	90	-	-	Arce campestre, arce sicomoro	Baja	Arce sicomoro
210	1	1.3	Mixta	Poni	60	Ulmi	30	Fresno, álamo blanco, arce sicomoro	Inexistente	-
211	2	2.1	Raso	-	-	-	-	-	Inexistente	-
212	3	3.2	Monoespecífica	Pini	100	-	-	-	Baja	Pino laricio
213	4	4.2	Mixta	Poni	40	Salix	30	Olmo, fresno, arce campestre	Inexistente	-
214	1	1.4	Mixta	Salix	50	Poni	40	Fresno, arce campestre y olmo	Inexistente	-
215	1	1.4	Mixta	Salix	50	Poni	40	Fresno, arce campestre y olmo	Inexistente	-
216	2	2.1	Raso	-	-	-	-	-	Inexistente	-
217	1	1.3	Mixta	Salix	50	Poni	40	Fresno, arce campestre y olmo	Inexistente	-

ANEXOS

ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CARBONO FIJADO POR EL PARQUE FLUVIAL DE LA COMARCA DE PAMPLONA MEDIANTE HERRAMIENTAS LIDAR



218	2	2.1	Raso	-	-	-	-	-	Inexistente	-
219	4	4.3	Mixta	Poni	50	Salix	40	álamo blanco, arce campestre, fresno	Inexistente	-
220	4	4.2	Mixta	Poni	60	Salix	40	Fresno, nogal, olmo y aliso	Inexistente	-
221	2	2.1	Raso	-	-	-	-	-	Inexistente	-
222	4	4.2	Mixta	Salix	50	Algl	30	Chopo, fresno	Inexistente	-
223	4	4.4	Mixta	Salix	60	Poni	20	Aliso, fresno, olmo	Inexistente	-
224	3	3.2	Mixta	Fran	30	Poni	30	Olmo, arce campestre	Inexistente	-
225	3	3.1	Mixta	Poni	30	Salix	30	Aliso, fresno, olmo, arce sicomoro	Baja	Arce sicomoro
226	3	3.2	Raso	-	-	-	-	-	Inexistente	-
227	3	3.1	Mixta	Poni	30	Fran	50	Aliso, arce campestre, arce sicomoro, sauce, fresno	Media	Arce sicomoro
228	2	2.1	Mixta	Poni	50	Frex	30	Nogal, Castaño de indias, sauce, olmo	Baja	Castañode indias, bambu
229	4	4.3	Mixta	Algl	75	Salix	25	Fresno, chopo, olmo	Inexistente	-
230	4	4.4	Mixta	Poni	40	Salix	30	Aliso, fresno, olmo, nogal	Inexistente	-
231	4	4.4	Mixta	Poni	70	Algl	15	Sauce, fresno	Inexistente	-
232	4	4.3	Mixta	Poni	50	Fran	30	Nogal, sauce	Inexistente	-
233	4	4.4	Mixta	Poni	60	Plhi	20	Fresno, sauce	Media	Plátano
234	2	2.1	Mixta	Fran	20	Jure	30	frutales, nogale	Media	falsa acacia
235	2	2.1	Mixta	Jure	90	Poni	10	Fresno, sauce	Inexistente	-
236	4	4.2	Mixta	Poni	60	Fran	30	-	Inexistente	-
237	3	3.2	Raso	-	-	-	-	-	Inexistente	-
238	4	4.4	Mixta	Poni	50	Fran	30	Nogal, sauce	Inexistente	-
239	1	1.3	Mixta	Fran	40	Poni	30	Sauce, avellano	Inexistente	-
240	1	1.3	Mixta	Fran	40	Poni	30	Sauce, avellano	Inexistente	-
241	1	1.1	Mixta	Poni	40,00	Poal	40	Fresno, aliso	Inexistente	-

242	2	2.1	Mixta	Frex	40	Saba	10	Chopos, avellanos	Alta	Sauce llorón
243	4	4.4	Mixta	Frex	40	Poni	30	Aliso, sauce llorón,	Baja	Sauce llorón
244	2	2.1	Mixta	Jure	50	Fran	50	-	Media	Sauce llorón
245	2	2.2	Mixta	Jure	50	Tipl	50	-	Inexistente	-
246	4	4.1	Mixta	Plhi	50	Poni	30	Fresnos, avellanos y sauces	Baja	Plátano
247	2	2.1	Mixta	Jure	50	Fran	30	Chopos, sauces	Inexistente	-
248	3	3.2	Mixta	Poni	40	Fran	20	Aliso, sauces, avellano	Inexistente	-
249	4	4.4	Mixta	Poni	40	Algl	30	Fresno	Inexistente	-
250	4	4.4	Mixta	Algl	50	Ulmi	30	Avellanos	Inexistente	-
251	4	4.2	Mixta	Poni	50	Fran	30	Sauces, avellano	Inexistente	-
252	2	2.2	Mixta	Plhi	60	Fran	20	Sauces, avellano	Baja	Plátano
253	2	2.2	Mixta	Plhi	50	Poal	40	Fresno, mimbrera y otros sauces	Baja	Plátano
254	3	3.1	Mixta	Poni	70	Frex	20	Acer pseudoplátanus, Castaño de indias	Alta	Arce sicomoro, falsa acacia, laurel cerezo, Bonetero, castaño de Indias
255	3	3.2	Mixta	Acca	40	Coav	30	Nogal, avellanos	Inexistente	-
256	4	4.4	Mixta	Poni	50	Fran	30	Nogal, sauce	Inexistente	-
257	1	1.1	Mixta	Poni	40,00	Poal	40	Fresno, aliso	Inexistente	-
258	2	2.1	Mixta	Frex	40	Saba	10	Chopos, avellanos	Alta	Sauce llorón
259	2	2.1	Mixta	Jure	50	Fran	30	Chopos, sauces	Inexistente	-
260	4	4.2	Mixta	Poni	50	Fran	30	Sauces, avellano	Inexistente	-
261	4	4.3	Mixta	Poni	40	Fran	30	Aliso, Salix atrocinerea, nogales	Inexistente	-
262	3	3.1	Mixta	Poni	70	Frex	20	Acer pseudoplátanus,	Alta	Arce sicomoro, falsa acacia,

ANEXOS

ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CARBONO FIJADO POR EL PARQUE FLUVIAL DE LA COMARCA DE PAMPLONA MEDIANTE HERRAMIENTAS LIDAR



								Castaño de indias		laurel cerezo, Bonetero, castaño de Indias
263	3	3.2	Mixta	Acca	40	Coav	30	Nogal, avellanos	Inexistente	-
264	4	4.4	Mixta	Poni	60	Algl	10	Arce campestre, olmo	Inexistente	-
265	4	4.2	Mixta	Frex	30	Ulmi	30	Aliso, nogal, arce campestre, chopo	Inexistente	-
266	1	1.3	Mixta	Algl	40	Frex	20	Acer campestre, chopo, sauce y olmo	Inexistente	-
267	4	4.3	Mixta	Poni	30	Frex	30	Olmo, aliso, Arce campestre, arce sicomoro	Baja	Arce sicomoro
268	1	1.2	Monoespecífica	Poni	100	-	-	Acer campestre, fresno y salix	Inexistente	-
269	2	2.1	Raso	-	-	-	-	-	Inexistente	-
270	1	1.3	Mixta	Poni	30	Salix	30	Fresno, aliso, arce campestre	Inexistente	-
271	3	3.1	Mixta	Acca	70	Algl	20	Salix, falsa acacia	Baja	falsa acacia
272	3	3.1	Mixta	Poni	30	Plhi	30	arce sicomoro, fresno y Acer campestre	Media	Arce sicomoro, plátano
273	3	3.1	Mixta	Rops	40	Frex	30	Chopo, Acer campestre	Alta	falsa acacia
274	1	1.4	Monoespecífica	Frex	100	-	-	-	Inexistente	-
275	1	1.3	Mixta	Poni	30	Frex	30	Olmo, aliso, Acer campestre	Inexistente	-
276	2	2.1	Raso	-	-	-	-	-	Inexistente	-
277	4	4.3	Mixta	Poni	30	Salix	30	Fresno, aliso, arce campestre, olmo	Inexistente	-
278	4	4.3	Mixta	Poni	40	Frex	40	Salix, aliso	Inexistente	-
279	3	3.2	Raso	-	-	-	-	-	Inexistente	-
280	2	2.1	Raso	-	-	-	-	-	Inexistente	-
281	1	1.3	Mixta	Poni	30	Salix	30	Fresno, aliso, arce campestre	Inexistente	-
282	1	1.3	Mixta	Poni	40	Salix	40	Olmo, aliso, fresno	Inexistente	-

Tabla 3. Base de datos completa de los datos de campo (Parte 3/5)

(Nº recinto: código del recinto, ColExo: tipo de colonización de las especies exóticas, AncVeg: anchura de banda de vegetación de ribera, CapDin: capacidad del río para la dinámica natural, DesDin: descripción de la dinámica del río, ConsVeg: estado de conservación de la vegetación de ribera, DesVeg: edad o estado de desarrollo, CompVeg: complejidad estructural de la vegetación, Dm: diámetro medio de la vegetación arbórea, Hm: altura media de la vegetación, Dens: Densidad media de árboles) **(Fuente: Basarteia)**

Nºrecinto	ColExo	AncVeg	CapDin	DesDin	ConsVeg	DesVeg	CompVeg	Dm	Hm	Dens
1	sin especies exóticas	17	Alta	-	Medio	Joven	Heterogénea	35	18	200-600
2	sin especies exóticas	13	Alta	-	Medio	Adulta	Heterogénea	30	18	> 1500
3	sin especies exóticas	19	Alta	-	Bajo	-	-	-	-	< 200
4	sin especies exóticas	22	Alta	-	Bajo	Colonización	Heterogénea	20	15	< 200
5	sin especies exóticas	5	Alta	-	Bajo	Colonización	Heterogénea	10	8	< 200
6	sin especies exóticas	11	Alta	-	Alto	Adulta	Heterogénea	20	20	600-1500
7	sin especies exóticas	18	Alta	-	Medio	Adulta	Heterogénea	25	18	> 1500
8	sin especies exóticas	16	Alta	-	Medio	Colonización	Heterogénea	20	15	200-600
9	sin especies exóticas	13	Alta	-	Alto	Adulta	Heterogénea	30	21	600-1500
10	sin especies exóticas	11	Alta	-	Bajo	-	-	-	-	0
11	sin especies exóticas	12	Alta	-	Medio	Joven	Heterogénea	25	16	600-1500
12	sin especies exóticas	10	Alta	-	Medio	Senescente	Homogénea	40	18	600-1500
13	sin especies exóticas	11	Alta	-	Alto	Adulta	Heterogénea	30	18	600-1500
14	sin especies exóticas	16	Alta	-	Alto	Adulta	Heterogénea	35	27	600-1500
15	sin especies exóticas	26	Alta	-	Bajo	-	-	-	-	0
16	con exóticas poco invasoras	31	Alta	-	Bajo	Adulta	Homogénea	35	31	200-600

ANEXOS

ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CARBONO FIJADO POR EL PARQUE FLUVIAL DE LA COMARCA DE PAMPLONA MEDIANTE HERRAMIENTAS LIDAR



17	con exóticas invasoras puntualmente	7	Alta	-	Medio	Adulta	Heterogénea	35	18	600-1500
18	sin especies exóticas	14	Alta	-	Alto	Adulta	Heterogénea	30	27	600-1500
19	sin especies exóticas	26	Alta	-	Medio	Adulta	Homogénea	30	30	200-600
20	sin especies exóticas	13	Alta	-	Alto	Adulta	Heterogénea	30	27	200-600
21	sin especies exóticas	12	Alta	-	Medio	Adulta	Heterogénea	35	18	600-1500
22	sin especies exóticas	6	Baja	-	Bajo	Joven	Homogénea	15	8	< 200
23	sin especies exóticas	23	Alta	-	Medio	Joven	Heterogénea	15	10	< 200
24	con exóticas poco invasoras	25	Alta	-	Bajo	Adulta	Homogénea	25	20	200-600
25	con exóticas invasoras en colonización	86	Alta	-	Bajo	-	-	-	-	< 200
26	sin especies exóticas	10	Alta	-	Medio	Colonización	Heterogénea	15	12	> 1500
27	sin especies exóticas	23	Alta	-	Medio	Joven	Heterogénea	20	15	600-1500
28	con exóticas invasoras en colonización	14	Alta	-	Bajo	Colonización	Heterogénea	10	10	> 1500
29	sin especies exóticas	25	Alta	-	Medio	Adulta	Heterogénea	45	33	< 200
30	con exóticas invasoras en colonización	35	Alta	-	Bajo	Joven	Homogénea	10	9	> 1500
31	sin especies exóticas	10	Alta	-	Alto	Adulta	Heterogénea	25	25	600-1500
32	sin especies exóticas	18	Baja	Taludes y pilas del puente	Bajo	-	-	-	-	< 200
33	sin especies exóticas	26	Baja	El dique limita la extensión del río.	Bajo	-	-	-	-	0
34	sin especies exóticas	13	Alta	-	Medio	Adulta	Heterogénea	40	17	600-1500
35	sin especies exóticas	15	Alta	-	Medio	Adulta	Homogénea	50	35	> 1500

36	sin especies exóticas	12	Alta	-	Alto	Adulta	Heterogénea	25	20	600-1500
37	sin especies exóticas	15	Alta	-	Alto	Adulta	Heterogénea	35	16	> 1500
38	sin especies exóticas	17	Alta	-	Medio	Adulta	Homogénea	25	20	> 1500
39	con exóticas invasoras puntualmente	11	Media	márgen con pendientes abruptos	Medio	Adulta	Heterogénea	35	23	> 1500
40	con exóticas invasoras puntualmente	29	Media	márgen con pendientes abruptos	Medio	Adulta	Heterogénea	30	15	200-600
41	con exóticas poco invasoras	18	Alta	-	Medio	Adulta	Homogénea	40	29	600-1500
42	sin especies exóticas	8	Media	-	Medio	Adulta	Homogénea	30	18	> 1500
43	sin especies exóticas	7	Media	-	Bajo	Colonización	Heterogénea	10	8	200-600
44	sin especies exóticas	14	Alta	-	Medio	Adulta	Heterogénea	50	26	600-1500
45	sin especies exóticas	17	Alta	-	Bajo	-	-	-	-	< 200
46	con exóticas poco invasoras	6	Baja	-	Bajo	Adulta	Heterogénea	35	18	200-600
47	con exóticas invasoras en colonización	16	Alta	-	Bajo	Joven	Homogénea	30	12	200-600
48	sin especies exóticas	12	Alta	-	Medio	Colonización	Heterogénea	10	4	< 200
49	sin especies exóticas	11	Alta	-	Medio	Adulta	Heterogénea	25	12	200-600
50	sin especies exóticas	11	Alta	-	Medio	Adulta	Homogénea	35	24	600-1500
51	sin especies exóticas	8	Alta	-	Medio	Joven	Heterogénea	20	12	600-1500
52	con exóticas poco invasoras	14	Media	-	Bajo	-	-	-	-	< 200
53	sin especies exóticas	12	Alta	-	Bajo	Adulta	Heterogénea	45	23	< 200
54	con exóticas poco invasoras	14	Media	-	Bajo	-	-	-	-	< 200

ANEXOS

ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CARBONO FIJADO POR EL PARQUE FLUVIAL DE LA COMARCA DE PAMPLONA MEDIANTE HERRAMIENTAS LIDAR



55	con exóticas invasoras puntualmente	10	Media	-	Medio	Adulta	Heterogénea	30	22	600-1500
56	sin especies exóticas	11	Baja	Margen muy antropizado (pared de 4m).	Medio	Adulta	Heterogénea	25	20	600-1500
57	sin especies exóticas	15	Baja	-	Bajo	-	-	-	-	0
58	sin especies exóticas	28	Baja	-	Bajo	-	-	-	-	0
59	sin especies exóticas	23	Baja	-	Bajo	-	-	-	-	0
60	sin especies exóticas	11	Baja	Margen muy antropizado (pared de 4m).	Bajo	Adulta	Heterogénea	35	20	600-1500
61	sin especies exóticas	11	Media	-	Bajo	Adulta	Homogénea	30	15	200-600
62	sin especies exóticas	14	Media	-	Medio	Adulta	Homogénea	40	33	> 1500
63	sin especies exóticas	26	Baja	-	Bajo	-	-	-	-	< 200
64	con exóticas poco invasoras	17	Baja	-	Bajo	Adulta	Homogénea	35	6	200-600
65	con exóticas invasoras puntualmente	15	Media	Zona situada entre el cauce del río y el canal del antiguo molino de San Andrés	Bajo	Joven	Heterogénea	15	17	< 200
66	con exóticas invasoras en colonización	34	Media	Zona situada entre el cauce del río y el canal del antiguo molino de San Andrés	Bajo	Adulta	Heterogénea	55	27	600-1500
67	con exóticas invasoras en colonización	7	Media	Zona situada entre el cauce del río y el canal del antiguo molino de San Andrés	Medio	Joven	Heterogénea	20	15	600-1500
68	sin especies exóticas	25	Baja	-	Medio	Adulta	Heterogénea	30	19	600-1500
69	sin especies exóticas	85	Media	El dique limita la extensión del río.	Bajo	-	-	-	-	< 200

