



RIDAA
Repositorio Institucional
Digital de Acceso Abierto de la
Universidad Nacional de Quilmes



Universidad
Nacional
de Quilmes

Aiub Apud, Daniela Isabel

Evaluación de la diversidad clásica y funcional del arbolado urbano de la ciudad de La Rioja, Argentina



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Argentina.
Atribución - No Comercial - Sin Obra Derivada 2.5
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/ar/>

Documento descargado de RIDAA-UNQ Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes de la Universidad Nacional de Quilmes

Cita recomendada:

Aiub Apud, D. I. (2020). *Evaluación de la diversidad clásica y funcional del arbolado urbano de la ciudad de La Rioja, Argentina. (Tesis de maestría). Bernal, Argentina: Universidad Nacional de Quilmes. Disponible en RIDAA-UNQ Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes <http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/2580>*

Puede encontrar éste y otros documentos en: <https://ridaa.unq.edu.ar>

Evaluación de la diversidad clásica y funcional del arbolado urbano de la ciudad de La Rioja, Argentina

TESIS DE MAESTRÍA

Daniela Isabel Aiub Apud

dani7995@gmail.com

Resumen

Cada vez más gente reconoce la importancia de los servicios ecosistémicos en general y en particular de los provistos por los árboles presentes en las calles y espacios públicos y privados de las ciudades. Los beneficios más importantes son la regulación climática, la protección de bienes, la mitigación del ruido y la captación de polvo y partículas contaminantes. El arbolado urbano se considera un ecosistema alterado por el hombre, y está directamente relacionado a su calidad de vida al mejorar la calidad ambiental. Es por este motivo que interesa evaluar no solo la presencia y el estado de los árboles en las calles sino también su distribución. La Municipalidad de La Rioja cuenta con un censo del arbolado urbano del macrocentro de la ciudad. Sin embargo, la información de árboles individuales no es suficiente para evaluar la provisión de servicios ecosistémicos y su distribución espacial. En este trabajo, con datos provenientes del censo del año 2016 del arbolado público urbano del macrocentro de la ciudad de La Rioja, se analizará la diversidad clásica y la diversidad funcional, se generarán mapas de diversidad, se establecerán los patrones de distribución espacial, de riqueza y abundancia de especies, así como de los conflictos producidos por el arbolado urbano. Con esta información se probarán hipótesis referidas a la distribución espacial de la provisión de los servicios ecosistémicos de regulación climática. Este trabajo sistematiza y genera información ecológica útil para la toma de decisiones y la aplicación de políticas de manejo y planeación del arbolado público urbano con la finalidad de mejorar la provisión de estos servicios ecosistémicos al mismo tiempo que se brindan bases metodológicas para abordar su evaluación.

Abstract

More and more people recognize the importance of ecosystem services in general and in particular services for the trees present in the streets and public and private spaces of cities. The most important benefits are climate regulation, property protection, noise mitigation and the capture of dust and polluting particles. Urban trees are considered an anthropogenic ecosystem, and are directly related to the human well being and quality of life by improving environmental quality. Therefore it is important not only evaluate the presence and condition of the trees on the streets but also their distribution. The Municipality of La Rioja has a census of the urban trees of the city's macro-center, however, the information on the trees is not sufficient to evaluate the provision of ecosystem services and their spatial distribution. In this work, with data from the 2016 census of the public urban tree of the macro-city of La Rioja, classical diversity and functional diversity index will be analyzed, diversity maps will be generated, spatial distribution patterns will be established, richness and abundance of species, as well as the identification of main conflicts produced by urban trees. With this information, the hypotheses regarding the spatial distribution of the provision of ecosystem services for climate regulation will be tested. This work systematizes and generates useful ecological information for decision-making and the application of policies for the management and planning of urban public trees in order to improve the provision of these ecosystem services and provide methodological bases for their evaluation.

DEDICATORIA

A mis hijos, Gastón y Josefina

AGRADECIMIENTOS

A mis directoras, Mónica Alita y María Eugenia Bordagaray, por su invaluable apoyo en el desarrollo de esta tesis

A Alejandra Martínez por sus valiosos aportes a este documento como miembro del comité asesor de tesis.

A la escuela de posgrado de la Universidad Nacional de Quilmes por darme la oportunidad de esta instancia de formación superior.

Un especial agradecimiento a la Ing. Martha Tarchini por su acompañamiento en numerosas etapas de este proceso,

A la Secretaria de Ambiente y a la Municipalidad de la Ciudad de La Rioja, por brindar los datos del censo del arbolado urbano para la elaboración de este trabajo-

CONTENIDO

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
CONTENIDO.....	V
ÍNDICE DE CUADROS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS.....	IX
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Planteo del problema	1
1.2 Estado del Arte.....	4
1.3 Objetivos	7
1.3.1 Objetivo general.....	7
1.3.2 Objetivos específicos.....	8
2 MARCO TEÓRICO	9
3 MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.1 Zona de estudio	16
3.2 Las normas municipales sobre el arbolado público	19
3.3 Censo del arbolado urbano.....	21
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
4.1 Generalidades del arbolado urbano del macrocentro de La Rioja 26	
4.2 Edad del arbolado.....	30
4.3 Estado fitosanitario	31
4.4 Conflictos que presenta el arbolado urbano.....	31
4.5 Riqueza de especies	35
4.6 Índices de diversidad clásicos	38

4.7	Origen de las especies utilizadas.....	45
4.8	Fenología Foliar	53
5	CONCLUSIONES	60
6	RECOMENDACIONES	62
7	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Frecuencias absolutas y relativas de las principales especies encontradas en el macrocentro de la ciudad de La Rioja en el censo realizado por la Secretaría de Ambiente de la municipalidad en el año 2016	27
Cuadro 2. Porcentaje de conflictos por especie encontrados en el macrocentro de la ciudad de La Rioja en el censo de 2016 (solo especies que presentaron algún conflicto)	32
Cuadro 3. Riqueza de especies arbóreas por calle en el macrocentro de la ciudad de La Rioja en el censo de 2016	36
Cuadro 4. Comparación de la riqueza encontrada en el macrocentro de la ciudad de La Rioja en el censo de 2016 con otros estudios	38
Cuadro 5. Índices de diversidad biológica de especies arbóreas por calle en el macrocentro de la ciudad de La Rioja, con base en el censo del año 2016	41
Cuadro 6. Características de la fenología foliar y de origen en el listado de especies encontradas en el macrocentro de la ciudad de La Rioja con base en los datos del censo del año 2016 (presencia del carácter=1, Ausencia=0)	45
Cuadro 7. Media ponderada de la comunidad para el rasgo fenología foliar y para origen de la especie por calle en el arbolado del macrocentro de la ciudad de La Rioja con base en los datos del censo del año 2016	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del departamento Capital, provincia de La Rioja, Argentina.....	16
Figura 2. Plano del microcentro de la Ciudad de La Rioja (el borde color rojo indica el perímetro del área donde se realizó el censo del arbolado urbano) indicando las 78 manzanas (90 ha aproximadamente) que intervinieron en el estudio.....	19
Figura 3. Bi-plot obtenido mediante análisis de correspondencias simple mostrando las principales asociaciones entre especies y conflictos en el macrocentro de la Ciudad de La Rioja (P=puente, LV=levantamiento de vereda, LVP=puente y levantamiento de vereda, OK=conflicto menor al 1% o nulo).....	34
Figura 4. Plano del macrocentro de la Ciudad de La Rioja indicando los valores de diversidad de Shannon-Weaver (verde=alta, amarillo=media, rojo=baja) encontrados en el censo del arbolado urbano del año 2016.	44
Figura 5. Plano del macrocentro de la Ciudad de La Rioja indicando los valores de porcentajes de caducifolias (verde=alta, amarillo=media, rojo=baja) encontrados en el censo del arbolado urbano del año 2016.	58

LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS

ONU: Organización de la Naciones Unidas

MEA: Evaluación de los Ecosistemas del Milenio

DF: Diversidad Funcional

SE: Servicios Ecosistémicos

OMS: Organización Mundial de la Salud

IGM: Instituto Geográfico Militar

INDEC: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos

CBD: Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Planteo del problema

En el año 2005 la Organización de las Naciones Unidas publica un informe en el que concluye que, de cada tres funciones de los ecosistemas, dos están en vías de extinción o amenazados. El informe hace referencia tanto a los ecosistemas naturales, como a los creados por el hombre, como por ejemplo las áreas cultivadas y las urbanas (ONU, 2005). La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA, 2005) concluye que en los últimos 50 años la transformación de los ecosistemas se hizo de manera más rápida y extensa que en ningún otro periodo de tiempo comparable de la historia humana, en gran parte para resolver rápidamente las demandas crecientes de alimento, agua dulce, madera, fibra y combustible. Esto ha generado una pérdida considerable y en gran medida irreversible de la diversidad de la vida sobre la Tierra.

La urbanización es otro de los factores de origen antropogénico que ha causado la reducción de la superficie que ocupan diferentes hábitats alrededor de todo el mundo, y, por lo tanto, es considerada como una amenaza para la biodiversidad (Czech et al., 2000). Según Berkowitz, “ (...) *el acto de urbanizar está relacionado con el acondicionamiento de una porción de terreno con estructuras que permiten satisfacer las necesidades de vivienda del hombre, lo que genera la sustitución de los hábitats preexistentes en el sitio*” (Berkowitz, 2003, en Mc Gregor-Fors y Ortega-Alvares, 2013, pag, 7). Así, estos autores adjudican a la urbanización parte de la responsabilidad en la pérdida de hábitats naturales.

Las poblaciones humanas obtienen múltiples bienes de los sistemas naturales que las rodean y de la biodiversidad que estos albergan (Balvanera et al., 2009). El hombre ha transformando ecosistemas naturales en sistemas de producción intensiva de bienes, por ejemplo, bosques, selvas y pastizales naturales han sido convertidos en sistemas agropecuarios para la producción de alimentos (Balvanera et al., 2009). Estas intervenciones producen cambios que modifican la capacidad que tienen los ecosistemas para brindarnos otros beneficios de los cuales no

siempre nos percatamos; hemos intercambiado la elevada contribución de los bosques a la regulación del clima o al control de la erosión por la reducida contribución que hacen los sistemas agropecuarios. En otras palabras, en la búsqueda de satisfacer nuestras necesidades hemos minado la capacidad que tienen los sistemas naturales para mejorar la calidad de vida (Balvanera et al., 2009).

La valoración de los servicios ecosistémicos ha sido usada principalmente para el estudio de los ecosistemas naturales. Hace unos años los árboles representaban un elemento secundario en el paisaje urbano, especialmente en el centro de las ciudades; sin embargo, a partir de la década de los noventa, la tendencia mundial reconoce a la silvicultura urbana como una actividad capaz de proporcionar diversos bienes y servicios a la población (Grime et al., 2000). Algunos de los múltiples beneficios ecológicos que brinda el arbolado urbano a las ciudades y a sus habitantes son la mejora del microclima, al regular las temperaturas extremas, la disminución del ruido y de la polución, la mitigación del calentamiento global, la conservación de especies de aves nativas, migratorias y endémicas, entre otras (McMichael, 1999; Yang et al., 2005; Gidlöf y Öhrström, 2007; Perry y Nawaz, 2008; Oliveira et al., 2011; Cerón et al., 2013 citado en Pérez-Medina y López Farfán, 2015).

Al igual que en los ecosistemas naturales, la variabilidad que existe entre las áreas urbanas hace que la provisión de los servicios deba ser estudiada en particular para cada una de ellas. Si bien se reconocen todos los beneficios que brindan los árboles urbanos a la ciudad y sus habitantes (McPearson, 1988), generalmente estos se desarrollan en ambientes poco favorables, dominados por construcciones, drenajes, calles, cables de servicios, tránsito vehicular, peatonal o animal. La evaluación del estado del arbolado urbano permite mejorar la gestión de manejo y esto afecta positivamente la calidad de los servicios ecosistémicos, la sustentabilidad de las ciudades y la calidad de vida de sus habitantes (Bartkowsky, 1886; Colding et al. 2006; Tzoula et al. 2007).

La Municipalidad de La Rioja cuenta con un censo del arbolado público urbano, cuyos datos se han usado para fundamentar la ordenanza municipal número 5350/16, cuyo objetivo fue “(...) *lograr la planificación, gestión, protección, recuperación, promoción y fomento del arbolado público, reglamentando los requisitos técnicos y el trámite para la plantación, mantenimiento, erradicación y reimplantación del mismo.*” (Ordenanza número 5350, año 2016). En su Artículo 7 se establece “(...) *la elaboración de un censo y registro de actualización del arbolado público con el cual se busca conocer la ubicación, especie, estado sanitario, edad y cualquier otro dato de interés a efectos de su adecuada conservación y planificación, identificando además ejemplares de valor histórico y estético importantes para la comunidad*” (Ordenanza número 5350, año 2016).

El problema es que el censo *per se* produce un inventario forestal con información de árboles individuales, pero esto no es suficiente para la toma de decisiones de manejo y conservación del arbolado urbano. Para esto es necesario tener elementos sobre los aportes en su conjunto de estos individuos, esto puede hacerse por medio de la estimación de la provisión de servicios ecosistémicos que estos proporcionan, conociendo la diversidad de especies, el estado en su conjunto del arbolado, los conflictos que ocasiona, así como la distribución espacial de los valores de estas variables. Actualmente la municipalidad no cuenta con información para diseñar un plan de manejo integral que permita maximizar la provisión de servicios ecosistémicos derivados del arbolado urbano. Particularmente servicios de regulación, tales como la regulación del clima, la captación de polvo y la disminución del ruido, y de servicios culturales, tales como la belleza escénica y el sentido de bienestar que proporcionan los árboles a los habitantes de la ciudad. Otro servicio reconocido es la protección de bienes mediante la sombra y la cobertura vegetal (por ejemplo, protección de automóviles de la radiación o del granizo), que el protocolo Ecoser (Latterra et al., 2011) lo encuadra como valor social y/o económico de los servicios ecosistémicos.

Este trabajo permitirá responder a preguntas como ¿cuál es la calidad, cantidad y distribución de la provisión de servicios ecosistémicos de regulación del clima por parte del arbolado urbano en la Ciudad de La Rioja? ¿Es la provisión del servicio ecosistémico de regulación del clima diferente en distintos sectores de la ciudad? ¿Cuáles son las zonas donde se requiere mejorar la provisión del servicio ecosistémico de regulación climática? ¿Cuáles son los principales conflictos que ocasiona el arbolado urbano? ¿Es la diversidad de especies diferente en distintos sectores de la ciudad?

Esto es de fundamental importancia para tomar las decisiones sobre el manejo del arbolado urbano, que incluye prácticas como la poda, la remoción de árboles enfermos o potencialmente peligrosos, la replantación y la protección de juveniles. El presente trabajo consiste en evaluar la distribución de la provisión de los servicios ecosistémicos, principalmente de regulación, en cada una de las cuadras de la ciudad de La Rioja y así brindar información útil para que los decisivos puedan realizar cambios para generar una mejor calidad de vida a los habitantes de la ciudad.

1.2 Estado del Arte

Para abordar el problema de la falta de información sobre la provisión de servicios ecosistémicos por parte del arbolado urbano de la ciudad de La Rioja se comenzará con las definiciones necesarias para poder abordar esta temática. A partir de la revisión bibliográfica se definirán los principales servicios ecosistémicos a considerar y la forma de evaluarlos.

El Informe Brundtland (ONU, 1987) define sostenibilidad urbana como la búsqueda de un desarrollo urbano sostenible, que no degrade el entorno y proporcione calidad de vida a los ciudadanos. Una de las características fundamentales de ciudades consideradas ecológicamente sostenibles es su capacidad de albergar diferentes especies. Una ciudad arbolada contribuye a la conservación de la

biodiversidad, y a mayor biodiversidad mayor equilibrio del ecosistema urbano (Colding et al., 2006; Tzoulas et al., 2007). Li et al. (2005) concluyen que los beneficios que proporciona la vegetación urbana a la población y al ambiente están relacionados con la calidad ambiental y la calidad de vida de los habitantes. Pérez Medina y López-Falfán (2015) establecen que las mejoras en la calidad de vida de los pobladores, responde a la presencia de áreas verdes y arboladas, y que esta calidad de vida podría ser mantenida o mejorada en función de los servicios ecosistémicos que brinde el arbolado.