70	con exóticas invasoras puntualmente	36	Media	El dique limita la extensión del río.	Medio	Adulta	Homogénea	35	23	< 200
71	con exóticas invasoras puntualmente	36	Media	El dique limita la extensión del río.	Medio	Adulta	Homogénea	35	23	< 200
72	con exóticas invasoras en colonización	12	Media	El dique limita la extensión del río.	Medio	Colonización	Heterogénea	15	10	200-600
73	sin especies exóticas	12	Media	La topografía limita la dinamica fluvial	Bajo	Joven	Heterogénea	15	12	200-600
74	con exóticas invasoras puntualmente	25	Media	El dique limita la extensión del río.	Medio	Adulta	Heterogénea	25	19	< 200
75	con exóticas poco invasoras	39	Baja	El dique limita la extensión del río.	Bajo	Adulta	Heterogénea	50	27	< 200
76	sin especies exóticas	22	Baja	Desconectado del río por el dique	Bajo	Senescente	Homogénea	50	30	600-1500
77	sin especies exóticas	17	Media	La topografía limita la dinamica fluvial	Medio	Joven	Heterogénea	20	10	200-600
78	sin especies exóticas	18	Media	-	Bajo	-	-	-	-	< 200
79	con exóticas invasoras en colonización	21	Media	El camino forma una rampa que actua a modo de dique	Bajo	Joven	Homogénea	15	10	200-600
80	sin especies exóticas	19	Alta	-	Medio	Adulta	Heterogénea	30	23	600-1500
81	sin especies exóticas	11	Alta	La topografía limita la dinamica fluvial	Bajo	Colonización	Heterogénea	10	5	600-1500
82	sin especies exóticas	31	Baja	La topografía limita la dinamica fluvial	Bajo	-	-	-	-	0
83	con exóticas poco invasoras	83	Baja	-	Bajo	-	-	-	-	< 200
84	con exóticas invasoras puntualmente	11	Media	-	Medio	Adulta	Heterogénea	40	25	200-600
85	con exóticas invasoras puntualmente	18	Media	El dique limita la extensión del río.	Medio	Adulta	Heterogénea	35	21	600-1500

ANEXOS

ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CARBONO FIJADO POR EL PARQUE FLUVIAL DE LA COMARCA DE PAMPLONA MEDIANTE HERRAMIENTAS LIDAR



86	con exóticas invasoras puntualmente	13	Media	El dique limita la extensión del río.	Medio	Joven	Heterogénea	20	12	600-1500
87	con exóticas poco invasoras	23	Media	El dique limita la extensión del río.	Bajo	Adulta	Homogénea	70	29	< 200
88	con exóticas invasoras en colonización	19	Media	-	Bajo	Joven	Heterogénea	15	6	< 200
89	con exóticas invasoras puntualmente	6	Baja	El dique limita la extensión del río.	Bajo	Colonización	Heterogénea	15	8	600-1500
199	sin especies exóticas	13	Media	-	Medio	Adulta	Homogénea	45	22	600-1500
200	sin especies exóticas	13	Media	-	Bajo	-	-	-	-	0
201	sin especies exóticas	17	Alta	-	Alto	Adulta	Heterogénea	30	31	> 1500
202	sin especies exóticas	88	Baja	-	Bajo	-	-	-	-	< 200
203	con exóticas poco invasoras	20	Baja	-	Bajo	Adulta	Homogénea	30	14	200-600
204	con exóticas invasoras puntualmente	35	Alta	-	Medio	Joven	Heterogénea	20	15	600-1500
205	sin especies exóticas	31	Media	-	Medio	Joven	Heterogénea	13	12	< 200
206	con exóticas invasoras puntualmente	21	Media	-	Medio	Joven	Homogénea	20	14	600-1500
207	sin especies exóticas	19	Media	-	Bajo	-	-	-	-	0
208	sin especies exóticas	20	Media	-	Medio	Adulta	Heterogénea	45	30	200-600
209	con exóticas invasoras puntualmente	13	Media	-	Medio	Adulta	Heterogénea	35	14	200-600
210	sin especies exóticas	29	Media	-	Alto	Adulta	Heterogénea	20	20	600-1500
211	sin especies exóticas	68	Media	-	Bajo	-	-	-	-	0
212	con exóticas poco invasoras	25	Media	-	Bajo	Adulta	Homogénea	25	19	600-1500
213	sin especies exóticas	34	Media	Pequeños diques que	Medio	Joven	Heterogénea	15	14	< 200

				funcionan como pequeñas presas						
214	sin especies exóticas	21	Alta	-	Alto	Adulta	Heterogénea	20	18	> 1500
215	sin especies exóticas	21	Alta	-	Alto	Adulta	Heterogénea	20	18	> 1500
216	sin especies exóticas	30	Alta	-	Bajo	-	-	-	-	0
217	sin especies exóticas	18	Alta	-	Alto	Adulta	Heterogénea	20	18	> 1500
218	sin especies exóticas	14	Alta	-	Bajo	-	-	-	-	0
219	sin especies exóticas	12	Alta	-	Medio	Joven	Heterogénea	15	11	600-1500
220	sin especies exóticas	8	Alta	-	Bajo	Colonización	Heterogénea	25	20	< 200
221	sin especies exóticas	31	Alta	-	Bajo	-	-	-	-	0
222	sin especies exóticas	17	Media	La topografía limita la dinámica fluvial	Medio	Joven	Heterogénea	20	10	200-600
223	sin especies exóticas	25	Baja	-	Medio	Adulta	Heterogénea	30	19	600-1500
224	sin especies exóticas	6	Media	El dique limita la extensión del río.	Medio	Joven	Heterogénea	9	7	200-600
225	con exóticas invasoras en colonización	28	Alta	-	Medio	Adulta	Heterogénea	30	21	600-1500
226	sin especies exóticas	17	Media	-	Bajo	-	-	-	-	0
227	con exóticas invasoras en colonización	7	Media	Zona situada entre el cauce del río y el canal del antiguo molino de San Andrés	Medio	Joven	Heterogénea	20	15	600-1500
228	con exóticas invasoras puntualmente	15	Media	Zona situada entre el cauce del río y el canal del antiguo molino de San Andrés	Bajo	Joven	Heterogénea	15	17	< 200
229	sin especies exóticas	9	Alta	-	Medio	Joven	Heterogénea	20	15	600-1500

ANEXOS

ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CARBONO FIJADO POR EL PARQUE FLUVIAL DE LA COMARCA DE PAMPLONA MEDIANTE HERRAMIENTAS LIDAR



230	sin especies exóticas	7	Alta	-	Medio	Joven	Heterogénea	30	15	600-1500
231	sin especies exóticas	15	Alta	-	Medio	Adulta	Heterogénea	40	29	> 1500
232	sin especies exóticas	9	Media	Zona estrecha	Medio	Adulta	Heterogénea	5	7	600-1500
233	con exóticas poco invasoras	16	Alta	-	Medio	Adulta	Heterogénea	22	17	600-1500
234	con exóticas invasoras en colonización	72	Alta	-	Bajo	Joven	Homogénea	-	-	< 200
235	sin especies exóticas	22	Alta	-	Bajo	Joven	Homogénea	-	-	< 200
236	sin especies exóticas	35	Alta	-	Bajo	Joven	Heterogénea	10	14	> 1500
237	sin especies exóticas	9	Baja	-	Bajo	-	-	-	-	0
238	sin especies exóticas	13	Media	Zona muy estrecha	Medio	Joven	Heterogénea	5	7	600-1500
239	sin especies exóticas	18	Media	-	Alto	Joven	Heterogénea	12	12	600-1500
240	sin especies exóticas	27	Media	Zona estrecha	Alto	Joven	Heterogénea	12	12	600-1500
241	sin especies exóticas	38	Alta	Zona de inundación natural en avenidas	Alto	Adulta	Heterogénea	28	20	200-600
242	con exóticas poco invasoras	30	Media	-	Bajo	Adulta	Homogénea	-	-	< 200
243	con exóticas poco invasoras	5	Media	Poca movilidad del río, posibilidad de inundación	Bajo	Adulta	Heterogénea	10	8	600-1500
244	con exóticas poco invasoras	13	Baja	-	Bajo	Joven	Homogénea	-	-	< 200
245	sin especies exóticas	18	Baja	-	Bajo	Adulta	Homogénea	-	-	< 200
246	con exóticas poco invasoras	9	Media	-	Bajo	Adulta	Heterogénea	30	17	< 200
247	sin especies exóticas	40	Media	-	Bajo	Adulta	Homogénea	-	-	< 200
248	sin especies exóticas	21	Media	-	Bajo	Adulta	Homogénea	-	-	< 200

249	sin especies exóticas	12	Baja	-	Bajo	Joven	Heterogénea	12	12	600-1500
250	sin especies exóticas	7	Baja	-	Medio	Adulta	Heterogénea	-	-	< 200
251	sin especies exóticas	10	Media	Entre el río y Miravalles	Medio	Joven	Heterogénea	7	11	> 1500
252	con exóticas poco invasoras	16	Media	-	Bajo	Adulta	Homogénea	-	-	< 200
253	con exóticas poco invasoras	48	Baja	-	Bajo	Adulta	Homogénea	30	14	< 200
254	con exóticas invasoras en colonización	10	Media	El dique limita la extensión del río.	Bajo	Adulta	Heterogénea	25	20	200-600
255	sin especies exóticas	6	Media	Zona de pendiente, erosión remontante	Bajo	Joven	Heterogénea	5	7	< 200
256	sin especies exóticas	13	Media	Zona muy estrecha	Medio	Joven	Heterogénea	5	7	600-1500
257	sin especies exóticas	38	Alta	Zona de inundación natural en avenidas	Alto	Adulta	Heterogénea	28	20	200-600
258	con exóticas poco invasoras	30	Media	-	Bajo	Adulta	Homogénea	-	-	< 200
259	sin especies exóticas	40	Media	-	Bajo	Adulta	Homogénea	-	-	< 200
260	sin especies exóticas	10	Media	Entre el río y Miravalles	Medio	Joven	Heterogénea	7	11	> 1500
261	sin especies exóticas	29	Alta	Zona de inundación natural en avenidas	Medio	Adulta	Heterogénea	20	21	600-1500
262	con exóticas invasoras en colonización	10	Media	El dique limita la extensión del río.	Bajo	Adulta	Heterogénea	25	20	200-600
263	sin especies exóticas	6	Media	Zona de pendiente, erosión remontante	Bajo	Joven	Heterogénea	5	7	< 200
264	sin especies exóticas	10	Media	Hay una isla en el río, con algo de vegetación.	Medio	Adulta	Heterogénea	33	23	200-600
265	sin especies exóticas	7	Media	El dique limita la extensión del río.	Bajo	Joven	Heterogénea	5	7	< 200

ANEXOS

ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CARBONO FIJADO POR EL PARQUE FLUVIAL DE LA COMARCA DE PAMPLONA MEDIANTE HERRAMIENTAS LIDAR



266	sin especies exóticas	19	Alta	-	Alto	Adulta	Heterogénea	20	14	> 1500
267	con exóticas invasoras puntualmente	7	Media	-	Medio	Adulta	Heterogénea	20	16	600-1500
268	sin especies exóticas	12	Media	-	Alto	Adulta	Homogénea	35	30	600-1500
269	sin especies exóticas	49	Baja	-	Bajo	-	-	-	-	0
270	sin especies exóticas	8	Media	-	Alto	Adulta	Heterogénea	20	17	200-600
271	con exóticas invasoras puntualmente	9	Alta	-	Medio	Joven	Homogénea	10	7	> 1500
272	con exóticas invasoras en colonización	33	Alta	-	Medio	Adulta	Homogénea	30	22	600-1500
273	con exóticas invasoras en colonización	19	Alta	-	Bajo	Adulta	Heterogénea	23	16	> 1500
274	sin especies exóticas	19	Alta	-	Alto	Joven	Heterogénea	10	7	> 1500
275	sin especies exóticas	9	Alta	-	Alto	Adulta	Heterogénea	20	16	> 1500
276	sin especies exóticas	22	Baja	-	Bajo	-	-	-	-	< 200
277	sin especies exóticas	15	Alta	-	Medio	Adulta	Heterogénea	20	17	> 1500
278	sin especies exóticas	16	Alta	-	Medio	Adulta	Heterogénea	15	15	> 1500
279	sin especies exóticas	12	Alta	-	Bajo	-	-	-	-	0
280	sin especies exóticas	35	Alta	-	Bajo	-	-	-	-	0
281	sin especies exóticas	12	Alta	-	Alto	Adulta	Heterogénea	20	17	> 1500
282	sin especies exóticas	8	Alta	-	Alto	Adulta	Heterogénea	15	16	> 1500

Tabla 4. Base de datos completa de los datos de campo (Parte 4/5)

(Nº recinto: código del recinto, ValDens: valoración cualitativa de la densidad de arbolado, FCC: porcentaje de cobertura de la vegetación arbórea, PreArb: presencia de vegetación arbustiva, SpArb1: especie arbustiva 1, SpArb2: especie arbustiva 2, SpArb3: especie arbustiva 3, HArb: altura de la vegetación arbustiva, CobArb: porcentaje de cobertura de la vegetación arbustiva, ValPai: valor paisajístico/estético del área, ElePai: elemento que aporta valor paisajístico estético, PresFau: presencia de signos de fauna) **(Fuente: Basarteá)**

Nºrecinto	ValDens	FCC	PreArb	SpArb1	SpArb2	SpArb3	Harb	CobArb	ValPai	ElePai	PresFau
1	Abierta	40	Si	Sani	-	-	3	5	Medio	-	-
2	Densa	100	Si	Sani	-	-	2	5	Medio	-	-
3	-	-	No	-	-	-	-	-	Medio	-	-
4	Abierta	20	Si	Sani	Crmo	Rosa	5	70	Alto	Diversidad de especies	-
5	Abierta	50	Si	Crmo	-	-	2	10	Medio	-	-
6	Densa	80	Si	Sani	Ruul	Roca	1	80	Bajo	-	-
7	Densa	100	Si	Sani	-	-	3	5	Medio	-	-
8	Abierta	40	Si	Coav	Sani	-	4	40	Medio	-	-
9	Densa	100	Si	Coav	-	-	3	5	Medio	-	-
10	-	-	No	-	-	-	-	-	Bajo	-	-
11	Densa	60	Si	Coav	-	-	3	10	Medio	-	-
12	Abierta	60	Si	Coav	-	-	4	20	Bajo	-	-
13	Densa	80	Si	Coav	-	-	5	50	Alto	Diversidad de especies	-
14	Densa	80	Si	Ruul	-	-	1	30	Bajo	-	-
15	-	-	Si	Sani	-	-	1	10	Bajo	-	-
16	Densa	80	No	-	-	-	-	-	Bajo	-	-
17	Densa	70	Si	Sani	Coav	-	4	20	Medio	-	-
18	Abierta	70	Si	Ruul	Roca	Cosa	1	80	Bajo	-	-
19	Densa	80	Si	Sani	Ruul	-	1	30	Bajo	-	-
20	Abierta	70	Si	Ruul	Roca	Cosa	1	80	Bajo	-	-
21	Densa	100	Si	Sani	-	-	4	10	Medio	-	-
22	Abierta	40	No	-	-	-	-	-	Medio	-	-
23	Abierta	20	Si	Salix	-	-	4	100	Medio	-	-
24	Densa	80	No	-	-	-	-	-	Bajo	-	-

ANEXOS

ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CARBONO FIJADO POR EL PARQUE FLUVIAL DE LA COMARCA DE PAMPLONA MEDIANTE HERRAMIENTAS LIDAR