Los servicios ecosistémicos que brinda el arbolado urbano son en la actualidad un componente fundamental de la gestión urbana; esto se da porque los árboles forman parte importante de los mecanismos de funcionamiento de la naturaleza y son un componente significativo en la sostenibilidad de los centros urbanos y en el incremento en la calidad de vida de sus pobladores (Bartkowski, 1986). Entre los servicios más documentados en la función ecosistémica está la disminución del consumo de energía eléctrica para el enfriamiento del aire (regulación del microclima), los procesos de purificación del aire, su aporte en el desarrollo del ciclo hidrológico, la permeabilidad del suelo y la calidad del agua y la disminución del ruido (McMichael, 1999; Yang et al., 2005; Gidlöf y Öhrström, 2007; Perry y Nawaz, 2008; Oliveira et al., 2011; Cerón et al., 2013 citado en Pérez -Medina y Lopez Falfan, 2015).

Todos estos servicios están asociados al mejoramiento del clima urbano, como mitigación de la intensidad de la "isla de calor" en climas con importantes niveles de radiación solar; hidratación de la atmósfera en ciudades de climas secos, humectación del aire con la consecuente reducción de las cargas térmicas de verano y los ahorros de energía asociados, entre otros. También contribuyen a atenuar los fenómenos relacionados al crecimiento urbano de las urbes del siglo XXI, como la contaminación sonora, alta emisión de gases contaminantes debido a la congestión del tránsito vehicular y el creciente empobrecimiento estético, producto del deterioro progresivo de las viejas edificaciones e

infraestructuras. El mantenimiento y el buen funcionamiento de los ecosistemas urbanos constituyen la base para el desarrollo sostenible de las ciudades, siendo los árboles uno de los elementos más importantes para lograr este buen funcionamiento. La optimización de los beneficios generados por los árboles está directamente relacionada con características del arbolado tales como la cobertura, composición, densidad, distribución y su estado de salud (James et al., 2009). Algunos estudios permiten inferir que a mayor superficie, densidad y más saludable es la cobertura arbórea, tiene mayor probabilidad de proveer beneficios ecológicos de mayor calidad (Romero et al., 2001; Maco y McPherson, 2002; Stabler et al., 2005).

La ciudad de La Rioja está anclada en una zona templada y árida, de clima continental, escasa humedad relativa ambiente, una fuerte insolación diaria, limpidez atmosférica, lluvias estacionales, alta evaporación y vientos cálidos y secos (Morello et al., 1985). Por esta razón los servicios más importantes son los de regulación, como la reducción del calor, el aumento de la humedad relativa, la disminución de la amplitud térmica, la protección de bienes de la radiación, la captación de polvo y la mejora de la calidad del aire. Estos servicios ecosistémicos están asociados al carácter de perennifolia o no de la vegetación, a su porte y a su abundancia. Este trabajo es el primero a mi conocimiento que estudia el arbolado urbano desde la óptica de la provisión de estos servicios ecosistémicos en el país.

En la ciudad de Resistencia se realizaron estudios del arbolado urbano con un enfoque hacia las actividades recreativas y culturales y al desarrollo regional (Valdéz y Foulkes, 2016). En la ciudad de Mendoza, se analizó el impacto de la aridez en el desarrollo ambientalmente sustentable de esta ciudad con énfasis en la tolerancia a la sequía del arbolado urbano (Martinez et al., 2011). En Santiago del Estero se realizó la caracterización completa del arbolado urbano en una plaza para estudiar la composición florística leñosa, caracterizándola según su origen biogeográfico (Roger et al., 2013).

En Resistencia también se evaluó la pérdida de los atributos paisajísticos y la degradación de la superficie verde del área central (González, 2013). En el Partido de Quilmes se realizó un estudio para evaluar los conflictos producidos por el arbolado urbano para evitar su destrucción por parte de los vecinos (Campari, 2006). En la ciudad de Tandil se generaron indicadores para evaluar la sustentabilidad ambiental de un parque urbano, desde la óptica social, administrativa y territorial (García y Guerrero, 2006; Guerrero y Culós, 2007). En Tandil también se evaluaron los servicios ecosistémicos aprovisionamiento de agua, secuestro de carbono y el valor de existencia en la vegetación de la cuenca del río Langueyú (Guerrero et al., 2013).

En la ciudad de Buenos Aires se evaluaron las tasas de emisión de CO₂ y se construyó un modelo para las tasas de emisión y la captación de C por parte del arbolado (Seoane y Evans, 2001). Fiorentino (2013) realizó también en esta ciudad un estudio sobre la sostenibilidad ambiental del recurso arbolado urbano vial.

Teniendo en cuenta estos antecedentes y en relación al anclaje geográfico y territorial definido, el presente trabajo pretende generar información relevante que ayude a las autoridades municipales en la planificación y manejo del arbolado urbano, para aumentar la calidad de los servicios ecosistémicos brindados y así mejorar la calidad ambiental y por ende la calidad de vida de los habitantes de la ciudad de La Rioja.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general*

Caracterizar, evaluar y valorar la provisión de servicios ecosistémicos de regulación y diversidad biológica del arbolado urbano en los diferentes sectores del macro centro de la Ciudad Capital de La Rioja, Argentina.

1.3.2 Objetivos específicos

- Crear una base de datos a partir de la información del inventario de los árboles del macrocentro de la ciudad de La Rioja.
- Describir las principales características del arbolado presente (frecuencia de especies, estado sanitario, principales conflictos con el arbolado)
- Realizar el análisis de la diversidad de especies del arbolado urbano.
- Realizar el análisis de la fenología foliar de especies del arbolado urbano.
- Generar mapas con la distribución espacial de la diversidad de especies para los diferentes sectores del macrocentro de la ciudad.
- Generar mapas con la distribución espacial de la provisión de servicios de regulación para los diferentes sectores del macrocentro de la ciudad.

2 MARCO TEÓRICO

Daily (1997) define que los servicios ecosistémicos se refieren a un amplio rango de condiciones y procesos a través de los cuales los ecosistemas naturales, y las especies que los conforman, ayudan a mantener y satisfacer la vida humana. La Evaluación de Ecosistemas del Milenio los define como aquellos beneficios que las personas y las sociedades obtienen de los ecosistemas de los cuales dependen. Además, MEA (2005) y Carpenter et al. (2009) los clasifican en cuatro grandes grupos:

- a) de apoyo: ciclaje de nutrientes, formación de suelo, producción primaria, etc.
- b) de aprovisionamiento: bienes producidos o proporcionados por los ecosistemas que pueden ser aprovechados directamente por los seres humanos, como son alimentos, combustibles, madera, fibra, recursos genéticos o medicinas, entre otros.
- c) de regulación: servicios derivados de la regulación de los procesos ecosistémicos entre ellos se mencionan la calidad del aire, regulación del clima, regulación hídrica, entre otros. Otros autores también incluyen aquí a la capacidad de los ecosistemas de absorber perturbaciones (resistencia) o de recuperar su capacidad funcional luego de sufrirlas (resiliencia).
- d) culturales: son beneficios no materiales que enriquecen la calidad de vida de los seres humanos, tales como los valores estéticos, educacionales, religiosos y espirituales, las oportunidades de generar conocimiento (tradicional y formal), inspiración, sentido de pertenencia, recreación y turismo asociado a la naturaleza, entre otros.

El estudio de las ciudades como parte de los ecosistemas alterados por el hombre es reciente (desde la década de los noventa) específicamente en los países de Europa Occidental y los Estados Unidos de América (Grime et al., 2000). Desde entonces, la ecología urbana ha mostrado ser fundamental no sólo para el entendimiento de los sistemas

urbanos desde una perspectiva ecológica, sino para la generación de información útil en la toma de decisiones y la aplicación de políticas de manejo y planeación urbana (McGregor-Fors y Ortega-Álvarez, 2013).

Las ciudades son actualmente consideradas como un ecosistema abierto o bien como un mosaico de ecosistemas estructurados según un sistema jerarquizado de elementos abióticos y bióticos, muy cercanos al de los sistemas naturales y en el cual se produce circulación de materia y energía (Bartkowski, 1986; Zimny, 1988; Kaftan, 1996; citado por Szumacher y Malinowska, 2013). Es importante destacar como antecedente, el trabajo realizado por revista La Perspectiva de las Ciudades y la Diversidad Biológica – Medidas y Políticas (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2012), con la contribución de más de 120 científicos, proporciona un resumen de una evaluación a nivel mundial de los vínculos entre urbanización, diversidad biológica y servicios de los ecosistemas. Para explicar cómo la urbanización afecta la diversidad biológica y los servicios ecosistémicos estos autores sintetizan la información en 10 mensajes clave enfocados en fortalecer la conservación de la diversidad biológica y la utilización sostenible de los recursos naturales en un contexto urbano.