25	-	-	No	-	-	-	-	-	Alto	Espacio abierto con bosquetes	-
26	Densa	70	Si	Salix	-	-	3	30	Medio	-	-
27	Densa	80	No	-	-	-	-	-	Medio	-	Cajas para murcielagos
28	Densa	70	Si	Crmo	-	-	2	30	Bajo	-	-
29	Abierta	60	Si	Rosa	-	-	2	5	Alto	Diversidad de especies	Cajas para murcielagos
30	Comprimida	100	No	-	-	-	-	-	Bajo	-	-
31	Densa	80	Si	Ruul	Hehe	Clvi	1	80	Bajo	-	-
32	-	-	No	-	-	-	-	-	Bajo	-	-
33	-	-	No	-	-	-	-	-	Alto	Espacio verde atractivo	-
34	Densa	80	Si	Crmo	Sani	-	3	20	Alto	Diversidad de especies	-
35	Densa	90	Si	Sani	-	-	2	5	Medio	-	-
36	Densa	80	Si	Coav	Ruul	Hehe	1	20	Alto	Diversidad de especies	-
37	Densa	100	Si	Sani	-	-	2	5	Alto	Diversidad de especies	-
38	Comprimida	100	Si	Cosa	sani	-	5	10	Bajo	-	-
39	Densa	80	Si	Sani	-	-	3	20	Medio	-	-
40	Abierta	70	Si	Sani	-	-	4	10	Alto	Diversidad de especies	-
41	Densa	100	Si	sani	-	-	4	5	Bajo	-	-
42	Densa	90	Si	Crmo	Cosa	-	3	20	Medio	-	-
43	Abierta	60	Si	Sani	-	-	4	20	Medio	-	-
44	Densa	70	No	-	-	-	-	-	Medio	-	-
45	-	-	No	-	-	-	-	-	Medio	-	-
46	Abierta	60	Si	Sani	-	-	4	20	Medio	-	-
47	Abierta	80	No	-	-	-	-	-	Medio	-	-
48	Abierta	40	Si	Salix	-	-	2	30	Alto	Diversidad de especies	-
49	Abierta	60	Si	Sani	-	-	4	20	Alto	Diversidad de especies	-
50	Densa	100	No	-	-	-	-	-	Bajo	-	-

ANEXOS
ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CARBONO FIJADO POR EL PARQUE FLUVIAL
DE LA COMARCA DE PAMPLONA MEDIANTE HERRAMIENTAS LiDAR

51	Abierta	70	Si	Sani	-	-	3	10	Alto	Diversidad especies	de	-
52	-	-	No	-	-	-	-	-	Bajo	-	-	-
53	Abierta	40	Si	Sani	-	-	2	30	Bajo	-	-	-
54	-	-	No	-	-	-	-	-	Bajo	-	-	-
55	Densa	80	Si	Sani	Faja	-	3	20	Medio	-	-	-
56	Densa	70	Si	Sani	-	-	3	20	Medio	-	-	-
57	-	-	No	-	-	-	-	-	Bajo	-	-	-
58	-	-	No	-	-	-	-	-	Bajo	-	-	-
59	-	-	No	-	-	-	-	-	Bajo	-	-	-
60	Densa	90	Si	Sani	-	-	2	10	Medio	-	-	-
61	Abierta	80	No	-	-	-	-	-	Medio	-	-	-
62	Densa	100	No	-	-	-	-	-	Medio	-	-	-
63	-	-	No	-	-	-	-	-	Alto	Diversidad especies	de	-
64	Densa	100	No	-	-	-	-	-	Medio	-	-	-
65	Abierta	40	Si	Ruul	Sani	bambu	1	5	Medio	-	-	-
66	Densa	80	Si	Sani	Coav	Clvi	2	10	Alto	Diversidad especies	de	-
67	Densa	90	Si	Sani	Cosa	Salix	2	20	Medio	-	-	-
68	Densa	100	Si	Sani	Coav	-	2	20	Medio	-	-	-
69	-	-	No	-	-	-	-	-	Medio	-	-	-
70	Densa	90	No	-	-	-	-	-	Medio	-	-	-
71	Densa	90	No	-	-	-	-	-	Medio	-	-	-
72	Abierta	50	Si	Coav	Sani	Rosa	2	40	Medio	-	-	-
73	Abierta	70	Si	Sani	Coav	-	2	20	Medio	-	-	-
74	Densa	80	Si	Sani	salix	-	3	30	Medio	-	-	-
75	Abierta	30	No	-	-	-	-	-	Alto	Espacio atractivo verde	Cajas para murcielagos	-
76	Densa	90	No	-	-	-	-	-	Alto	Espacio atractivo verde	Cajas para murcielagos	-
77	Abierta	50	Si	Sani	Fica	-	5	40	Medio	-	-	-
78	-	-	Si	Rosa	Crmo	Ruul	2	70	Bajo	-	-	-

ANEXOS

ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CARBONO FIJADO POR EL PARQUE FLUVIAL DE LA COMARCA DE PAMPLONA MEDIANTE HERRAMIENTAS LIDAR



79	Densa	100	No	-	-	-	-	-	Medio	-	-
80	Densa	80	No	-	-	-	-	-	Medio	-	-
81	Abierta	80	Si	Sani	salix	-	2	10	Medio	-	-
82	-	-	No	-	-	-	-	-	Bajo	-	-
83	-	-	No	-	-	-	-	-	Bajo	-	-
84	Abierta	70	Si	Salix	Fica	-	4	40	Medio	-	-
85	Abierta	70	Si	Sani	coav	-	2	10	Medio	-	-
86	Abierta	70	Si	Sani	coav	-	2	10	Medio	-	-
87	Abierta	70	No	-	-	-	-	-	Alto	Espacio verde atractivo	-
88	Abierta	60	No	-	-	-	-	-	Medio	-	-
89	Abierta	60	Si	Sani	salix	-	3	20	Bajo	-	-
199	Abierta	70	Si	Crmo	Ruul	-	1,5	20	Alto	Bosque de ribera maduro	-
200	-	-	No	-	-	-	-	-	Medio	-	-
201	Densa	70	Si	Ruul	Hehe	Clvi	2,5	100	Bajo	-	-
202	-	-	No	-	-	-	-	-	Medio	-	-
203	Densa	80	No	-	-	-	-	-	Bajo	-	-
204	Densa	80	Si	Ruul	Hevi	-	0,5	90	Bajo	-	-
205	Densa	80	Si	Ruul	Livu	Roca	1	30	Bajo	-	-
206	Abierta	70	Si	Urdu	Livu	Crmo	2	10	Bajo	-	-
207	-	-	No	-	-	-	-	-	Medio	-	-
208	Abierta	70	Si	Ruul	Buse	-	0,5	20	Bajo	-	-
209	Abierta	70	Si	Ruul	Hevi	-	0,5	50	Alto	Bosque de ribera maduro	-
210	Densa	90	Si	Ruul	Eudu	Livu	2	40	Alto	Diversidad de especies	-
211	-	-	No	-	-	-	-	-	Medio	-	-
212	Densa	80	Si	Ruul	Roca	Crmo	0,5	90	Bajo	-	-
213	Densa	90	Si	Ruul	Roca	Hehe	1,5	90	Alto	Diversidad de especies	-
214	Densa	80	Si	Ruul	Cosa	Sani	1,5	50	Bajo	-	-
215	Densa	80	Si	Ruul	Cosa	Sani	1,5	50	Bajo	-	-

216	-	-	No	-	-	-	-	-	Medio	-	-
217	Densa	80	Si	Ruul	Cosa	Sani	1,5	50	Bajo	-	-
218	-	-	No	-	-	-	-	-	Medio	-	-
219	Densa	80	Si	Ruul	Cosa	Livu	1,5	90	Alto	Diversidad de especies	-
220	Abierta	50	Si	Crmo	Ruul	Hevi	1	80	Bajo	-	-
221	-	-	No	-	-	-	-	-	Medio	-	-
222	Abierta	50	Si	Sani	Fica	-	5	40	Medio	-	-
223	Densa	100	Si	Sani	Coav	-	2	20	Medio	-	-
224	Abierta	70	Si	Ruul	Roca	Clvi	1	40	Bajo	-	-
225	Abierta	70	Si	Coav	Sani	-	3	30	Medio	-	-
226	-	-	Si	Ruul	Roca	0	0,5	30	Bajo	-	-
227	Densa	90	Si	Sani	Cosa	Salix	2	20	Medio	-	-
228	Abierta	40	Si	Ruul	Sani	bambu	1	5	Medio	-	-
229	Abierta	70	No	-	-	-	-	-	Medio	-	-
230	Densa	80	Si	Sani	-	-	2	20	Alto	Diversidad de especies	-
231	Densa	80	Si	Sani	-	-	3	10	Medio	-	-
232	Densa	70	Si	Coav	Saat	0	1	60	Bajo	-	-
233	Densa	70	Si	Livu	Saat	Ruul	1	40	Medio	-	-
234	Abierta	20	Si	Sani	Saat	-	1	10	Alto	Espacio verde atractivo	-
235	Abierta	10	No	-	-	-	-	-	Bajo	-	-
236	Densa	90	Si	Ruul	-	-	0,5	20	Bajo	-	-
237	-	-	No	-	-	-	-	-	Bajo	-	-
238	Densa	70	Si	Coav	Saat	0	1	60	Bajo	-	-
239	Densa	70	Si	Ruul	Clvi	0	1	60	Alto	-	-
240	Densa	70	Si	Ruul	Clvi	0	1	60	Medio	-	-
241	Densa	80	Si	Coav	Crmo	Sani	1	80	Alto	Espacio verde atractivo	-
242	Abierta	30	Si	Coav	-	-	1	10	Alto	Espacio verde atractivo	-
243	Densa	60	Si	Sani	Roca	Saat	1	50	Bajo	-	-

ANEXOS

ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CARBONO FIJADO POR EL PARQUE FLUVIAL DE LA COMARCA DE PAMPLONA MEDIANTE HERRAMIENTAS LIDAR



244	Abierta	20	No	-	-	-	-	-	Bajo	-	-
245	Abierta	60	No	-	-	-	-	-	Bajo	-	-
246	Densa	70	Si	Livu	Sani	0	1	30	Medio	-	-
247	Abierta	30	No	-	-	-	-	-	Medio	-	-
248	Abierta	20	Si	Ruul	Phco	-	1	10	Medio	-	-
249	Densa	70	Si	Coav	Sani	-	1	20	Bajo	-	-
250	Densa	80	No	-	-	-	-	-	Medio	-	-
251	Densa	80	Si	Coav	Livu	0	1	80	Bajo	-	-
252	Abierta	60	No	-	-	-	-	-	Alto	Salto de agua sobre roca	-
253	Abierta	40	Si	Ruul	Saat	Coav	1,5	40	Bajo	-	-
254	Densa	70	Si	Livu	Sani	Prla	1	60	Medio	-	-
255	Densa	90	Si	Ruul	Clvi	Hehe	1,5	60	Bajo	-	-
256	Densa	70	Si	Coav	Saat	0	1	60	Bajo	-	-
257	Densa	80	Si	Coav	Crmo	Sani	1	80	Alto	Espacio verde atractivo	-
258	Abierta	30	Si	Coav	-	-	1	10	Alto	Espacio verde atractivo	-
259	Abierta	30	No	-	-	-	-	-	Medio	-	-
260	Densa	80	Si	Coav	Livu	0	1	80	Bajo	-	-
261	Densa	60	Si	Coav	Ruul	Sani	2	70	Medio	-	-
262	Densa	70	Si	Livu	Sani	Prla	1	60	Medio	-	-
263	Densa	90	Si	Ruul	Clvi	Hehe	1,5	60	Bajo	-	-
264	Densa	70	Si	Buse	Livu	Ruul	1	50	Alto	Isla en el río	-
265	Densa	80	Si	Coav	Roca	Sani	2	80	Bajo	-	-
266	Densa	80	Si	Coav	Ruul	-	1,5	40	Medio	-	Cajas para murciélagos
267	Densa	80	Si	Cosa	Coav	Buse	2	90	Medio	-	-
268	Densa	80	Si	Ruul	Sani	Coav	1	80	Bajo	-	Cajas para murciélagos
269	-	-	No	-	-	-	-	-	Medio	-	-
270	Densa	80	Si	Ruul	Prsp	Roca	2	90	Alto	Diversidad de especies	-

271	Densa	80	Si	Hehe	-	-	1	10	Bajo	-	-
272	Densa	80	Si	Crmo	Hehe	Ruul	1	20	Medio	-	-
273	Densa	80	Si	Sani	Ruul	Crmo	1,5	50	Bajo	-	-
274	Densa	90	Si	Coav	Ruul	Clvi	2	30	Bajo	-	-
275	Densa	80	Si	Ruul	Crmo	Clvi	2	90	Medio	-	-
276	-	-	No	-	-	-	-	-	Medio	-	-
277	Densa	80	Si	Ruul	Prsp	Roca	2	90	Alto	Diversidad de especies	-
278	Densa	80	Si	Coav	Roca	Ruul	1,5	90	Medio	-	Cajas para murcielagos
279	-	-	Si	Roca	Ruul	Crmo	2	10	Medio	-	-
280	-	-	Si	Roca	Ruul	Crmo	2	40	Medio	-	Cajas para murcielagos
281	Densa	80	Si	Ruul	Prsp	Roca	2	90	Alto	Diversidad de especies	-
282	Abierta	60	Si	Coav	Ruul	-	2	50	Alto	Diversidad de especies	-

ANEXOS

ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CARBONO FIJADO POR EL PARQUE FLUVIAL DE LA COMARCA DE PAMPLONA MEDIANTE HERRAMIENTAS LIDAR



Tabla 5. Base de datos completa de los datos de campo (Parte 5/5/)

(Nº recinto: código del recinto, PresPat: presencia de daños/patologías, GravPat: gravedad de daños/patologías, EvHist: evolución histórica de la zona en los últimos 80 años (1930-2011), EvFut: evolución futura de la masa vegetal, Acces: accesibilidad, IntDiv: interés para la educación ambiental) *(Fuente: Basartea)*

Nºrecinto	PresPat	GravPat	EvHist	EvFut	Acces	IntDiv
1	Inexistente	Inexistente	Arbustos matorral y	Desarrollo de la vegetación	Buena	-
2	Inexistente	Inexistente	Arbustos matorral y	Desarrollo de la vegetación	Buena	-
3	Inexistente	Inexistente	-	Mantenimiento del estado ajardinado	Buena	-
4	Inexistente	Inexistente	Arbustos matorral y	Desarrollo de la vegetación y cierre de la formación	Buena	-
5	Inexistente	Inexistente	Vegetación de ribera	Desarrollo de la vegetación y cierre de la formación	Buena	-
6	Inexistente	Inexistente	Vegetación de ribera	Dinámica natural de la vegetación.	Media	-
7	Inexistente	Inexistente	-	Desarrollo de la vegetación	Buena	-
8	Inexistente	Inexistente	-	Desarrollo de la vegetación y cierre de la formación	Buena	-
9	Inexistente	Inexistente	Vegetación de ribera	Dinámica natural de la vegetación.	Buena	-
10	Inexistente	Inexistente	Vegetación de ribera	Colonización paulatina por una vegetación arbustiva y arbórea	Buena	-
11	Inexistente	Inexistente	Vegetación de ribera	Desarrollo de la vegetación	Buena	-
12	Hongos	Medio	Vegetación de ribera	Desarrollo del estrato inferior y envejecimiento de los árboles adultos	Buena	Bosque de ribera
13	Inexistente	Inexistente	Veg de ribera y matorral	Dinámica natural de la vegetación.	Buena	Bosque de ribera
14	Inexistente	Inexistente	Vegetación de ribera	Dinámica natural de la vegetación.	Media	-
15	Inexistente	Inexistente	-	Colonización paulatina por una vegetación arbustiva y arbórea	Buena	-
16	Inexistente	Inexistente	-	Envejecimiento de los chopos y desarrollo del sotobosque	Buena	-
17	Inexistente	Inexistente	Vegetación de ribera	Desarrollo de la vegetación y aumento de la proporción de exóticas	Buena	Bosque de ribera
18	Inexistente	Inexistente	Veg de ribera y matorral	Dinámica natural de la vegetación.	Media	-
19	Inexistente	Inexistente	Plantaciones	Envejecimiento de los chopos y desarrollo del sotobosque	Buena	-

20	Inexistente	Inexistente	-	Dinámica natural de la vegetación.	Buena	-
21	Inexistente	Inexistente	Vegetación de ribera	Desarrollo del estrato inferior y envejecimiento de los árboles adultos	Buena	-
22	Inexistente	Inexistente	Vegetación de ribera	Mantenimiento del estado ajardinado	Buena	-
23	Inexistente	Inexistente	-	Desarrollo de la vegetación y cierre de la formación	Media	-
24	Inexistente	Inexistente	-	Envejecimiento de los chopos y desarrollo del sotobosque	Buena	Usos del río y su territorio
25	Inexistente	Inexistente	-	Mantenimiento del estado ajardinado	Buena	-
26	Inexistente	Inexistente	-	Desarrollo de la vegetación	Buena	-
27	Inexistente	Inexistente	-	Desarrollo de la vegetación	Buena	-
28	Inexistente	Inexistente	Vegetación de ribera	Desarrollo de la vegetación y aumento de la proporción de exóticas	Buena	-
29	Hongos	Bajo	Vegetación de ribera	Desarrollo del estrato inferior y envejecimiento de los árboles adultos	Buena	Bosque de ribera
30	Inexistente	Inexistente	-	Desarrollo de la vegetación y aumento de la proporción de exóticas	Buena	-
31	Inexistente	Inexistente	Arbustos y matorral	Dinámica natural de la vegetación.	Mala	-
32	Inexistente	Inexistente	Vegetación de ribera	Mantenimiento del estado ajardinado	Buena	-
33	Inexistente	Inexistente	Vegetación de ribera	Colonización paulatina por una vegetación arbustiva y arbórea	Buena	Punto de reunión
34	Inexistente	Inexistente	-	Desarrollo del estrato inferior y envejecimiento de los árboles adultos	Buena	Bosque de ribera
35	Hongos	Bajo	-	Desarrollo del estrato inferior y envejecimiento de los árboles adultos	Buena	-
36	Inexistente	Inexistente	Veg de ribera y matorral	Dinámica natural de la vegetación.	Mala	-
37	Inexistente	Inexistente	-	Dinámica natural de la vegetación.	Buena	Bosque de ribera
38	Inexistente	Inexistente	-	Desarrollo de la vegetación	Buena	-
39	Inexistente	Inexistente	-	Desarrollo de la vegetación y aumento de la proporción de exóticas	Media	-
40	Inexistente	Inexistente	Vegetación de ribera	Desarrollo de la vegetación y aumento de la proporción de exóticas	Media	-
41	Inexistente	Inexistente	Vegetación de ribera	Envejecimiento de los chopos y desarrollo del sotobosque	Buena	-

ANEXOS

ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CARBONO FIJADO POR EL PARQUE FLUVIAL DE LA COMARCA DE PAMPLONA MEDIANTE HERRAMIENTAS LIDAR



42	Inexistente	Inexistente	-	Mantenimiento del estado ajardinado	Buena	-
43	Inexistente	Inexistente	Vegetación de ribera	Desarrollo de la vegetación y cierre de la formación	Buena	-
44	Inexistente	Inexistente	-	Desarrollo del estrato inferior y envejecimiento de los árboles adultos	Buena	-
45	Inexistente	Inexistente	-	Mantenimiento del estado ajardinado	Buena	-
46	Inexistente	Inexistente	Vegetación de ribera	Evolución limitada por los platanos. Desarrollo del sotobosque	Mala	-
47	Inexistente	Inexistente	Arbustos y matorral	Mantenimiento del estado ajardinado	Buena	-
48	Inexistente	Inexistente	-	Desarrollo de la vegetación y cierre de la formación	Buena	-
49	Inexistente	Inexistente	Vegetación de ribera	Desarrollo de la vegetación y cierre de la formación	Buena	-
50	Inexistente	Inexistente	Vegetación de ribera	Envejecimiento de los chopos y desarrollo del sotobosque	Buena	-
51	Inexistente	Inexistente	Vegetación de ribera	Desarrollo de la vegetación y cierre de la formación	Buena	-
52	Inexistente	Inexistente	-	Mantenimiento del estado ajardinado	Buena	-
53	Inexistente	Inexistente	Vegetación de ribera	Desarrollo del estrato inferior y envejecimiento de los árboles adultos	Mala	-
54	Inexistente	Inexistente	-	Mantenimiento del estado ajardinado	Buena	-
55	Inexistente	Inexistente	-	Desarrollo de la vegetación y aumento de la proporción de exóticas	Buena	-
56	Inexistente	Inexistente	-	Desarrollo de la vegetación	Mala	-
57	Inexistente	Inexistente	-	Mantenimiento del estado ajardinado	Buena	-
58	Inexistente	Inexistente	-	Mantenimiento del estado ajardinado	Buena	-
59	Inexistente	Inexistente	-	Mantenimiento del estado ajardinado	Buena	-
60	Antrópico	Bajo	Vegetación de ribera	Desarrollo de la vegetación	Mala	-
61	Inexistente	Inexistente	-	Desarrollo de la vegetación	Buena	-
62	Inexistente	Inexistente	-	Desarrollo de la vegetación	Buena	-
63	Inexistente	Inexistente	-	Mantenimiento del estado ajardinado	Buena	-
64	Inexistente	Inexistente	Plantaciones	Mantenimiento del estado ajardinado	Buena	-
65	Inexistente	Inexistente	Plantaciones	Desarrollo de la vegetación y aumento de la proporción de exóticas	Buena	-
66	Antrópico	Bajo	Plantaciones	Mantenimiento del estado ajardinado	Buena	-

67	Inexistente	Inexistente	Plantaciones	Desarrollo de la vegetación y aumento de la proporción de exóticas	Buena	-
68	Inexistente	Inexistente	Plantaciones	Desarrollo de la vegetación	Mala	-
69	Inexistente	Inexistente	-	Mantenimiento del estado ajardinado	Buena	-
70	Inexistente	Inexistente	-	Desarrollo de la vegetación y aumento de la proporción de exóticas	Buena	-
71	Inexistente	Inexistente	-	Desarrollo de la vegetación y aumento de la proporción de exóticas	Buena	-
72	Inexistente	Inexistente	Plantaciones	Desarrollo de la vegetación y aumento de la proporción de exóticas	Buena	-
73	Inexistente	Inexistente	-	Desarrollo de la vegetación y cierre de la formación	Buena	-
74	Inexistente	Inexistente	-	Desarrollo de la vegetación y aumento de la proporción de exóticas	Mala	-
75	Hongos	Bajo	Plantaciones	Mantenimiento del estado ajardinado	Buena	-
76	Hongos	Bajo	Plantaciones	Mantenimiento del estado ajardinado	Buena	-
77	Inexistente	Inexistente	Plantaciones	Desarrollo de la vegetación y cierre de la formación	Buena	-
78	Inexistente	Inexistente	-	Colonización paulatina por una vegetación arbustiva y arbórea	Buena	-
79	Inexistente	Inexistente	Plantaciones	Mantenimiento del estado ajardinado	Buena	-
80	Inexistente	Inexistente	-	Desarrollo de la vegetación	Media	-
81	Inexistente	Inexistente	-	Desarrollo de la vegetación	Mala	-
82	Inexistente	Inexistente	Plantaciones	Colonización paulatina por una vegetación arbustiva y arbórea	Mala	-
83	Inexistente	Inexistente	-	Mantenimiento del estado ajardinado	Buena	-
84	Inexistente	Inexistente	Vegetación de ribera	Desarrollo de la vegetación y aumento de la proporción de exóticas	Media	-
85	Inexistente	Inexistente	Plantaciones	Desarrollo de la vegetación y aumento de la proporción de exóticas	Buena	-
86	Inexistente	Inexistente	Veg de ribera y plantaciones	Desarrollo de la vegetación y aumento de la proporción de exóticas	Buena	-
87	Inexistente	Inexistente	-	Mantenimiento del estado ajardinado	Buena	-
88	Inexistente	Inexistente	Plantaciones	Mantenimiento del estado ajardinado	Buena	-
89	Inexistente	Inexistente	-	Desarrollo de la vegetación y aumento de la proporción de exóticas	Buena	-
199	Inexistente	Inexistente	-	Desarrollo del estrato inferior y envejecimiento de los árboles adultos	Buena	Bosque de ribera

ANEXOS

ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CARBONO FIJADO POR EL PARQUE FLUVIAL DE LA COMARCA DE PAMPLONA MEDIANTE HERRAMIENTAS LIDAR



200	Inexistente	Inexistente	-	Desarrollo de la vegetación y cierre de la formación	Buena	-
201	Inexistente	Inexistente	-	Dinámica natural de la vegetación.	Mala	-
202	Inexistente	Inexistente	-	Mantenimiento del estado ajardinado	Buena	-
203	Viento	Bajo	-	Desarrollo de la vegetación	Buena	-
204	Inexistente	Inexistente	-	Desarrollo de la vegetación y aumento de la proporción de exóticas	Buena	-
205	Inexistente	Inexistente	-	Colonización paulatina por una vegetación arbustiva y arbórea	Buena	-
206	Inexistente	Inexistente	-	Desarrollo de la vegetación y aumento de la proporción de exóticas	Buena	-
207	Inexistente	Inexistente	-	Mantenimiento del estado ajardinado	Buena	-
208	Inexistente	Inexistente	-	Desarrollo del estrato inferior y envejecimiento de los árboles adultos	Buena	-
209	Inexistente	Inexistente	-	Desarrollo de la vegetación y aumento de la proporción de exóticas	Buena	-
210	Inexistente	Inexistente	Veg de ribera y plantaciones	Dinámica natural de la vegetación.	Buena	-
211	Inexistente	Inexistente	-	Mantenimiento del estado ajardinado	Buena	-
212	Inexistente	Inexistente	-	Colonización paulatina por una vegetación arbustiva y arbórea	Buena	-
213	Inexistente	Inexistente	Vegetación de ribera	Desarrollo de la vegetación y cierre de la formación	Buena	-
214	Inexistente	Inexistente	-	Dinámica natural de la vegetación.	Media	-
215	Inexistente	Inexistente	-	Dinámica natural de la vegetación.	Media	-
216	Inexistente	Inexistente	Plantaciones	Mantenimiento del estado ajardinado	Buena	-
217	Inexistente	Inexistente	Plantaciones	Dinámica natural de la vegetación.	Media	-
218	Inexistente	Inexistente	-	Mantenimiento del estado ajardinado	Buena	-
219	Inexistente	Inexistente	Veg de ribera y plantaciones	Desarrollo del estrato inferior y envejecimiento de los árboles adultos	Buena	-
220	Inexistente	Inexistente	Vegetación de ribera	Desarrollo de la vegetación y cierre de la formación	Buena	-
221	Inexistente	Inexistente	Plantaciones	Mantenimiento del estado ajardinado	Buena	-
222	Inexistente	Inexistente	Plantaciones	Desarrollo de la vegetación y cierre de la formación	Buena	-
223	Inexistente	Inexistente	Plantaciones	Desarrollo de la vegetación	Mala	-

224	Inexistente	Inexistente	-	Colonización paulatina por una vegetación arbustiva y arbórea	Media	-
225	Inexistente	Inexistente	Veg de ribera y matorral	Desarrollo de la vegetación y aumento de la proporción de exóticas	Mala	-
226	Inexistente	Inexistente	-	Colonización paulatina por una vegetación arbustiva y arbórea	Media	-
227	Inexistente	Inexistente	Plantaciones	Desarrollo de la vegetación y aumento de la proporción de exóticas	Buena	-
228	Inexistente	Inexistente	Plantaciones	Desarrollo de la vegetación y aumento de la proporción de exóticas	Buena	-
229	Inexistente	Inexistente	-	Desarrollo del estrato inferior y envejecimiento de los árboles adultos	Mala	-
230	Inexistente	Inexistente	Vegetación de ribera	Desarrollo de la vegetación	Mala	-
231	Antrópico	Bajo	Plantaciones	Desarrollo de la vegetación	Mala	-
232	Inexistente	Inexistente	-	Desarrollo del estrato inferior y envejecimiento de los árboles adultos	Buena	-
233	Inexistente	Inexistente	Plantaciones	Desarrollo de la vegetación	Buena	Avenidas y dinámica fluvial
234	Inexistente	Inexistente	Plantaciones	Mantenimiento del estado ajardinado	Buena	Bosque de ribera
235	Inexistente	Inexistente	Plantaciones	Mantenimiento del estado ajardinado	Buena	-
236	Inexistente	Inexistente	Plantaciones	Desarrollo de la vegetación y cierre de la formación	Buena	-
237	Inexistente	Inexistente	-	Colonización paulatina por una vegetación arbustiva y arbórea	Buena	-
238	Inexistente	Inexistente	Veg de ribera y plantaciones	Desarrollo de la vegetación	Buena	-
239	Inexistente	Inexistente	Plantaciones	Dinámica natural de la vegetación.	Buena	-
240	Inexistente	Inexistente	-	Dinámica natural de la vegetación.	Buena	-
241	Inexistente	Inexistente	Plantaciones	Dinámica natural de la vegetación.	Buena	Bosque de ribera
242	Inexistente	Inexistente	Plantaciones	Mantenimiento del estado ajardinado	Buena	-
243	Inexistente	Inexistente	Plantaciones	Desarrollo de la vegetación	Buena	-
244	Inexistente	Inexistente	Plantaciones	Mantenimiento del estado ajardinado	Buena	-
245	Inexistente	Inexistente	Plantaciones	Mantenimiento del estado ajardinado	Buena	-
246	Antrópico	Bajo	-	Evolución limitada por los platanos. Desarrollo del sotobosque	Buena	-

ANEXOS

ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CARBONO FIJADO POR EL PARQUE FLUVIAL DE LA COMARCA DE PAMPLONA MEDIANTE HERRAMIENTAS LIDAR



247	Inexistente	Inexistente	Plantaciones	Mantenimiento del estado ajardinado	Buena	-
248	Inexistente	Inexistente	Vegetación de ribera	Colonización paulatina por una vegetación arbustiva y arbórea	Buena	-
249	Inexistente	Inexistente	Veg de ribera y plantaciones	Desarrollo de la vegetación	Mala	-
250	Antrópico	Media	-	Desarrollo de la vegetación	Buena	Bosque de ribera
251	Inexistente	Inexistente	-	Desarrollo de la vegetación y cierre de la formación	Mala	-
252	Inexistente	Inexistente	-	Mantenimiento del estado ajardinado	Buena	Usos del río y su territorio
253	Inexistente	Inexistente	Plantaciones	Mantenimiento del estado ajardinado	Buena	-
254	Hongos	Alto	-	Desarrollo de la vegetación y aumento de la proporción de exóticas	Buena	-
255	Antrópico	Media	Vegetación de ribera	Colonización paulatina por una vegetación arbustiva y arbórea	Buena	-
256	Inexistente	Inexistente	Veg de ribera y plantaciones	Desarrollo de la vegetación	Buena	-
257	Inexistente	Inexistente	Plantaciones	Dinámica natural de la vegetación.	Buena	Bosque de ribera
258	Inexistente	Inexistente	Plantaciones	Mantenimiento del estado ajardinado	Buena	-
259	Inexistente	Inexistente	Plantaciones	Mantenimiento del estado ajardinado	Buena	-
260	Inexistente	Inexistente	-	Desarrollo de la vegetación y cierre de la formación	Mala	-
261	Hongos	Media	Vegetación de ribera	Desarrollo del estrato inferior y envejecimiento de los árboles adultos	Media	-
262	Hongos	Alto	-	Desarrollo de la vegetación y aumento de la proporción de exóticas	Buena	-
263	Antrópico	Media	Vegetación de ribera	Colonización paulatina por una vegetación arbustiva y arbórea	Buena	-
264	Hongos	Media	Vegetación de ribera	Desarrollo de la vegetación	Buena	Usos del río y su territorio
265	Hongos	Media	Vegetación de ribera	Desarrollo de la vegetación y cierre de la formación	Buena	-
266	Inexistente	Inexistente	Vegetación de ribera	Dinámica natural de la vegetación.	Mala	-
267	Inexistente	Inexistente	-	Desarrollo de la vegetación y aumento de la proporción de exóticas	Buena	-
268	Inexistente	Inexistente	Vegetación de ribera	Dinámica natural de la vegetación.	Buena	-

269	Inexistente	Inexistente	-	Mantenimiento del estado ajardinado	Buena	-
270	Inexistente	Inexistente	Vegetación de ribera	Dinámica natural de la vegetación.	Media	Bosque de ribera
271	Inexistente	Inexistente	Vegetación de ribera	Desarrollo de la vegetación y aumento de la proporción de exóticas	Buena	-
272	Inexistente	Inexistente	Vegetación de ribera	Desarrollo de la vegetación y aumento de la proporción de exóticas	Buena	-
273	Inexistente	Inexistente	-	Desarrollo de la vegetación y aumento de la proporción de exóticas	Buena	Especies exóticas invasoras
274	Inexistente	Inexistente	-	Dinámica natural de la vegetación.	Buena	-
275	Inexistente	Inexistente	Vegetación de ribera	Dinámica natural de la vegetación.	Buena	-
276	Inexistente	Inexistente	-	Mantenimiento del estado ajardinado	Buena	-
277	Inexistente	Inexistente	Vegetación de ribera	Desarrollo del estrato inferior y envejecimiento de los árboles adultos	Buena	Bosque de ribera
278	Inexistente	Inexistente	Veg de ribera y matorral	Desarrollo del estrato inferior y envejecimiento de los árboles adultos	Buena	-
279	Inexistente	Inexistente	-	Colonización paulatina por una vegetación arbustiva y arbórea	Buena	-
280	Inexistente	Inexistente	-	Mantenimiento del estado ajardinado	Buena	-
281	Inexistente	Inexistente	Vegetación de ribera	Dinámica natural de la vegetación.	Media	Bosque de ribera
282	Inexistente	Inexistente	Vegetación de ribera	Dinámica natural de la vegetación.	Buena	-