En su Mensaje Clave 3 establecen que “(...) *la diversidad biológica y los servicios de los ecosistemas son un capital natural fundamental*”. *El capital natural puede definirse como la reserva de bienes y servicios que suministran los ecosistemas y que son esenciales para el ser humano. Si bien existe mucho debate sobre cómo cuantificar el valor de los ecosistemas en términos monetarios y no monetarios y/o asignarles valores cualitativos, estas pueden ser usadas para la incorporación de consideraciones ecológicas en la gestión de una ciudad.*” (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2012, pag. 26).

Naturalmente los ecosistemas de las ciudades han sido, en gran medida, formados por el hombre y dominados por él (Pimienta-Barrios et al., 2014) concluye en su estudio que las ciudades contribuyen de manera significativa al cambio climático, porque en ellas se generan la mayor

proporción de gases de efecto invernadero. Entre los principales efectos indeseados está el aumento de la temperatura, la formación de olas e islas de calor y el aumento de las concentraciones de ozono, que se considera el más peligroso porque afecta la salud humana y a la fotosíntesis (Pimienta-Barrios et al., 2014).

La Agenda 21, en el contexto del cambio climático global, propone la construcción de ciudades ambientalmente más sustentables como una forma de mitigar los efectos del cambio climático; incluye la intervención de los gobiernos locales para propiciar el cambio con premisas sobre el cuidado del medio ambiente, la planificación urbana y la gestión del territorio. Al respecto, los mensajes 5 y 7 hacen referencia a *que “(...) los servicios de los ecosistemas urbanos y la diversidad biológica pueden ayudar a contribuir a la mitigación y a la adaptación al cambio climático”* y *que “(...) los servicios de los ecosistemas deben integrarse a las políticas y a la planificación urbana”* (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2012, pág. 33 y 39 respectivamente). Por último, directamente relacionado al arbolado urbano sostiene que *“las ciudades tienen un gran potencial para generar innovaciones en un contexto de gobernanza y, por lo tanto, pueden, y deben, tomar la delantera en el desarrollo sostenible”* (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica: La Perspectiva de las ciudades y la diversidad biológica, 2012, pág. 50).

La generación de servicios ecosistémicos depende de una serie de características de las comunidades vegetales entre las que se encuentran la diversidad funcional (DF). La DF se define como el valor, rango y abundancia de los atributos funcionales en una comunidad o ecosistema (Díaz et al., 2007). Los atributos o caracteres funcionales, también llamados rasgos, son las características morfológicas, fisiológicas y/o fenológicas medibles a nivel individual, desde el nivel celular hasta un organismo, que influyen en su crecimiento, reproducción y supervivencia y/o en los efectos de dicho organismo en el ecosistema (Lavorel y Garnier, 2002; Cornelissen et al., 2003; Violle et al., 2007). Varios estudios han profundizado sobre cómo distintos caracteres y tipos funcionales se relacionan con las distintas

propiedades y servicios ecosistémicos (Lavorel y Garnier, 2002; Garnier et al., 2004; Díaz et al., 2007; Lavorel et al., 2007; Grime et al., 2008; Lavorel et al., 2008). Las investigaciones basadas en el enfoque de DF son herramientas que se pueden usar para el estudio de las relaciones causales existentes entre los impulsores del cambio ambiental global, la diversidad, el funcionamiento ecológico y los servicios que los ecosistemas brindan a la humanidad (Martín-López et al., 2007).

Según Cornelissen et al. (2003) los rasgos funcionales son caracteres morfológicos, fisiológicos, fenológicos y/o comportamentales, que tienen importancia ecológica porque determinan cómo las plantas responden al ambiente e impactan procesos ecológicos. Por ello se usan como aproximaciones para comprender y explicar la relación de una planta con su entorno biótico y abiótico y sus impactos en procesos ecológicos.

Díaz et al. (2007) distinguen tres componentes de la diversidad funcional: (1) los atributos de las especies más abundantes en el ecosistema, (2) la distribución y rango de atributos presentados por todas las especies en el ecosistema y (3) la presencia de ciertos atributos o especies con particular importancia ecológica o simbólica. Todos estos componentes podrían ser importantes en determinar el estado de ciertos servicios ecosistémicos (SE), en ciertas situaciones, cuando se trata de la función ambiental de la vegetación en la ciudad.

Los árboles prestan una gran cantidad de servicios dentro del entorno en el cual se encuentran; en el caso particular de la ciudad el comportamiento de estos varía, porque dependen de los elementos que los rodean (Nowak y Paul, 2001). En las ciudades los recursos naturales que contienen al arbolado han sido modificados o se encuentran degradados como consecuencia del crecimiento urbano; el suelo se ha visto modificado provocando la ausencia de nutrientes esenciales que muchas veces condiciona el crecimiento de la vegetación. El principal efecto indirecto es sobre la calidad del aire ya que en ciudades con una vegetación con baja tasa de crecimiento se incrementan los niveles de dióxido de carbono que no son capturados por las plantas; además del incremento de dióxido de

carbono si la vegetación no tiene un buen sustrato afectará su crecimiento provocando la disminución del servicio de captura de carbono (Wark y Warner, 2001).

La importancia del arbolado urbano trasciende las del componente paisajístico ya que se reconocen funciones ecológicas esenciales en la generación de servicios ambientales en como regulación de los impactos que generan las actividades urbanas, tales como el alto consumo de energía para la producción de bienes y servicios, la intensificación del transporte, la generación de desechos, así como la formación de islas de calor, ruido, contaminación del aire y de los mantos freáticos, entre otros.

Los efectos negativos consecuencia de las actividades urbanas representan en muchos casos riesgos para la salud humana (OMS, 2010). Según la Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica (2012), mantener ecosistemas urbanos en funcionamiento puede mejorar significativamente la salud de sus habitantes contribuyendo así a su bienestar. La Organización Mundial de la Salud (OMS) considera a la superficie de las ciudades destinada a espacios verdes por habitante como un indicador de calidad de vida urbana, y recomienda como valor medio de 10 a 15 m² de espacios verdes por habitante. Ciudades como Curitiba, Bruselas, Ámsterdam, Nueva York y Viena, sobrepasan cómodamente esos parámetros. Las ciudades argentinas, en cambio, se encuentran por debajo del umbral mínimo recomendado. Rosario es, por ejemplo, una de las ciudades con más verde urbano en el país. Se estima que cuenta con 10,4 m² de espacio verde por habitante, distribuidos en parques (15%), plazas (12%), canteros y bulevares (4%), y otros espacios (3%) (Tella, 2013).

Los principales conflictos que representa el arbolado en las ciudades son la rotura de veredas, la obstrucción de desagües, el ocultamiento de carteles indicadores y semáforos, las roturas de cableado y el desrame producido por vehículos de gran porte. Muchos de estos conflictos surgen como producto de una mala gestión del arbolado público urbano o de la selección de especies no apropiadas para las condiciones

ambientales presentes en la ciudad. En el momento de la elección de las especies apropiadas para evitar conflictos y maximizar la provisión de servicios ecosistémicos, se deben considerar varios aspectos (Nuñez, s.f.):

- **Tipo de raíz.** Cuanto más profundas sean las raíces, menos se dañarán las veredas; Se deben evitar las especies que requieren mucha humedad de suelo, ya que posiblemente busquen los desagües y los obstruirán.
- **Tipo de follaje.** Con respecto al follaje en climas como el de La Rioja convienen aquellas especies de hojas caducifolias para que produzcan sombra en verano y permitan el ingreso del sol en invierno. Además, las hojas pequeñas son más fáciles de recolectar y no obstruyen desagües.
- **Tipo de floración.** Convienen aquellas especies de floraciones cortas que no ocasionen problemas de alergias por la presencia de polen o que minimicen el periodo de polinización.
- **Tipo de fruto.** Los frutos pueden ocasionar daños tanto a bienes como a personas principalmente debido a su tamaño, dureza, textura y forma. También pueden ser desagradables o bien por su aroma o por los efectos de su fermentación después de caer.
- **El tamaño en la edad adulta.** Este es otro factor importante y la elección de la especie adecuada dependerá del ancho de la vereda y del retiro al frente de edificación.
- **Forma del árbol.** Respecto a la forma deben preferirse aquello de fuste recto, libre de espinas y ramificaciones basales, de copa amplia y alta.
- **Rusticidad.** Deben ser lo suficientemente rústicos para que soporten lastimaduras y el clima hostil de las ciudades, además de longevos para minimizar el costo de implantación.