ANEXO 2: ATRIBUTOS DE LA CAPA SHAPE DE LOS RECINTOS DEL PARQUE FLUVIAL (EJEMPLO DE UN RECINTO)

Entidades geográficas en [610540, 4741699]

- IDENA

- o Mancomunidad Comarca Pamplona • MCP. Parque Fluvial • Zonificación de la vegetación del Parque Fluvial I

- PARFLU_Pol_Vegetacion.228

FEATURE	35300015
CRECINTO	141
MEZCLA	Mixta
ARBOL1	Fraxinus excelsior
PORCARBOL1	30
ARBOL2	Acer pseudoplatanus
PORCARBOL2	25
OTRASESPEC	Chopo, olmo, sauce, ailanto, falsa acacia
PREEXOTICA	Media
EXOTICA	Arce sicomoro, falsa acacia, ailanto
GRADOCOLON	con exóticas invasoras en colonización
ANCHURA	25
CAPACIDAD	Media
OBSTACULOS	
ESTADOCON	Bajo
ESTADODES	Adulta
COMPLEVEGE	Heterogénea
DIAMETRO	30
ALTURAARBO	21
DENSIDAD	200-600
VALORACION	Abierta
CABIDA	80
PREARBUSTO	Si
ARBUSTO1	Sambucus nigra
ARBUSTO2	
ARBUSTO3	
ALTURAARBU	3
PORCECOBER	20
VALORPAISA	Bajo
ELEMENTO	
FAUNA	
PATOLOGIA	Inexistente
SITUACION	Inexistente
ESTADO1929	Desarrollo de la vegetación y aumento de la proporción de exóticas
EVOLUCION	Desarrollo de la vegetación y aumento de la proporción de exóticas
DESCRIPCIO	Vegetación heterogénea y bastante antropizada de características muy variables. Hay viejos árboles de chopo, algunos secos, y algunos árboles frutales ligados a la casa. Hay olmos de unos 25cm sanos. Hay un pequeño raso en la parte alta con regeneración
ACCESO	Buena
TIPO	2 - Otros bosques de ribera
SUBTIPO	2.1 - Vegetación adulta
GEOM_AREA	4761.11
GEOM_PERI	590.25

ANEXO 3: INVENTARIO DE CAMPO COMPLETO

En las siguientes tablas se muestran tanto los datos recogidos en campo durante los días 3,4 y 5 de agosto de 2016 (perímetros de los árboles medidos, en cm; el diámetro a la altura de pecho (dbh) calculado, también en cm, la especie forestal y las coordenadas UTM); como el peso estimado de cada árbol utilizando la ecuación alométrica explicada en el apartado de Materiales y Metodología (4.6.2), y la biomasa total, expresada en kg/m² de cada parcela circular. Además, se incluye una pequeña ortofoto, indicando la localización exacta de estas parcelas.

Tabla 1. Inventario de la Parcela 1 (Área de Eulza, Barañáin)

PARCELA 1: Área de Eulza (Barañáin)					
Fecha: 03/08/2016					
DESCRIPCIÓN: Zona junto a un área recreativa, muy accesible, especies representativas del parque. Justo al lado del río sin ser ribera, espaciamiento entre árboles sin vegetación baja por medio.					
Coordenadas UTM: X: 606706, Y: 4740227					
ID Arbol	Perímetro (cm)	dbh(cm)	Especie (Nombre común)	Especie (Nombre científico)	Biomasa estimada (kg)
1	53,5	17,03	Olmo	Ulmus minor	103,64
2	53,2	16,93	Fresno	Fraxinus excelsior	125,67
3	170	54,11	Olmo	Ulmus minor	1477,63
4	34	10,82	Espino blanco	Crataegus monogyna	36,56
5	46	14,64	Arce	Acer campestre	73,24
6	41	13,05	Arce	Acer campestre	56,22
7	45	14,32	Olmo	Ulmus minor	69,63
8	37	11,78	Espino blanco	Crataegus monogyna	44,41
9	43	13,69	Olmo	Ulmus minor	62,73
10	66	21,01	Nogal	Juglans regia	167,93
11	52,5	16,71	Fresno	Fraxinus excelsior	122,03
12	31,8	10,12	Olmo	Ulmus minor	31,35
13	35	11,14	Olmo	Ulmus minor	39,08
14	168	53,48	Chopo	Populus nigra	1445,09
15	158	50,29	Chopo	Populus nigra	1234,48
16	39,5	12,57	Fresno	Fraxinus excelsior	64,912
17	46,5	14,80	Arce	Acer campestre	75,08
18	32,5	10,35	Olmo	Ulmus minor	32,96
19	42,5	13,53	Fresno	Fraxinus excelsior	76,36
20	44	14,01	Fresno	Fraxinus excelsior	82,47
21	45,5	14,48	Fresno	Fraxinus excelsior	88,84
22	33	10,50	Fresno	Fraxinus excelsior	43,56
23	58	18,46	Fresno	Fraxinus excelsior	152,22
24	50,5	16,07	Chopo	Populus nigra	66,07
25	149,5	47,59	Arce	Acer campestre	1099,75
26	46,5	14,80	Arce	Acer campestre	75,085
27	37	11,78	Arce	Acer campestre	44,41
28	40,5	12,89	Fresno	Fraxinus excelsior	68,61
BIOMASA TOTAL (kg/m²): 45,86					

ANEXOS

ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CARBONO FIJADO POR EL PARQUE FLUVIAL
DE LA COMARCA DE PAMPLONA MEDIANTE HERRAMIENTAS LIDAR



Figura 1. Localización de la Parcela 1 (Escala 1:1000)

Tabla 2. Inventario de la Parcela 2 (Puente de Ardoi, Zizur Mayor)

PARCELA 2: Puente de Ardoi (Zizur Mayor)					
Fecha: 03/08/2016					
DESCRIPCIÓN: Chopera con bancos, muy fácil acceso, arboles muy grandes. 3 fotos. Solo chopos, poquitos, distribuidos por la zona de césped					
Coordenadas UTM: X: 606575, Y: 4739275					
ID Arbol	Perímetro (cm)	dbh(cm)	Especie(Nombre común)	Especie (Nombre científico)	Biomasa estimada (kg)
1	190	60,48	Chopo	Populus nigra	1981,87
2	244	77,66	Chopo	Populus nigra	3766,34
3	255	81,17	Chopo	Populus nigra	4217,68
4	250	79,58	Chopo	Populus nigra	4008,66
BIOMASA TOTAL (kg/m²): 90,78					



Figura 2. Localización de la Parcela 2 (Escala 1:1000)

ANEXOS

ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CARBONO FIJADO POR EL PARQUE FLUVIAL DE LA COMARCA DE PAMPLONA MEDIANTE HERRAMIENTAS LIDAR



Tabla 3. Inventario de la Parcela 3 (Área Morea, Zizur Mayor)

PARCELA 3: Área Morea (Zizur Mayor)					
Fecha: 03/08/2016					
DESCRIPCIÓN: Zona al lado de las huertas, especies diferentes a las anteriores, para dar más heterogeneidad al parque. Árboles separados, césped entre medio, zona verde con bancos.					
Coordenadas UTM: X: 607661, Y: 4739211					
ID Arbol	Perímetro (cm)	dbh(cm)	Especie(Nombre común)	Especie (Nombre científico)	Biomasa estimada (kg)
1	103,5	32,94	Fresno	Fraxinus excelsior	550,15
2	45	14,32	Fresno	Fraxinus excelsior	86,68
3	31	9,86	Higuera	Ficus carica	29,56
4	35,5	11,30	Cerezo	Prunus cerasus	40,37
5	36,5	11,61	Cerezo	Prunus cerasus	43,03
6	108,5	34,53	Nogal	Juglans regia	526,42
7	210	66,84	Nogal	Juglans regia	2401,55
8	51,5	16,39	Jabonero de la China	Koelreuteria paniculata	94,95
9	41	13,05	Higuera	Ficus carica	56,22
BIOMASA TOTAL (kg/m²): 24,87					



Figura 3. Localización de la Parcela 3 (Escala 1:1000)

Tabla 4. Inventario de la Parcela 4 (Área del río Alrevés, Cendea de Olza)

PARCELA 4: Área río Alrevés (Cendea de Olza)					
Fecha: 03/08/2016					
DESCRIPCIÓN: Zona de ribera de río, otra zona muy representativa del parque. Difícil acceso, vegetación baja entre los árboles, muchas zarzas y ortigas. Mucha densidad de árboles, muy juntos, pero de diámetro más pequeño					
Coordenadas UTM: X: 606149, Y: 4739660					
ID Arbol	Perímetro(cm)	dbh(cm)	Especie(Nombre común)	Especie(Nombre científico)	Biomasa estimada (kg)
1	245	77,98	Chopo	Populus nigra	3806,08
2	55,5	17,66	Olmo	Ulmus minor	112,76
3	44	14,01	Olmo	Ulmus minor	66,12
4	107,5	34,21	Olmo	Ulmus minor	515,32
5	100	31,83	Olmo	Ulmus minor	436,40
6	86,5	27,53	Olmo	Ulmus minor	312,70
7	36,5	11,61	Chopo	Populus nigra	28,71
8	37,5	11,93	Olmo	Ulmus minor	45,79
9	32,5	10,34	Olmo	Ulmus minor	32,96
10	59	18,78	Olmo	Ulmus minor	129,78
11	104,3	33,19	Chopo	Populus nigra	425,11
12	33	10,50	Olmo	Ulmus minor	34,13
13	47,5	15,11	Olmo	Ulmus minor	78,84
14	33	10,50	Olmo	Ulmus minor	34,13
15	42,5	13,52	Fresno	Fraxinus excelsior	76,35
16	128	40,74	Chopo	Populus nigra	719,05
17	92	29,28	Chopo	Populus nigra	308,05
18	110	35,01	Chopo	Populus nigra	487,33
19	119	37,87	Chopo	Populus nigra	596,33
20	45	14,32	Fresno	Fraxinus excelsior	86,68
21	48	15,27	Olmo	Ulmus minor	80,76
BIOMASA TOTAL (kg/m²): 54,66					

ANEXOS

ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CARBONO FIJADO POR EL PARQUE FLUVIAL
DE LA COMARCA DE PAMPLONA MEDIANTE HERRAMIENTAS LIDAR



Figura 4. Localización de la Parcela 4 (Escala 1:1000)

Tabla 5. Inventario de la Parcela 5 (Camino de la fuente de Txindalapea, Arre)

PARCELA 5: Camino de la fuente de Txindalapea (Arre)					
Fecha: 04/08/2016					
DESCRIPCIÓN: Zona boscosa, pasa un sendero por medio. Vegetación baja entre los árboles, zona densa, enredaderas en los árboles.					
Coordenadas UTM: X: 613568, Y: 4744728					
ID Arbol	Perímetro (cm)	dbh(cm)	Especie(Nombre común)	Especie(Nombre científico)	Biomasa estimada (kg)
1	70	22,28	Fresno	Fraxinus excelsior	231,02
2	61	19,41	Fresno	Fraxinus excelsior	170,23
3	64,5	20,53	Fresno	Fraxinus excelsior	192,67
4	76,2	24,25	Fresno	Fraxinus excelsior	278,89
5	47	14,96	Fresno	Fraxinus excelsior	95,46
6	71,5	22,75	Fresno	Fraxinus excelsior	242,15
7	100	31,83	Arce	Acer campestre	436,40
8	73	23,23	Arce	Acer campestre	211,71
9	106,3	33,83	Olmo	Ulmus minor	502,20
10	69	21,96	Arce	Acer campestre	185,99
11	50,2	15,97	Olmo	Ulmus minor	89,53
12	86,8	27,62	Fresno	Fraxinus excelsior	372,33
BIOMASA TOTAL (kg/m²): 19,54					



Figura 5. Localización de la Parcela 5 (Escala 1:1000)

ANEXOS

ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CARBONO FIJADO POR EL PARQUE FLUVIAL DE LA COMARCA DE PAMPLONA MEDIANTE HERRAMIENTAS LIDAR



Tabla 6. Inventario de la Parcela 6 (Playa de Oricáin, Ezcabarte)

PARCELA 6: Playa de Oricáin (Ezcabarte)					
Fecha: 04/08/2016					
DESCRIPCIÓN: Zona de ribera de río al lado de la playa de Oricáin. Vegetación baja entre árboles, gran espaciamiento entre ellos.					
Coordenadas UTM: X: 612246, Y: 4744484					
ID Arbol	Perímetro	dbh(cm)	Especie(Nombre común)	Especie(Nombre científico)	Biomasa estimada (kg)
1	168	53,47	Chopo	Populus nigra	1445,09
2	110,3	35,10	Chopo	Populus nigra	490,74
3	218	69,39	Chopo	Populus nigra	2820,45
4	48	15,27	Olmo	Ulmus minor	80,769
5	54,8	17,44	Aliso	Alnus glutinosa	104,99
6	48,2	15,34	Aliso	Alnus glutinosa	82,26
7	32,5	10,34	Aliso	Alnus glutinosa	38,89
8	64,6	20,56	Arce	Acer campestre	159,85
9	82,5	26,26	Chopo	Populus nigra	232,88
BIOMASA TOTAL (kg/m²): 35,44					



Figura 6. Localización de la Parcela 6 (Escala 1:1000)

Tabla 7. Inventario de la Parcela 7 (Sorauren, Ezcabarte)

PARCELA 7: Sorauren (Ezcabarte)					
Fecha: 04/08/2016					
DESCRIPCIÓN: Ribera de río, arboles justo de la orilla, algo de pendiente					
Coordenadas UTM: X: 61330, Y: 4746717					
ID Arbol	Perímetro (cm)	dbh(cm)	Especie(Nombre común)	Especie(Nombre científico)	Biomasa estimada (kg)
1	125,6	39,97	Chopo	Populus nigra	684,95
2	49,5	15,75	Aliso	Alnus glutinosa	86,53
3	68,6	21,83	Aliso	Alnus glutinosa	160,90
4	56,5	17,98	Aliso	Alnus glutinosa	111,26
5	57,2	18,20	Aliso	Alnus glutinosa	113,90
6	57,3	18,23	Aliso	Alnus glutinosa	114,28
7	46	14,64	Aliso	Alnus glutinosa	75,27
8	63	20,05	Aliso	Alnus glutinosa	136,85
9	90,4	28,77	Chopo	Populus nigra	294,49
10	130,6	41,57	Chopo	Populus nigra	757,14
11	77	24,50	Arce	Acer campestre	239,33
12	112,9	35,93	Chopo	Populus nigra	520,99
13	81,5	25,94	Chopo	Populus nigra	225,70
14	84,8	26,99	Chopo	Populus nigra	249,91
15	53,5	17,02	Arce	Acer campestre	103,64
16	63,5	20,21	Arce	Acer campestre	153,66
17	125,5	39,94	Fresno	Fraxinus excelsior	843,71
18	77	24,50	Fresno	Fraxinus excelsior	285,43
BIOMASA TOTAL (kg/m²): 33,51					


Figura 7. Localización de la Parcela 7 (Escala 1:1000)

ANEXOS

ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CARBONO FIJADO POR EL PARQUE FLUVIAL DE LA COMARCA DE PAMPLONA MEDIANTE HERRAMIENTAS LIDAR



Tabla 8. Inventario de la Parcela 8 (Área junto al Molino de San Andrés, Villaba)

PARCELA 8: Área junto al Molino de San Andrés (Villaba)					
Fecha: 04/08/2016					
DESCRIPCIÓN: Zona de césped con pinos muy grandes y otras especies, de muy facil acceso.					
Coordenadas UTM: X: 614019, Y: 4742684					
ID Arbol	Perímetro (cm)	dbh(cm)	Especie(Nombre común)	Especie (Nombre científico)	Biomasa estimada (kg)
1	168	53,47	Pino	Pinus nigra	1396,96
2	137,6	43,79	Pino	Pinus nigra	845,47
3	248	78,94	Chopo	Populus nigra	3926,85
4	66	21,01	Cerezo	Prunus cerasus	167,92
5	129,5	41,22	Pino	Pinus nigra	725,80
6	67,5	21,48	Acacia	Robinia pseudoacacia	176,83
7	62	19,73	Acacia	Robinia pseudoacacia	145,45
8	78,5	24,98	Acacia	Robinia pseudoacacia	250,18
9	312	99,31	Chopo	Populus nigra	7078,80
BIOMASA TOTAL (kg/m²): 95,59					



Figura 8. Localización de la Parcela 8 (Escala 1:1000)

Tabla 9. Inventario de la Parcela 9 (Olloki, Esteribar)

PARCELA 9: Olloki (Esteribar)					
Fecha: 05/08/2016					
DESCRIPCIÓN: Zona de ribera de río, árboles muy altos y muy separados entre ellos con vegetación arbustiva.					
Coordenadas UTM: X: 615317, Y: 4744340					
ID Arbol	Perímetro (cm)	dbh(cm)	Especie(Nombre común)	Especie(Nombre científico)	Biomasa estimada (kg)
1	171	54,43	Chopo	Populus nigra	1512,25
2	230	73,21	Chopo	Populus nigra	3236,31
3	148	47,10	Chopo	Populus nigra	1043,76
4	69,5	22,12	Aliso	Alnus glutinosa	164,94
5	63	20,05	Aliso	Alnus glutinosa	136,85
6	63,5	20,21	Aliso	Alnus glutinosa	138,93
7	79	25,14	Aliso	Alnus glutinosa	210,43
8	68,2	21,70	Aliso	Alnus glutinosa	159,12
9	186	59,20	Chopo	Populus nigra	1876,53
10	195	62,07	Chopo	Populus nigra	2118,51
11	136	43,29	Chopo	Populus nigra	840,12
12	144	45,83	Chopo	Populus nigra	972,87
13	43	13,68	Aliso	Alnus glutinosa	66,21
14	132,5	42,17	Chopo	Populus nigra	785,73
BIOMASA TOTAL (kg/m²): 86,16					

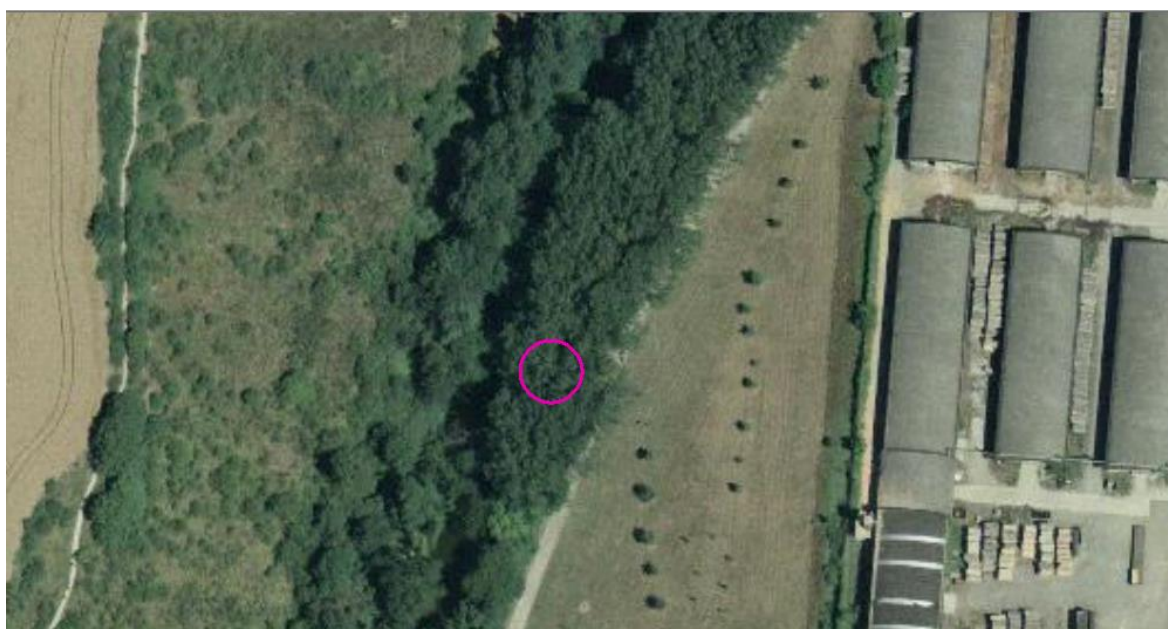


Figura 9. Localización de la Parcela 9 (Escala 1:1000)

ANEXOS

ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CARBONO FIJADO POR EL PARQUE FLUVIAL DE LA COMARCA DE PAMPLONA MEDIANTE HERRAMIENTAS LIDAR



Tabla 10. Inventario de la Parcela 10 (Área Berroa, Huarte)

PARCELA 10: Área Berroa (Huarte)					
Fecha: 05/08/2016					
DESCRIPCIÓN: Zona de parque junto al río, con pocos árboles, muy separados entre ellos y césped. Muy fácil acceso.					
Coordenadas UTM: X: 615343, Y: 4742298					
ID Arbol	Perímetro (cm)	dbh(cm)	Especie(Nombre común)	Especie(Nombre científico)	Biomasa estimada (kg)
1	300	95,49	Chopo	Populus nigra	6400,86
2	47,3	15,05	Acacia	Robinia pseudoacacia	78,08
3	63,3	20,14	Acacia	Robinia pseudoacacia	152,55
4	52,8	16,80	Acacia	Robinia pseudoacacia	100,55
5	63,4	20,18	Acacia	Robinia pseudoacacia	153,11
6	56,2	17,88	Acacia	Robinia pseudoacacia	116,05
7	59,5	18,93	Sauce llorón	Salix babylonica	132,32
8	32,1	10,21	Acacia	Robinia pseudoacacia	32,03
BIOMASA TOTAL (kg/m²): 46,55					



Figura 10. Localización de la Parcela 10 (Escala 1:1000)

Tabla 11. Inventario de la Parcela 11 (Área Zokoa, Huarte)

PARCELA 11: Área Zokoa (Huarte)					
Fecha: 05/08/2016					
DESCRIPCIÓN: Zona boscosa junto al Foro Europeo. Árboles juntos, con vegetación arbustiva entre medio.					
Coordenadas UTM: X: 615147, Y: 4742331					
ID Arbol	Perímetro (cm)	dbh(cm)	Especie(Nombre común)	Especie(Nombre científico)	Biomasa estimada (kg)
1	170	54,11	Chopo	Populus nigra	1489,66
2	76	24,19	Chopo	Populus nigra	188,64
3	97	30,87	Chopo	Populus nigra	352,87
4	104,5	33,26	Chopo	Populus nigra	427,21
5	82,6	26,29	Chopo	Populus nigra	233,60
6	77,9	24,79	Chopo	Populus nigra	200,99
7	120	38,19	Chopo	Populus nigra	609,28
8	129,8	41,31	Chopo	Populus nigra	745,29
9	105,5	33,58	Chopo	Populus nigra	437,78
10	86,4	27,50	Chopo	Populus nigra	262,19
11	88	28,01	Chopo	Populus nigra	274,83
12	62,4	19,86	Chopo	Populus nigra	113,72
13	59,5	18,93	Chopo	Populus nigra	100,65
14	116	36,92	Chopo	Populus nigra	558,50
15	117,3	37,33	Chopo	Populus nigra	574,71
16	92	29,28	Chopo	Populus nigra	308,05
17	40,6	12,92	Olmo	Ulmus minor	54,96
18	93,5	29,76	Chopo	Populus nigra	321,11
19	147,2	46,85	Chopo	Populus nigra	1029,34
20	32,9	10,47	Olmo	Ulmus minor	33,90
BIOMASA TOTAL (kg/m²): 54,03					

ANEXOS

ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CARBONO FIJADO POR EL PARQUE FLUVIAL
DE LA COMARCA DE PAMPLONA MEDIANTE HERRAMIENTAS LIDAR



Figura 11. Localización de la Parcela 11 (Escala 1:1000)

Tabla 12. Inventario de la Parcela 12 (Área Txubiondoa, Huarte)

PARCELA 12: Área Txubiondoa (Huarte)					
Fecha: 05/08/2016					
DESCRIPCIÓN: Área recreativa del parque, pocos árboles y especies diferentes a las parcelas anteriores. Árboles pequeños y muy separados con césped en el suelo.					
Coordenadas UTM: X: 614776, Y: 4742879					
ID Arbol	Perímetro (cm)	dbh(cm)	Especie(Nombre común)	Especie(Nombre científico)	Biomasa estimada (kg)
1	59,4	18,90	Ciruelo	Prunus cerasifera pissardi	131,81
2	61,8	19,67	Ciruelo	Prunus cerasifera pissardi	144,37
3	50	15,91	Sauco	Sambucus nigra	88,71
4	36	11,45	Sauco	Sambucus nigra	41,69
5	32,4	10,31	Sauco	Sambucus nigra	32,72
6	33,3	10,59	Sauco	Sambucus nigra	34,85
7	86	27,37	Fresno	Fraxinus excelsior	308,52
8	48,5	15,43	Nogal	Juglans regia	102,35
9	40,5	12,89	Sauco	Sambucus nigra	54,65
10	42,6	13,56	Sauco	Sambucus nigra	61,39
11	50,8	16,17	Nogal	Juglans regia	113,43
12	67,6	21,51	Fresno	Fraxinus excelsior	177,43
BIOMASA TOTAL (kg/m²): 8,39					

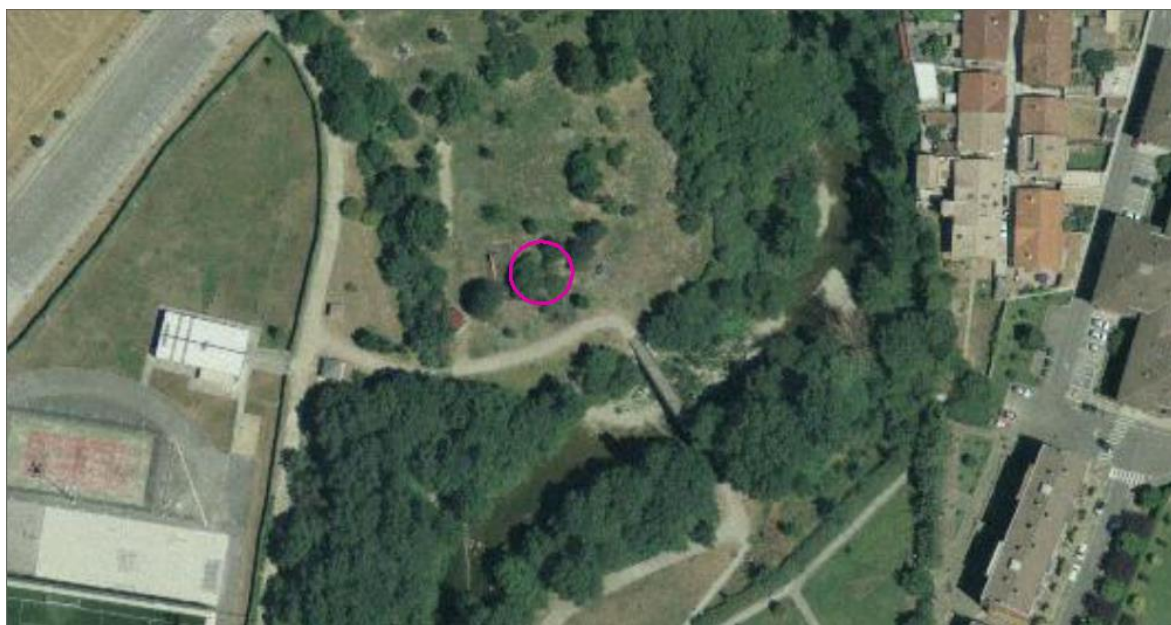


Figura 12. Localización de la Parcela 12 (Escala 1:1000)

ANEXO 4: CÁLCULO DE LA BIOMASA EN EL AÑO 2011 (SIMULACIÓN DE CRECIMIENTO)

A continuación, se indican los valores de crecimiento y la densidad de la madera para cada especie de cada parcela inventariada, y se estima el crecimiento en kg/ha y año, multiplicando el crecimiento por la densidad de la madera si solo hubiera esa especie. Pero lo que se desea es un dato medio de crecimiento en kg/año de cada parcela, para lo cual simplemente se hace una media de los crecimientos (kg/ha/año) y se multiplica por la superficie de las parcelas en ha (0.0154 ha).

Tabla 1. Estimación de crecimiento (kg/año) en cada parcela de las inventariadas en campo

numParcela	ID Arbol	dbh(cm)	Especie	Valor de crecimiento (m ³ /ha/año)	Densidad de la madera (kg/m ³)	Crecimiento (kg/ha/año)
1	1	17,03	Ulmus minor	2	639	1278
1	2	16,93	Fraxinus excelsior	4,48	690	3091,2
1	3	54,11	Ulmus minor	2	639	1278
1	4	10,82	Crataegus monogyna	2,89	628	1814,92
1	5	14,64	Acer campestre	1,66	630	1045,8
1	6	13,05	Acer campestre	1,66	630	1045,8
1	7	14,32	Ulmus minor	2	639	1278
1	8	11,78	Crataegus monogyna	2,89	628	1814,92
1	9	13,69	Ulmus minor	2	639	1278
1	10	21,01	Juglans regia	1,66	651	1080,66
1	11	16,71	Fraxinus excelsior	4,48	690	3091,2
1	12	10,12	Ulmus minor	2	639	1278
1	13	11,14	Ulmus minor	2	639	1278
1	14	53,48	Populus nigra	4,48	377	1688,96
1	15	50,29	Populus nigra	4,48	377	1688,96
1	16	12,57	Fraxinus excelsior	4,48	690	3091,2
1	17	14,80	Acer campestre	1,66	630	1045,8
1	18	10,35	Ulmus minor	2	639	1278
1	19	13,53	Fraxinus excelsior	4,48	690	3091,2
1	20	14,01	Fraxinus excelsior	4,48	690	3091,2
1	21	14,48	Fraxinus excelsior	4,48	690	3091,2
1	22	10,50	Fraxinus excelsior	4,48	690	3091,2
1	23	18,46	Fraxinus excelsior	4,48	690	3091,2

1	24	16,07	Populus nigra	4,48	377	1688,96
1	25	47,59	Acer campestre	1,66	630	1045,8
1	26	14,80	Acer campestre	1,66	630	1045,8
1	27	11,78	Acer campestre	1,66	630	1045,8
1	28	12,89	Fraxinus excelsior	4,48	690	3091,2
crecimiento medio(kg/año) → 29,039						
2	1	60,48	Populus nigra	12	377	4524
2	2	77,67	Populus nigra	12	377	4524
2	3	81,17	Populus nigra	12	377	4524
2	4	79,58	Populus nigra	12	377	4524
crecimiento medio(kg/año) → 69,642						
3	1	32,95	Fraxinus excelsior	1,66	690	1145,4
3	2	14,32	Fraxinus excelsior	1,66	690	1145,4
3	3	9,87	Ficus carica	2,89	628	1814,92
3	4	11,30	Prunus cerasus	1,66	628	1042,48
3	5	11,62	Prunus cerasus	1,66	628	1042,48
3	6	34,54	Juglans regia	1,66	651	1080,66
3	7	66,85	Juglans regia	1,66	651	1080,66
3	8	16,39	Koelreuteria paniculata	2,89	628	1814,92
3	9	13,05	Ficus carica	2,89	628	1814,92
crecimiento medio(kg/año) → 20,494						
4	1	77,99	Populus nigra	4,48	377	1688,96
4	2	17,67	Ulmus minor	4,48	639	2862,72
4	3	14,01	Ulmus minor	4,48	639	2862,72
4	4	34,22	Ulmus minor	4,48	639	2862,72
4	5	31,83	Ulmus minor	4,48	639	2862,72
4	6	27,53	Ulmus minor	4,48	639	2862,72
4	7	11,62	Populus nigra	4,48	377	1688,96
4	8	11,94	Ulmus minor	4,48	639	2862,72

ANEXOS

ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CARBONO FIJADO POR EL PARQUE FLUVIAL DE LA COMARCA DE PAMPLONA MEDIANTE HERRAMIENTAS LIDAR



4	9	10,35	Ulmus minor	4,48	639	2862,72
4	10	18,78	Ulmus minor	4,48	639	2862,72
4	11	33,20	Populus nigra	4,48	377	1688,96
4	12	10,50	Ulmus minor	4,48	639	2862,72
4	13	15,12	Ulmus minor	4,48	639	2862,72
4	14	10,50	Ulmus minor	4,48	639	2862,72
4	15	13,53	Fraxinus excelsior	4,48	690	3091,2
4	16	40,74	Populus nigra	4,48	377	1688,96
4	17	29,28	Populus nigra	4,48	377	1688,96
4	18	35,01	Populus nigra	4,48	377	1688,96
4	19	37,88	Populus nigra	4,48	377	1688,96
4	20	14,32	Fraxinus excelsior	4,48	690	3091,2
4	21	15,28	Ulmus minor	4,48	639	2862,72
crecimiento medio(kg/año)→ 38,380						
5	1	22,28	Fraxinus excelsior	1,66	690	1145,4
5	2	19,42	Fraxinus excelsior	1,66	690	1145,4
5	3	20,53	Fraxinus excelsior	1,66	690	1145,4
5	4	24,26	Fraxinus excelsior	1,66	690	1145,4
5	5	14,96	Fraxinus excelsior	1,66	690	1145,4
5	6	22,76	Fraxinus excelsior	1,66	690	1145,4
5	7	31,83	Acer campestre	1,66	630	1045,8
5	8	23,24	Acer campestre	1,66	630	1045,8
5	9	33,84	Ulmus minor	2	639	1278
5	10	21,96	Acer campestre	1,66	630	1045,8
5	11	15,98	Ulmus minor	2	639	1278
5	12	27,63	Fraxinus excelsior	1,66	690	1145,4
crecimiento medio(kg/año)→ 17,589						
6	1	53,48	Populus nigra	4,48	377	1688,96
6	2	35,11	Populus nigra	4,48	377	1688,96
6	3	69,39	Populus nigra	4,48	377	1688,96