En particular para esta investigación el tipo de follaje y su característica fenológica (caducifolia o perennifolia) es el aspecto más importante, ya que se asocia directamente al servicio ecosistémico de

regulación climática. También se analizarán la forma del árbol y su tamaño para evitar conflictos con el arbolado urbano.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Zona de estudio

La provincia de La Rioja se encuentra ubicada en el sector noroeste de la República Argentina (Figura 1), entre los paralelos 28° y 32° de Latitud Sur y entre 66° y 70° de Longitud Oeste. Limita al norte con la provincia de Catamarca, al este con Catamarca y Córdoba, al sur con San Luis y San Juan y al oeste con San Juan y la Republica de Chile.

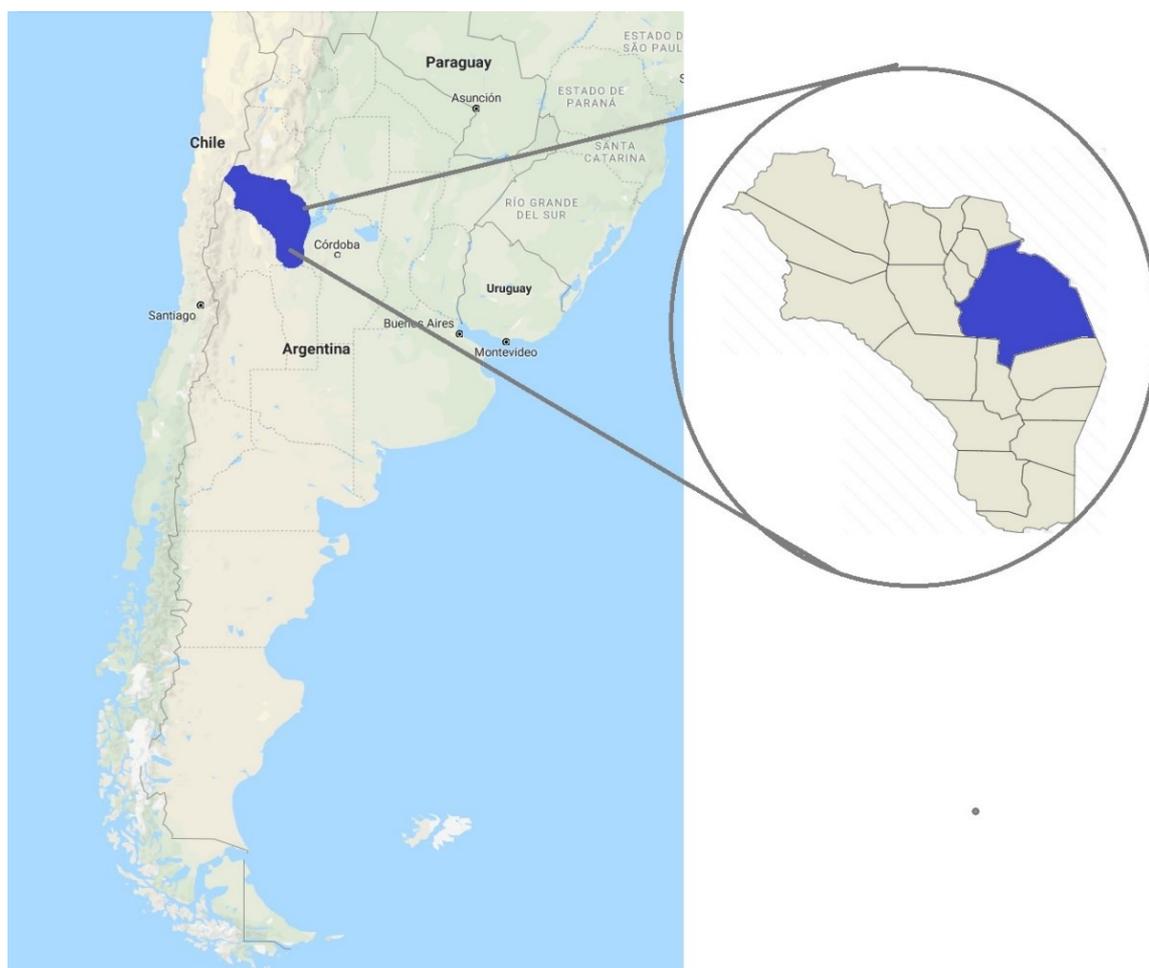


Figura 1. Ubicación del departamento Capital, provincia de La Rioja, Argentina.

Posee una superficie de 89.680 km² (IGM, 1997) con una población total en el censo del año 2015 de 387.728 personas. La densidad

poblacional con base en el censo del 2010 (INDEC, 2012) corresponde a 4,32 Hab/km². Desde el punto de vista fitogeográfico la provincia posee formaciones boscosas correspondientes a las regiones forestales Parque Chaqueño y Monte (Parodi, 1964; Cabrera, 1976, Ragonese y Castiglioni, 1968).

La región árida de La Rioja se caracteriza en general por tener un clima de carácter continental, con poca humedad, una alta insolación diaria, atmósfera generalmente límpida, lluvias estacionales estivales generalmente violentas y torrenciales, una fuerte evaporación, así como vientos cálidos y secos (Rosa, 2000). La influencia de la radiación solar es muy grande, con una media de 180 kg/cal/cm² por año, cifra comparable a los desiertos del Kalahari (África), Arizona (USA) y Atacama (Chile) que tienen valores apenas superiores (Rosa, 2000).

La provincia de La Rioja está sometida a los calores fuertes y durables durante el verano (Rosa, 2000). Esto se magnifica en los sectores urbanos donde el calor aumenta especialmente por la irradiación del pavimento y de las construcciones, y del propio vapor de agua contenido en la atmósfera (Rosa, 2000). La alta tensión de vapor aumenta la sensación térmica que se torna sofocante (Rosa, 2000).

Durante el invierno las temperaturas diurnas son generalmente moderadas gracias a la fuerte insolación en cielos típicamente despejados (Rosa, 2000). Las noches son frías debido al carácter continental, con heladas en junio y julio. Así, el régimen térmico general es propio de un clima continental seco y cálido, con balance hídrico negativo debido a la fuerte evaporación, generando las condiciones de aridez típica de la provincia (Rosa, 2000).

La ciudad de La Rioja está anclada en una zona templada y árida, de clima continental, escasa humedad relativa ambiente, una fuerte insolación diaria, limpidez atmosférica, lluvias estacionales, alta evaporación y vientos cálidos y secos, con temperaturas máximas absolutas anuales de 46.4° en el mes de diciembre, y temperaturas

máximas absolutas que superan los 42° de setiembre a marzo. La temperatura máxima media supera los 30° de octubre a marzo. Las precipitaciones promedio anuales en la ciudad son de 361 mm, con una humedad relativa anual promedio de 60%, que en ningún mes del año llega a 70% (Morello et al., 1985).

La ciudad originalmente llamada en el momento de su fundación como “Ciudad de Todos los Santos de la Nueva Rioja” es la ciudad Capital de la provincia de La Rioja y se encuentra en el departamento Capital. Este departamento está ubicado en el centro-este de la provincia, y cuenta con una población de 178.872 habitantes según el INDEC (2010).

Según las predicciones realizadas a partir de la tasa de crecimiento (1.91% anual) provista por el INDEC (2010) la ciudad de La Rioja cuenta en el año 2018 con 213.000 habitantes. Posee un macrocentro de 78 manzanas (Figura 2), que incluye el casco histórico colonial de la ciudad. Está caracterizado, como la mayoría de las ciudades de más de 200 años, por calles no muy amplias, de veredas o aceras angostas.



Figura 2. Plano del microcentro de la ciudad de La Rioja (el borde color violeta) indica el perímetro del área donde se realizó el censo del arbolado urbano) indicando las 78 manzanas (90 ha aproximadamente) que intervinieron en el estudio.