6	4	15,28	Ulmus minor	4,48	377	1688,96
6	5	17,44	Alnus glutinosa	2	560	1120
6	6	15,34	Alnus glutinosa	2	560	1120
6	7	10,35	Alnus glutinosa	2	560	1120
6	8	20,56	Acer campestre	1,66	630	1045,8
6	9	26,26	Populus nigra	4,48	377	1688,96
crecimiento medio(kg/año)→ 19,616						
7	1	39,98	Populus nigra	4,48	377	1688,96
7	2	15,76	Alnus glutinosa	2	560	1120
7	3	21,84	Alnus glutinosa	2	560	1120
7	4	17,98	Alnus glutinosa	2	560	1120
7	5	18,21	Alnus glutinosa	2	560	1120
7	6	18,24	Alnus glutinosa	2	560	1120
7	7	14,64	Alnus glutinosa	2	560	1120
7	8	20,05	Alnus glutinosa	2	560	1120
7	9	28,78	Populus nigra	4,48	377	1688,96
7	10	41,57	Populus nigra	4,48	377	1688,96
7	11	24,51	Acer campestre	1,66	630	1045,8
7	12	35,94	Populus nigra	4,48	377	1688,96
7	13	25,94	Populus nigra	4,48	377	1688,96
7	14	26,99	Populus nigra	4,48	377	1688,96
7	15	17,03	Acer campestre	1,66	630	1045,8
7	16	20,21	Acer campestre	1,66	630	1045,8
7	17	39,95	Fraxinus excelsior	4,48	690	3091,2
7	18	24,51	Fraxinus excelsior	4,48	690	3091,2
crecimiento medio(kg/año)→ 23,342						
8	1	53,48	Pinus nigra	4,44	565	2508,6
8	2	43,80	Pinus nigra	4,44	565	2508,6
8	3	78,94	Populus nigra	12	639	7668
8	4	21,01	Prunus cerasus	1,66	628	1042,48

ANEXOS

ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CARBONO FIJADO POR EL PARQUE FLUVIAL DE LA COMARCA DE PAMPLONA MEDIANTE HERRAMIENTAS LIDAR



8	5	41,22	Pinus nigra	4,44	565	2508,6
8	6	21,49	Robinia pseudoacacia	4	770	3080
8	7	19,74	Robinia pseudoacacia	4	770	3080
8	8	24,99	Robinia pseudoacacia	4	770	3080
8	9	99,31	Populus nigra	12	377	4524
crecimiento medio(kg/año) → 51,313						
9	1	54,43	Populus nigra	4,48	377	1688,96
9	2	73,21	Populus nigra	4,48	377	1688,96
9	3	47,11	Populus nigra	4,48	377	1688,96
9	4	22,12	Alnus glutinosa	2	560	1120
9	5	20,05	Alnus glutinosa	2	560	1120
9	6	20,21	Alnus glutinosa	2	560	1120
9	7	25,15	Alnus glutinosa	2	560	1120
9	8	21,71	Alnus glutinosa	2	560	1120
9	9	59,21	Populus nigra	4,48	377	1688,96
9	10	62,07	Populus nigra	4,48	377	1688,96
9	11	43,29	Populus nigra	4,48	377	1688,96
9	12	45,84	Populus nigra	4,48	377	1688,96
9	13	13,69	Alnus glutinosa	2	560	1120
9	14	42,18	Populus nigra	4,48	377	1688,96
crecimiento medio(kg/año) → 22,246						
10	1	95,49	Populus nigra	12	377	4524
10	2	15,06	Robinia pseudoacacia	4	770	3080
10	3	20,15	Robinia pseudoacacia	4	770	3080
10	4	16,81	Robinia pseudoacacia	4	770	3080
10	5	20,18	Robinia pseudoacacia	4	770	3080
10	6	17,89	Robinia pseudoacacia	4	770	3080
10	7	18,94	Salix babylonica	4,48	480	2150,4
10	8	10,22	Robinia pseudoacacia	4	770	3080

crecimiento medio(kg/año)→ 48,403						
11	1	54,11	Populus nigra	12	377	4524
11	2	24,19	Populus nigra	12	377	4524
11	3	30,88	Populus nigra	12	377	4524
11	4	33,26	Populus nigra	12	377	4524
11	5	26,29	Populus nigra	12	377	4524
11	6	24,80	Populus nigra	12	377	4524
11	7	38,20	Populus nigra	12	377	4524
11	8	41,32	Populus nigra	12	377	4524
11	9	33,58	Populus nigra	12	377	4524
11	10	27,50	Populus nigra	12	377	4524
11	11	28,01	Populus nigra	12	377	4524
11	12	19,86	Populus nigra	12	377	4524
11	13	18,94	Populus nigra	12	377	4524
11	14	36,92	Populus nigra	12	377	4524
11	15	37,34	Populus nigra	12	377	4524
11	16	29,28	Populus nigra	12	377	4524
11	17	12,92	Ulmus minor	2	639	1278
11	18	29,76	Populus nigra	12	377	4524
11	19	46,86	Populus nigra	12	639	7668
11	20	10,47	Ulmus minor	2	639	1278
crecimiento medio(kg/año)→ 67,065						
12	1	18,91	Prunus cerasifera pissardi	2,89	628	1814,92
12	2	19,67	Prunus cerasifera pissardi	2,89	628	1814,92
12	3	15,92	Sambucus nigra	2,89	628	1814,92
12	4	11,46	Sambucus nigra	2,89	628	1814,92
12	5	10,31	Sambucus nigra	2,89	628	1814,92
12	6	10,60	Sambucus nigra	2,89	628	1814,92
12	7	27,37	Fraxinus excelsior	1,66	690	1145,4

ANEXOS

ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CARBONO FIJADO POR EL PARQUE FLUVIAL DE LA COMARCA DE PAMPLONA MEDIANTE HERRAMIENTAS LIDAR



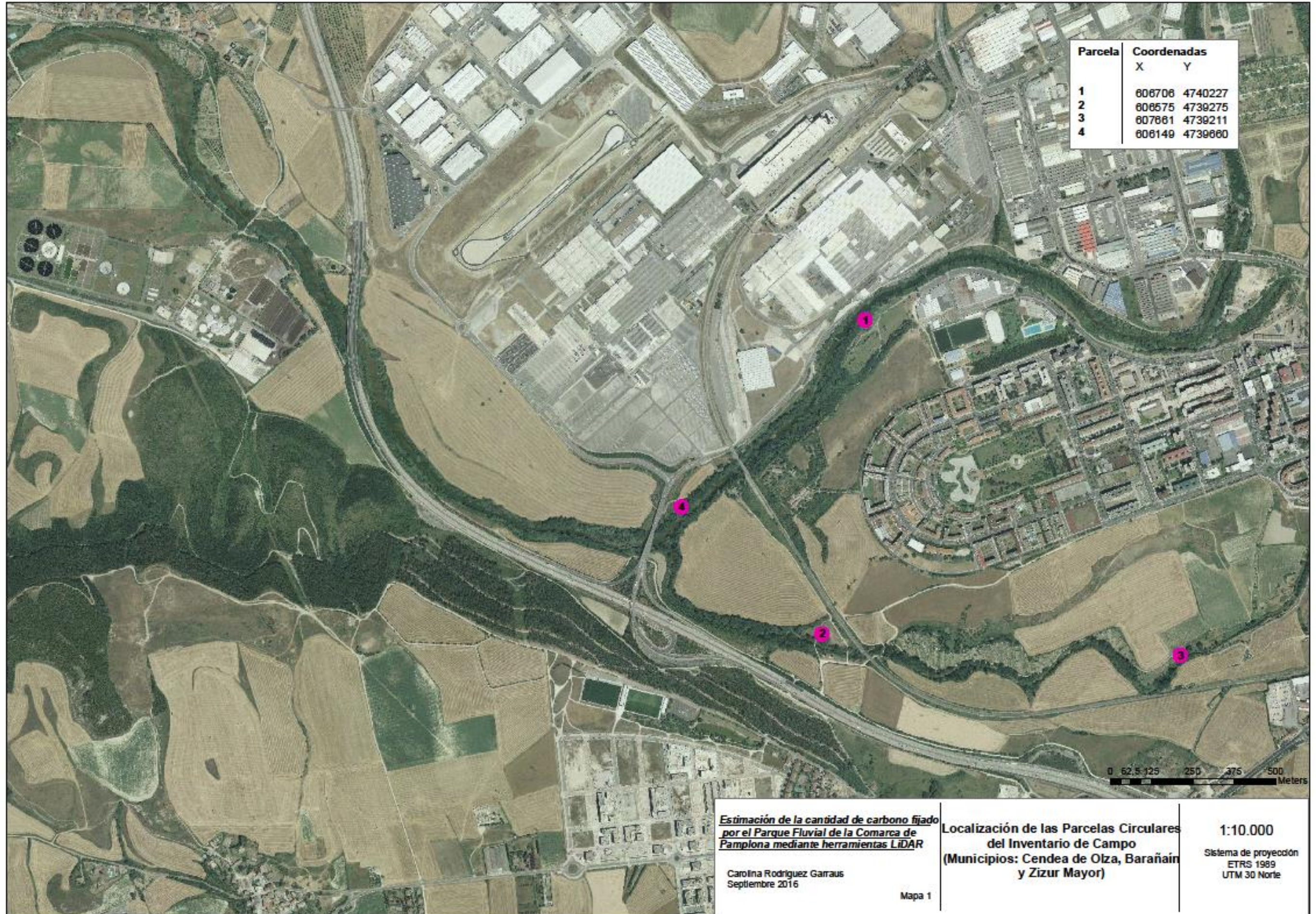
12	8	15,44	Juglans regia	1,66	651	1080,66
12	9	12,89	Sambucus nigra	2,89	628	1814,92
12	10	13,56	Sambucus nigra	2,89	628	1814,92
12	11	16,17	Juglans regia	1,66	628	1042,48
12	12	21,52	Fraxinus excelsior	1,66	651	1080,66
crecimiento medio(kg/año)→ 24,205						

Con los crecimientos medios (kg/año) de cada parcela, y multiplicándolos por los 5 años de desfase entre el 2016 y el 2011 se obtiene el crecimiento en kg que ha podido tener cada parcela en esos 5 años. Tras ello, únicamente hay que restar ese valor al de biomasa del 2016 y así se obtiene el valor de biomasa para el año 2011.

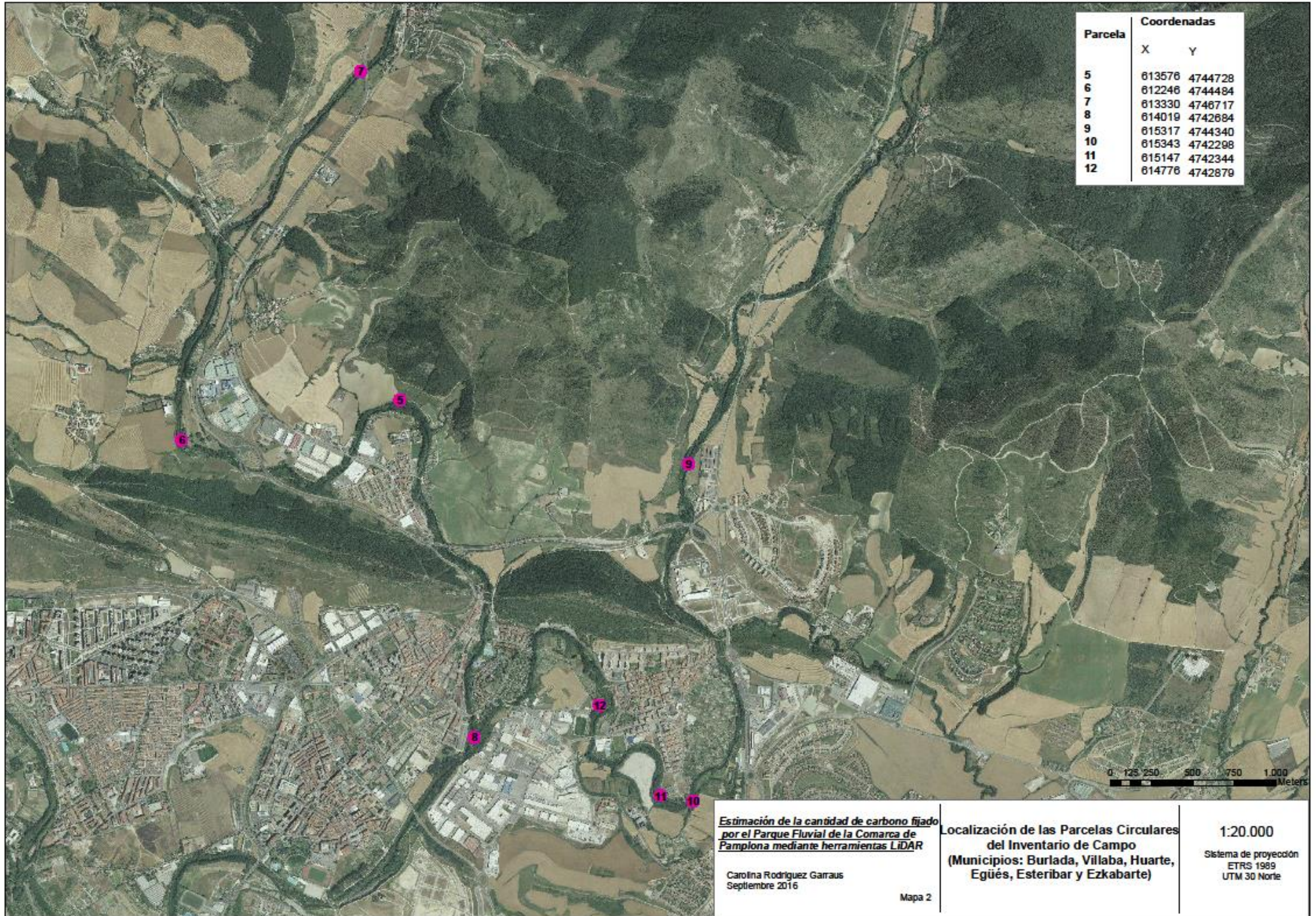
Parcela	KgTotal_2016	Crecimiento en 5 años	KgTotal_2011	Biomasa_2011 (kg/m ²)
1	7060,019	145,194	6914,825	44,920
2	13974,542	348,208	13626,334	88,518
3	3828,955	102,470	3726,485	24,208
4	8413,496	191,901	8221,595	53,408
5	3008,637	87,945	2920,692	18,973
6	5455,946	98,082	5357,864	34,805
7	5158,015	116,709	5041,306	32,749
8	14714,293	256,566	14457,727	93,919
9	13262,628	111,229	13151,398	85,433
10	7165,596	242,014	6923,582	44,976
11	8317,376	335,323	7982,052	51,852
12	1292,019	121,025	1170,995	7,607

ANEXO 5: LOCALIZACIÓN DE LAS PARCELAS CIRCULARES

A continuación, se adjuntan dos mapas en los cuales se muestra la localización de las Parcelas Circulares inventariadas durante el mes de agosto de este año 2016. En el primer mapa (Mapa 1) se indica la localización, así como las coordenadas UTM, de las parcelas situadas en los municipios de Cendea de Olza, Barañaín y Zizur Mayor; mientras que en el Mapa 2, de las parcelas situadas en el resto de municipios del Parque Fluvial: Burlada, Villaba, Huarte, Egüés, Esteribar y Ezkabarte