3.2 Las normas municipales sobre el arbolado público

El arbolado público urbano en la Municipalidad de La Rioja cuenta con normativa de protección amparada en la Constitución Nacional, la Constitución Provincial, la Ley Orgánica de Municipios y la Ley de Ambiente

de la Provincia, sobre las que se promulga la ordenanza N° 5350. En agosto año 2016 se promulga la ordenanza que unifica criterios establecidos en otras Ordenanzas predecesoras, la Ord. N°3127/2004, referida a requisitos técnicos y trámites de la plantación, conservación y erradicación del arbolado público existente en la ciudad de La Rioja y Ord. N° 3752/00, referida al Patrimonio natural de ejemplares de árboles autóctonos pertenecientes a nuestra flora. En la provincia de La Rioja, las leyes provinciales N° 6259 y N° 6260, protegen al Algarrobo y al Quebracho, especies que forman el Bosque Nativo local.

En su Art. 1° la Ord, N° 5350 tiene como finalidad “lograr la planificación, gestión, protección, recuperación, promoción y fomento del arbolado público, reglamentando los requisitos técnicos y el trámite para la plantación, erradicación y reimplantación del mismo”.

El arbolado público, como se define en su art. 2, está compuesto por “toda especie vegetal leñosa existente sobre la línea municipal de plantación, parques, plazas, espacios verdes y en todo lugar de dominio público de jurisdicción municipal, declarándose de interés y utilidad pública”. Esto lo define como un servicio para la sociedad y lo reconoce como patrimonio de la misma. El art. 3° establece que “el frentista es custodio directo del o de los árboles que se dispongan frente a su domicilio” es quien debe realizar las cazuelas.

La titularidad del dominio y las potestades administrativas del arbolado le corresponde al Municipio según las normas constitucionales y legales citadas, debiendo esta ser compatible con las normas ambientales de la Nación y la Provincia. La autoridad de aplicación sobre el arbolado público urbano es la Secretaría de ambiente Municipal que debe intervenir en la ejecución de la política del arbolado público, la autorización, el control y la supervisión de tareas sobre el arbolado. Esta secretaria es la encargada del censo y actualización del registro del arbolado público, proteger el Patrimonio Natural de la ciudad, que está compuesto principalmente por viejos algarrobos y tipas.

También tiene a su cargo la elaboración del Plan de arbolado urbano, de acuerdo a los sectores en que se divide la ciudad, respetando sus características ambientales y servicios existentes, elaborar un catálogo de especies arbóreas recomendadas, y para los espacios verdes públicos fomentar el arbolado con especies autóctonas.

3.3 Censo del arbolado urbano

Los datos fueron obtenidos en el censo del arbolado del macrocentro de la Ciudad de la Rioja realizado por la Secretaría de Ambiente Municipal en el año 2016. El censo se realizó considerando las dos veredas de las calles del macrocentro comprendidas en 78 manzanas (Figura 2). Todos los árboles presentes fueron censados y se registró su ubicación y se identificaron las especies. El estado sanitario de cada árbol fue clasificado en bueno, regular, malo y muerto; la categoría de edad en joven (menos de 10 cm de DAP) y adulto, y los conflictos con el medio considerados fueron levantamiento de veredas y la interferencia con el cableado eléctrico; también se identificaron las cazuelas sin árboles para evaluar las áreas con faltantes.

Antes de proceder con los análisis se realizó la depuración de la base de datos para detectar posibles errores en la transcripción. Para encontrar los posibles valores atípicos se calcularon estadísticas descriptivas, como medias, medianas valores mínimos y máximos de árboles por cuadra, y la frecuencia de cada especie. Además, se procedió a la unificación de las categorías de las variables categorizadas, en especial la referida a la identificación de la especie y el tipo de conflicto.

A partir de esta base de datos depurada se construyeron nuevas bases de datos que incluyeron la información resumen; esta información permitió realizar los cálculos correspondientes a las métricas de diversidad clásica y diversidad funcional a diferentes niveles. Para esto se obtuvieron las abundancias de árboles de cada especie por cada una de las calles en segmentos de 100 m o cuadras. Las cuadras fueron identificadas usando la numeración de las viviendas donde están ubicados los árboles de

manera consecutiva. Posteriormente se creó una referencia espacial artificial con latitud y longitud de manera de ubicar cada una de estas cuadras en sus respectivas calles para hacer el análisis geo estadístico y poder construir los mapas de diversidad y de porcentaje de caducifolias.

Para realizar la descripción de las variables cuantitativas del arbolado que se encuentran en la base de datos del censo se usaron estadísticas resumen como la media y la desviación estándar considerando las distintas estructuras clasificatorias contenidas en la base de datos (total, por manzana, por calle, etc.). Para analizar las variables categóricas como el estado del árbol o la especie, se usaron tablas de frecuencias. Estos análisis se realizaron usando el software estadístico InfoStat versión 2017 (Di Rienzo et al., 2017).

Para evaluar las relaciones entre el estado sanitario del arbolado y las especies se construyeron tablas de contingencia, y pruebas de hipótesis sobre las asociaciones entre estas variables categóricas (por medio del estadístico Chi-cuadrado). Las relaciones encontradas significativas se presentan mediante gráficos exploratorios de dos dimensiones (*biplot*). Estos fueron obtenidos a partir de un análisis de correspondencias simples para mostrar gráficamente las principales relaciones entre las categorías. Esta misma técnica se utilizó para evaluar si la presencia de conflictos en el arbolado urbano está asociada a la especie. Estos análisis se realizaron usando el software estadístico InfoStat versión 2017 (Di Rienzo et al., 2017).

La diversidad taxonómica se evaluó mediante la riqueza específica y la abundancia relativa de especies de árboles presentes en el área del macrocentro de la ciudad. Se estimó la abundancia relativa de las especies, la riqueza de especies y los índices de diversidad de Shannon-Weaver (H') y Simpson (λ). Los índices se calcularon usando las siguientes expresiones:

Índice de Shannon-Weaver

$$H' = - \sum_{i=1}^n p_i \ln p_i$$

donde p_i es la proporción de la muestra que pertenece a la especie i respecto al total de individuos

Índice de Simpson

$$D = \sum_{i=1}^s \frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

donde S es el número de especies

N es el número de los individuos de todas las especies

n_i es el número de individuos de la especie i

Los índices de diversidad biológica como el de Shannon y el de Simpson son afectados, al igual que la riqueza de especies, por el esfuerzo de muestreo (Magurran, 1988). Por este motivo para este estudio se consideró como la unidad de muestreo a la cuadra, ya que, en el macrocentro de la ciudad de La Rioja, las manzanas tienen todas 100 m de lado. Los índices son calculados usando la abundancia y número de especies en cada cuadra de 100 m y los resultados que se brindan son entonces promedios de índices de diversidad por cuadra.

Estos índices se estimaron a diferentes niveles espaciales, entendiéndose para todo el macrocentro, para cada una de las calles, y para sectores de 100 m en cada calle (cuadras). Estos últimos datos se utilizaron para crear mapas mostrando cómo cambia la diversidad en las distintas zonas. Para analizar la diversidad clásica, se acondicionó la base de datos con los nombres de las especies como columnas, y en las filas se identificó cada cuadra de cada una de las calles del macrocentro. Los datos de esta matriz corresponden a la abundancia de cada especie en cada sector de 100 m de calle. Los índices de diversidad se calcularon usando el software FDiversity (Casanoves et al., 2011). Una vez calculados los índices de diversidad de Shannon-Weaver y Simpson se usó la información para

generar mapas indicando los lugares con alta, media y baja diversidad de especies.

Para hacer una aproximación a la diversidad funcional y considerando la sombra producida por los árboles como un servicio ecosistémico, se analizó la fenología foliar, que es una variable categórica que puede ser clasificada como caducifolia o perennifolia. Las especies arbóreas caducifolias son aquellas que durante una época del año pierden sus hojas, sobre todo en época seca, mientras las especies arbóreas perennifolias son aquellas que conservan sus hojas durante todo el año (Chabot y Hicks, 1982). La determinación de la fenología foliar de cada especie se realizó por medio de revisión de literatura. Una vez obtenida esta información se confeccionó una base de datos que incluyó el nombre de la especie y la clasificación fenológica foliar correspondiente. Los datos sobre la fenología foliar y el origen de las especies fueron tomados del sitio web de la Flora Argentina (www.floraargentina.edu.ar).

Esta base de datos fue concatenada con la base de datos general, que contiene la información de cada individuo muestreado. Para el análisis de los servicios provistos por un ecosistema se deben considerar al menos los individuos correspondientes a las especies que acumulan una frecuencia de 90% de las especies presentes en orden de abundancia, ya que estas son las que determinan la provisión de un servicio ecosistémico en particular (Grime, 1998).

Una vez asignada la información de la fenología foliar a cada individuo se crearon variables auxiliares también conocidas como variables “dummy” que corresponden a variables que identifican con un valor de 1 la presencia del carácter y con un valor de 0 su ausencia. Las variables auxiliares permiten mayor flexibilidad en el tipo de análisis que pueden aplicarse a variables categóricas. Una vez con esta variable transformada se obtuvieron medidas resumen y posteriormente se calcularon las medias ponderadas de la comunidad (CWM por sus siglas en inglés). Este índice mono rasgo de diversidad funcional se usará para obtener proporciones ponderadas para cada atributo por cada cuadra y en cada calle.

La media ponderada de la comunidad expresa el valor esperado de un rasgo de las especies en una muestra (Diaz et al., 2007; Pla et al., 2012) tomando en cuenta la estructura de la comunidad al usar la abundancia del rasgo considerado. La CWM es calculada por medio de la siguiente fórmula (Casanoves et al., 2010).

$$CWM = \sum_{i=1}^S w_i x_i$$

donde:

S es el número total de especies,

w_i es la abundancia relativa de la i -ésima especie,

x_i es el valor del rasgo en la i -ésima especie.

Este índice será calculado usando el software FDiversity (Casanoves et al., 2011). Los análisis estadísticos de los índices clásicos y los índices de diversidad funcional se realizarán con el software estadístico InfoStat (Di Rienzo et al., 2017). Usando la información de la georreferenciación con calles y cuadras, se crearán mapas mostrando los porcentajes de árboles con hojas perennifolias y caducifolios en cada una de las zonas del macrocentro de la ciudad de La Rioja.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Generalidades del arbolado urbano del macrocentro de La Rioja

En total se recorrieron 156 cuadras correspondiente a 78 manzanas del macrocentro de la Ciudad de La Rioja (Figura 2). En el censo se registraron en total 3012 árboles, pertenecientes a 54 especies. Cerca del 1% de los árboles no pudo ser identificado a nivel de especie (31 árboles).

Las especies más frecuentes fueron la Mora, *Morus* sp. (30.18%), el Ficus, *Ficus benjaminus* (14.77%) y el Lapacho, *Tabebuía* sp. (14.28). Doce especies representaron el 90.98% de las abundancias (Cuadro 1), siendo así las especies determinantes de los servicios ecosistémicos provistos. En el Anexo 1 se presenta la lista completa de las especies encontradas en el censo del macrocentro de la ciudad de La Rioja realizado en el año 2016.

Cuadro 1. Frecuencias absolutas y relativas de las principales especies encontradas en el macrocentro de la ciudad de La Rioja en el censo realizado por la Secretaría de Ambiente de la municipalidad en el año 2016

Especie	Abundancia	FR	Porcentaje
Mora	909	0.3018	30.18
Ficus	445	0.1477	14.77
Lapacho	430	0.1428	14.28
Fresno	233	0.0774	7.74
Brachichito	181	0.0601	6.01
Pindo palmera	141	0.0468	4.68
Naranja amargo	111	0.0369	3.69
Tevetia	107	0.0355	3.55
Jacaranda	83	0.0276	2.76
Paraiso	50	0.0166	1.66
Chivato	49	0.0163	1.63
Total			90.95

El hecho de que 12 especies de un total de 54 representaron más del 90% de las abundancias de individuos indica que estamos en presencia de una comunidad con una dominancia superior a la recomendada (Terrazas et al., 1999). Campari (2006) en un estudio en el partido de Quilmes, provincia de Buenos Aires, Argentina, encontró como especie predominante al fresno americano (*Fraxinus americana*) con un 27% y al plátano (*Platanus acerifolia*) con un 15%. Estos resultados indican que la dominancia de especies es similar entre estas ciudades, aunque las especies predominantes son distintas.

Palomino-Nantón (2015), estudiando el arbolado público del Ayuntamiento Los Molinos, Madrid, inventariaron 3916 árboles, pertenecientes a 81 especies. Los géneros más importantes fueron *Prunus* sp. (11%), *Platanus* sp. (9.8%), *Quercus* sp. (9.2%), *Pinus* sp. (8.1%) y

Fraxinus sp. (6.7%). Este arbolado presenta una gran equidad, ya que el 90% de las abundancias relativas acumuladas se alcanza con 23 géneros, por lo tanto, son más de 23 especies, que corresponden a 16 familias.

Campo De Ferreras y Benedetti (2007) encontraron para el barrio de la Villa Mitre, Ciudad de Bahía Blanca, Argentina, que el género y especie *Robinia pseudo acacia* var *umbraculifera* (*Acacia bola*) presenta 280 árboles (22%) y *Fraxinus americana* (Fresno) 197 árboles (15%). El tercer puesto lo ocupa *Ligustrum lucidum* (Ligustro) con 76 árboles (6%) le sigue *Prunus cerasífera* altro purpúrea (Ciruelo de jardín) con 65 árboles (5%), *Lagerstroemia indica* (Crespón) con 52 árboles (4%), *Jacarandá mimosifolia* (Jacarandá) con 41 árboles (3%), *Olea europea* (Olivo) con 34 árboles (2,7%), *Ulmus prócera* (Olmo) con 32 árboles y *Styphnolobium japonicum* (Sófora) con 32 árboles (2,5%). Las especies *Catalpa bignoidea* (Catalpa) 30 árboles (2.40%), *Melia azedarach* (Paraíso) con 25 árboles y *Robinia pseudo acacia* (Acacia blanca) con 25 árboles (2%) están muy poco representadas. Una de las particularidades de este arbolado urbano es que, del análisis de la frecuencia, el género *Acacia* y el género *Fraxinus* sp. son los más representados.

Terrazas et al. (1999) recomiendan que idealmente ninguna especie debe sobrepasar el 5% de la población total del arbolado de la ciudad y el caso del macrocentro de la ciudad de La Rioja, hay cinco especies que superan esta abundancia, indicando alta dominancia de especies. Campo De Ferreras y Benedetti (2007) encontraron que sólo tres especies superaban el 5% de las abundancias relativas, indicando más equidad en esta ciudad que en La Rioja.

Una alta dominancia de las especies principales puede tener ventajas desde el punto de vista del manejo, ya que se estandarizan las prácticas culturales y de mantención, pero se corren riesgos de propagación masiva de plagas y enfermedades (Perdomo-Castro y Díaz-Rodríguez, 2015). En general se espera que haya menos dominancia en zonas tropicales, como la estudiada por Perdomo-Castro y Díaz-Rodríguez (2015), ya que en los trópicos el número de especies es muy superior a la

que se encuentra en latitudes superiores (Gentry, 1992) y los habitantes tienen así más opciones de elección de especies, haciendo que su distribución sea más equitativa. El macrocentro de la ciudad de La Rioja presenta así una equidad inferior a ciudades tropicales, pero similar a la encontrada en ciudades no tropicales.

Perdomo-Castro y Díaz-Rodríguez (2015) encontraron para la ciudad de Neiva, Colombia, una menor dominancia que la obtenida para este estudio, y la especie más dominante para estos autores fue *Licania tormentosa*, que representó el 15.64% de los individuos, seguida de *Apuleialeiocarpa* sp. con 9.73% y *Tabebuia rosea* con 7.57%, sumando aproximadamente el 32%, mientras que en nuestro caso la tres primeras especies en abundancia sumas el 60%, es decir que La Rioja presentó mayor dominancia.

También la tasa de mortalidad se espera que sea menor en lo trópicos ya que no se presentan heladas ni déficit hídricos tan marcados. El número de árboles promedio por cuadra en el macrocentro de la ciudad de La Rioja es de 18.8, con un mínimo de un árbol y un máximo de 53 árboles (Anexo 2) y el número promedio por manzana es de 38.6. Otaña-Burbano et al. (2006) en su estudio en un barrio del municipio de Envigado, Antioquia, Colombia, encontraron 1163 individuos, en 26 manzanas, dando un promedio de 44.7 árboles por manzana que es algo superior al encontrado en el macrocentro de la ciudad de La Rioja. Perdomo-Castro y Díaz-Rodríguez (2015), en la ciudad de Neiva, Colombia, encontraron un promedio cercano a 60 árboles por manzana.