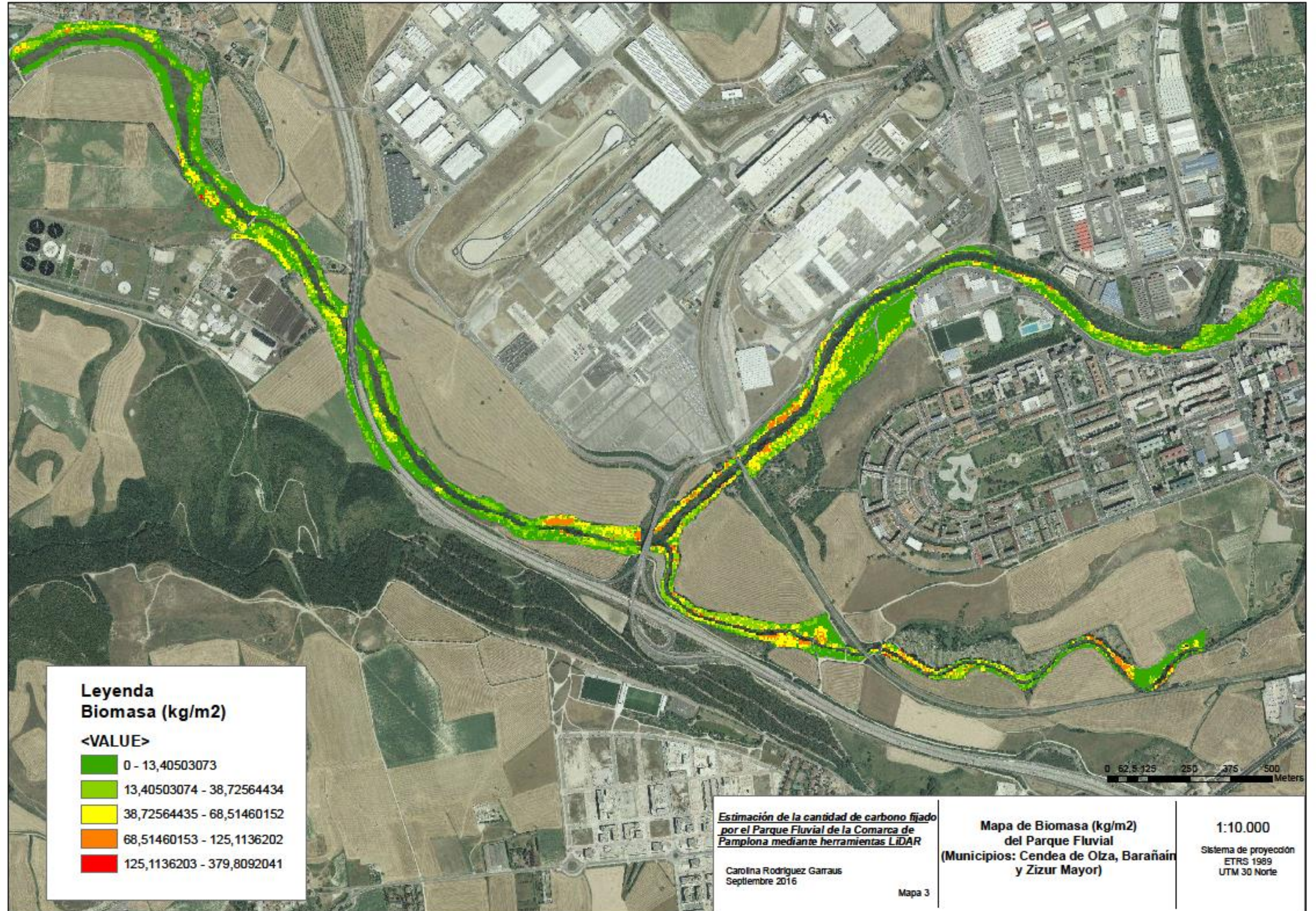


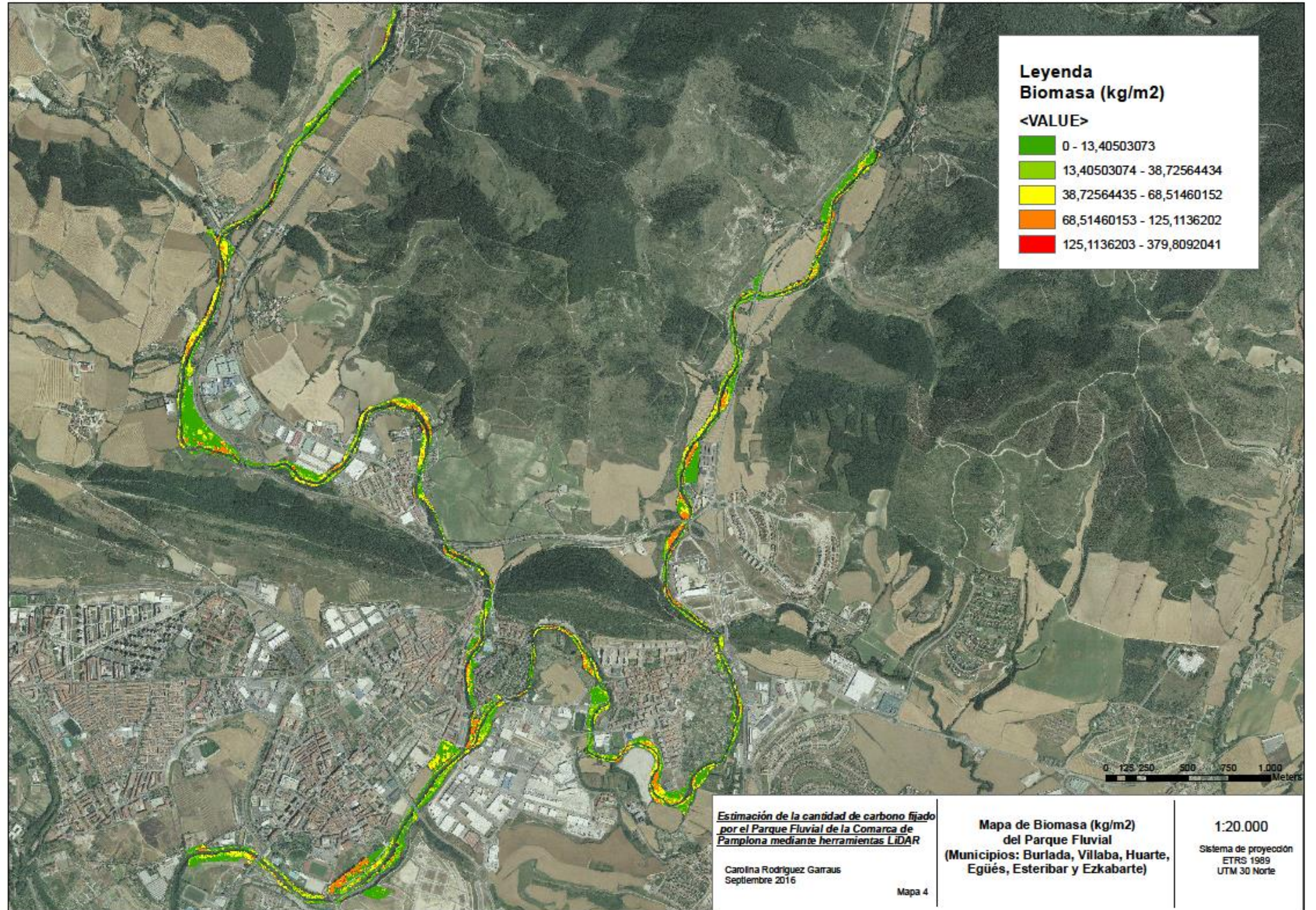
ANEXOS
ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CARBONO FIJADO POR EL PARQUE FLUVIAL DE LA COMARCA DE PAMPLONA MEDIANTE HERRAMIENTAS LIDAR



ANEXO 6: MAPA DE BIOMASA COMPLETO

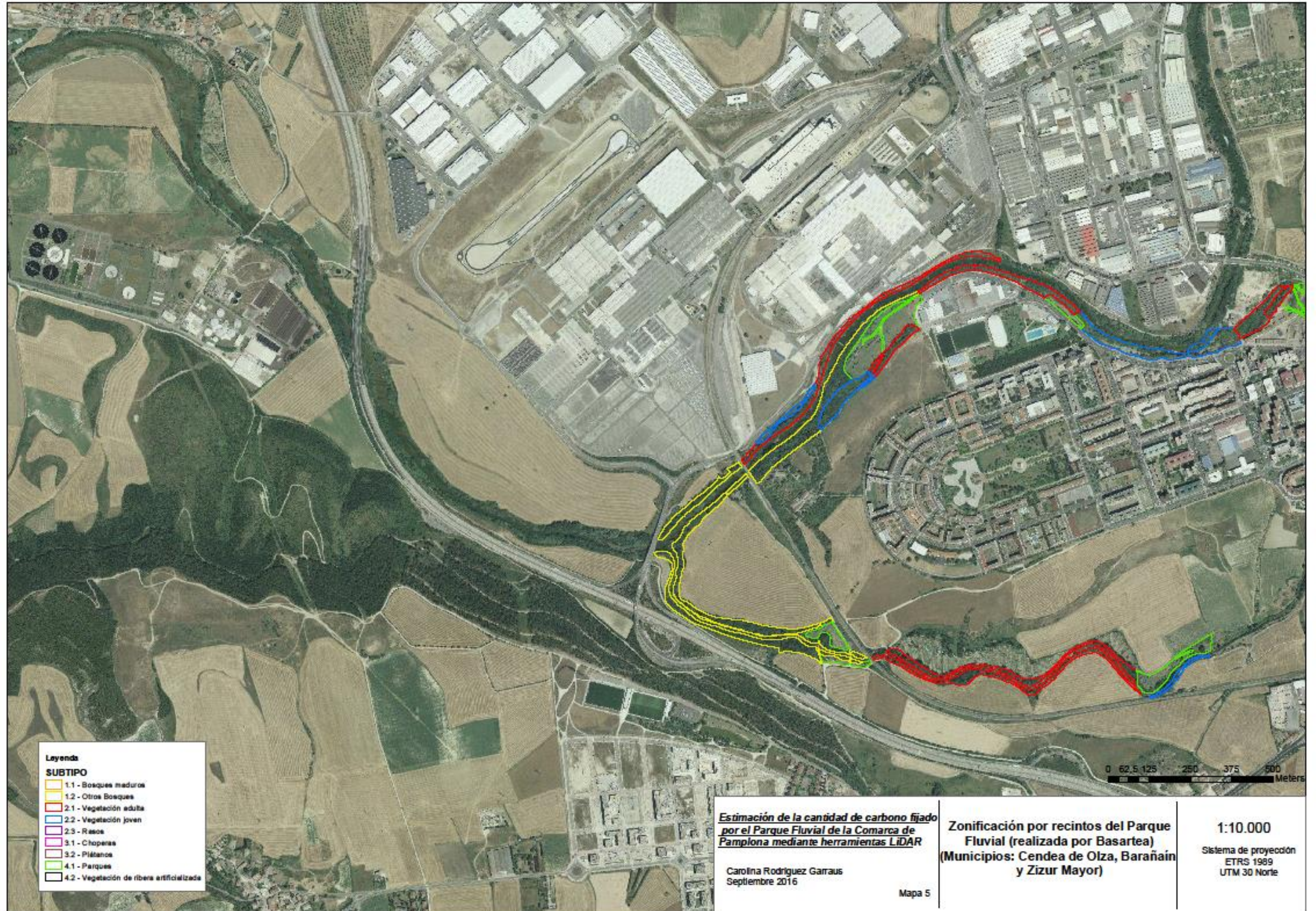
En los mapas siguientes (Mapas 3 y 4) se muestra el valor de biomasa (dentro de un rango concreto), expresada en kg/m^2 , de cada píxel de 5 m en los que ha dividido el Parque Fluvial. Al igual que en los mapas anteriores, el Parque está dividido en dos zonas. Por tanto, el primer mapa muestra la biomasa de los píxeles dentro de los municipios de Cendea de Olza, de Barañaín y de Zizur Mayor, y el segundo, de Burlada, Villaba, Huarte, Egüés, Esteribar y Ezcabarte.



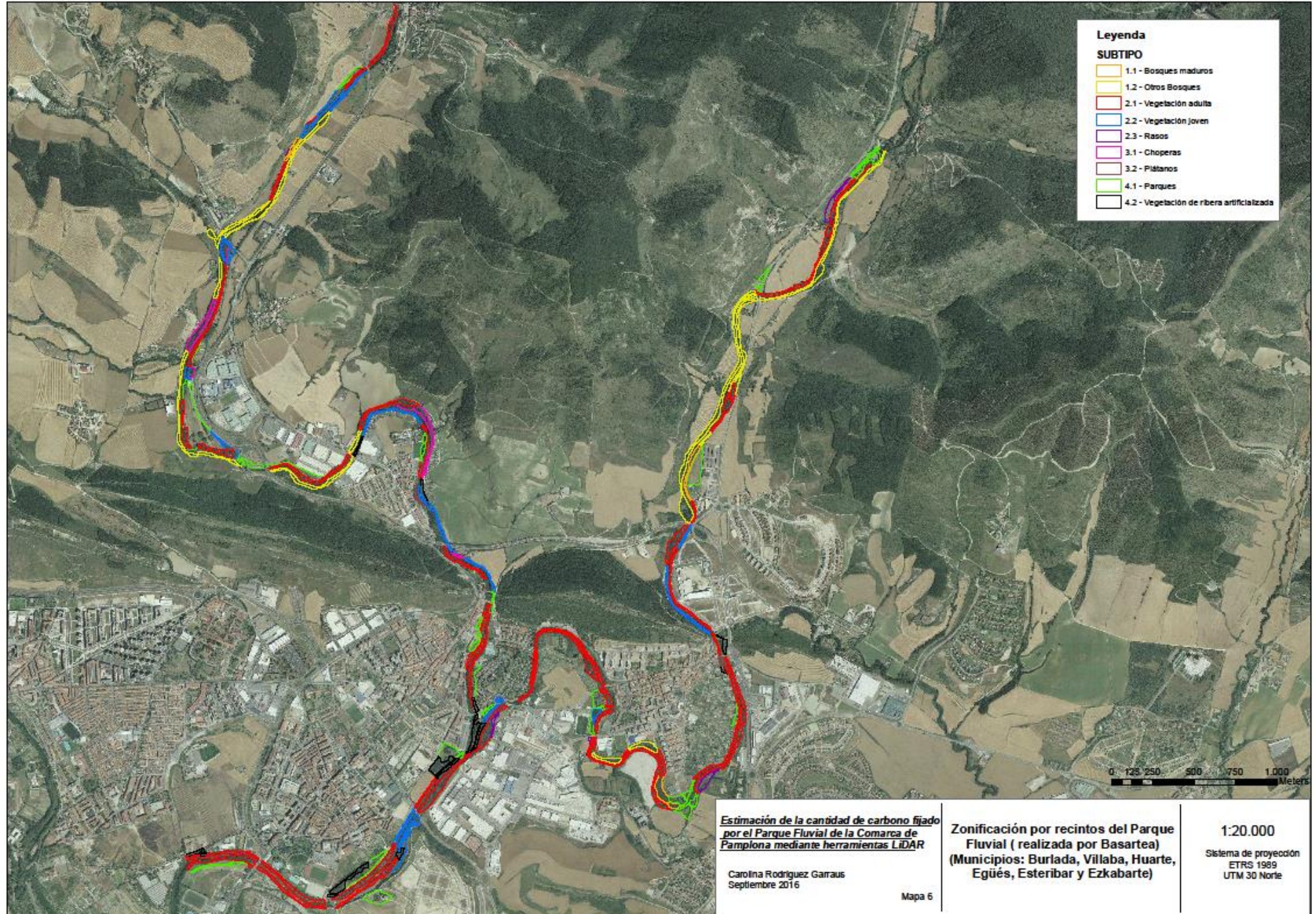


ANEXO 7: MAPA DE ZONIFICACIÓN DEL PARQUE FLUVIAL REALIZADO CON EL INVENTARIO DE 2013

En este ANEXO se adjuntan dos mapas (5 y 6) en los cuales se representa la zonificación por Subtipos de Vegetación con los datos del Inventario de 2013. El primer mapa incluye los municipios de Cendea de Olza, de Barañaín y de Zizur Mayor, y el segundo, de Burlada, Villaba, Huarte, Egüés, Esteribar y Ezcabarte.



ANEXOS
ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CARBONO FIJADO POR EL PARQUE FLUVIAL DE LA COMARCA DE PAMPLONA MEDIANTE HERRAMIENTAS LIDAR



ANEXO 8: MAPA DE CLASIFICACIÓN POR ALTURAS DEL PARQUE FLUVIAL

Por último, se muestran dos mapas (Mapas 7 y 8), los cuales representan la Clasificación por Altura (cuatro clases), explicada en el apartado de Metodología, del Parque Fluvial. El primer mapa incluye las zonas del parque pertenecientes a los municipios de Cendea de Olza, de Barañaín y de Zizur Mayor, y el segundo, de Burlada, Villaba, Huarte, Egüés, Esteribar y Ezcabarte.