Por otra parte, en el estudio realizado por Campari (2006) en el Partido de Quilmes, provincia de Buenos Aires, sobre un total de 42 manzanas encontró 1132 individuos, dando un promedio de 27 ejemplares por manzana. Campo-De Ferreras y Benedetti (2007) para el barrio de la Villa Mitre, Ciudad de Bahía Blanca no reportan el promedio de árboles por manzana, pero este se encuentra entre 0 y 70 individuos, rango en el que se encuentra el promedio encontrado en el macrocentro de La Rioja.

4.2 Edad del arbolado

Con respecto a la edad de los árboles presentes en el macrocentro de la ciudad de La Rioja, el 59% de los individuos (1749) son adultos (mayor a 5 cm de DAP) y el 41% restante son jóvenes (1227). Esta relación es similar a la reportada por Velasco-Bautista et al. (2013) en el diagnóstico del inventario forestal de los árboles urbanos en San Juan de Aragón, España, donde encontraron un 58% de los individuos en su etapa madura.

Otaya-Burbano et al. (2006) encontraron que la mayoría de los árboles inventariados en su estudio en la ciudad de Medellín, Colombia, eran adultos. Cuando los espacios dedicados a los árboles están ocupados por individuos adultos la necesidad de realizar reposiciones de árboles disminuye considerablemente, ya que se espera que un individuo adulto tenga más chance de sobrevivir que un juvenil. Campari (2006) encontró un 42% de árboles adultos (definidos como mayores a 1.60 m de altura) en el partido de Quilmes, indicando que éste es un arbolado reciente y por ende los esfuerzos de reposición de individuos deben ser mayores.

Por otra parte, en climas como el de la ciudad de La Rioja, donde las temperaturas pueden superar los 50°C durante el verano y se presentan temperaturas de varios grados bajo cero en invierno, la etapa juvenil de los árboles es crítica. Especies como el lapacho (*Tabebuia* sp.) requieren protección de las heladas hasta los cinco años de edad, ya que si son sometidos a temperaturas bajo cero en etapa juvenil mueren (Montagnini, 1999).

Richards et al. (1984) analizaron la diversidad de especies y su relación con la estabilidad en árboles urbanos de Syracuse, NY, y observaron que debido a la complejidad de los entornos callejeros hay relativamente pocas especies que tienen buena adaptación y longevidad. Además, estos autores reconocen una mayor diversidad en árboles jóvenes que entre los más viejos, pero dicen que estos últimos son los responsables de la estabilidad de la población debido a su longevidad.

Considerando las difíciles condiciones climáticas para el establecimiento de las especies urbanas, la ciudad de La Rioja cuenta con un buen porcentaje de árboles en edad adulta comparado con ciudades de similares condiciones. A su vez, los árboles adultos proveen más cantidad y calidad de servicios ecosistémicos que los jóvenes.

4.3 Estado fitosanitario

Un árbol con estado fitosanitario ideal es aquel que no presenta plagas y enfermedades y es vigoroso. En nuestro estudio, respecto al estado fitosanitario, el 89.11% (2684) de los árboles presenta una buena condición, el 8.93% (269) de los árboles presentan una condición regular, en mal estado se encuentra el 0.66% (20 árboles) y existe un 1.29% de árboles muertos (39).

Palomino-Nantón (2015), estudiando el arbolado público del Ayuntamiento Los Molinos, Madrid, encontraron que el 95% de los árboles presentaba un estado saludable. Dentro de los problemas que evidenciaba el 5% del arbolado estaban, las grietas o rajaduras en el fuste, el descortezamiento del tronco, el ahuecamiento del tronco y la presencia de hongos y pudriciones. Además, encontró que más del 1% de los árboles presentaba una inclinación excesiva del tronco (más de 10°). Este comportamiento es común en las aceras o veredas de las ciudades, y es más grave cuando éstas son de poco ancho, ya que los árboles tienden a alejarse de las construcciones en búsqueda de mayor luminosidad.

Velasco-Bautista et al. (2013) estudiaron el estado de los árboles urbanos en San Juan de Aragón, España, determinando que el 60% eran vigorosos, el 29% tenían problemas de inclinación, y el resto tenían problemas sanitarios, principalmente defoliación por fungosis.

4.4 Conflictos que presenta el arbolado urbano

Los principales conflictos asociados con el arbolado en las ciudades son: (1) destrucción de veredas, (2) obstrucción de desagües, (3) ocultamiento de carteles indicadores y semáforos, (4) obstrucción y

destrucción de cableado y (5) daños ocasionados por ramas a vehículos de gran porte (Fernandez y Vargas, 2011; Northrop, 2013).

Con respecto a los conflictos que se detectaron en el censo del arbolado urbano en el macrocentro de la ciudad de La Rioja, el 5.28% (159) de los árboles tienen conflicto con el cableado, también denominado "Puente", el 3.8% (159) presentan conflictos producto de levantamiento de veredas y el 1.14% de los árboles presenta ambos conflictos simultáneamente. El 89.44% (2694) de los árboles no presentan conflictos. Las especies que más porcentaje de conflicto presentaron, al menos el 20% de los individuos tenían algún conflicto, fueron Jacaranda, paraíso, gavilea, palo borracho, tipa blanca, tipa colorada, álamo, plátano y gomero (Cuadro 2).

Cuadro 2. Porcentaje de conflictos por especie encontrados en el macrocentro de la ciudad de La Rioja en el censo de 2016 (solo especies que presentaron algún conflicto)

Espece	Levantamiento de vereda	Puente	Levantamiento y puente	Total
Mora	4.29	6.27	1.87	909
Ficus	2.47	8.09	1.12	445
Lapacho	5.12	6.51	1.40	430
Fresno	2.58	2.15	0.00	233
Brachichito	4.97	3.31	3.31	181
Tevetia	0.00	0.93	0.00	107
Jacaranda	12.05	6.02	2.41	83
Paraisos	6.00	12.00	6.00	50
Chivato	6.12	6.12	0.00	49
Gravilea	14.81	11.11	0.00	27
Palo borracho	10.00	10.00	0.00	20
Algarrobo	6.67	6.67	0.00	15
Blanco				
Tipa blanca	7.69	0.00	15.38	13

Tipa colorada	0.00	25.00	0.00	12
Álamo	10.00	20.00	0.00	10
Plátano	0.00	14.29	0.00	7
Gomero	16.67	0.00	16.67	6
Álamo plateado	0.00	0.00	100.00	1
Mora turca	100.00	0.00	0.00	1

En el Partido de Quilmes se realizó un estudio para evaluar los conflictos producidos por el arbolado urbano para evitar su destrucción por parte de los vecinos (Campari, 2006). En el estudio realizado por Campari (2006) se encontró que el 18% de los individuos presentaba interferencia con el cableado, y otro 18% con balcones, carteles y toldos. Este autor no reporta en su estudio conflictos como el levantamiento de veredas.

Muchos de estos conflictos surgen como producto de una mala gestión del arbolado público urbano o de la selección de especies no apropiadas para las condiciones ambientales presentes en la ciudad. Para evitar los conflictos y maximizar la provisión de servicios ecosistémicos, se deben tener en cuenta las características de las especies (Nuñez, s.f.).

El análisis de tablas de contingencia encontró una asociación significativa entre especies y número de conflictos (Prueba Chi-Cuadrado, $p < 0.0001$). El gráfico bi-plot a partir del análisis de correspondencias simple permitió visualizar las principales asociaciones entre especies y conflictos (Figura 4).

Palomino-Nantón (2015), estudiando el arbolado público del Ayuntamiento Los Molinos, Madrid, encontró que el 18% de los ejemplares inventariados presentaban conflictos. El conflicto más importante fue la interferencia con cableados y tendidos eléctricos y telefónicos, con un 60%, seguido por la cercanía excesiva a muros y fachadas con un 26%. Este autor reconoce en particular la importancia del conflicto con el cableado, no solo porque este acarrea problemas de cortes de los diferentes servicios,

sino porque también el mantenimiento se encarece y se corren muchos riesgos laborales, sobre todo de electrocución o de caída.

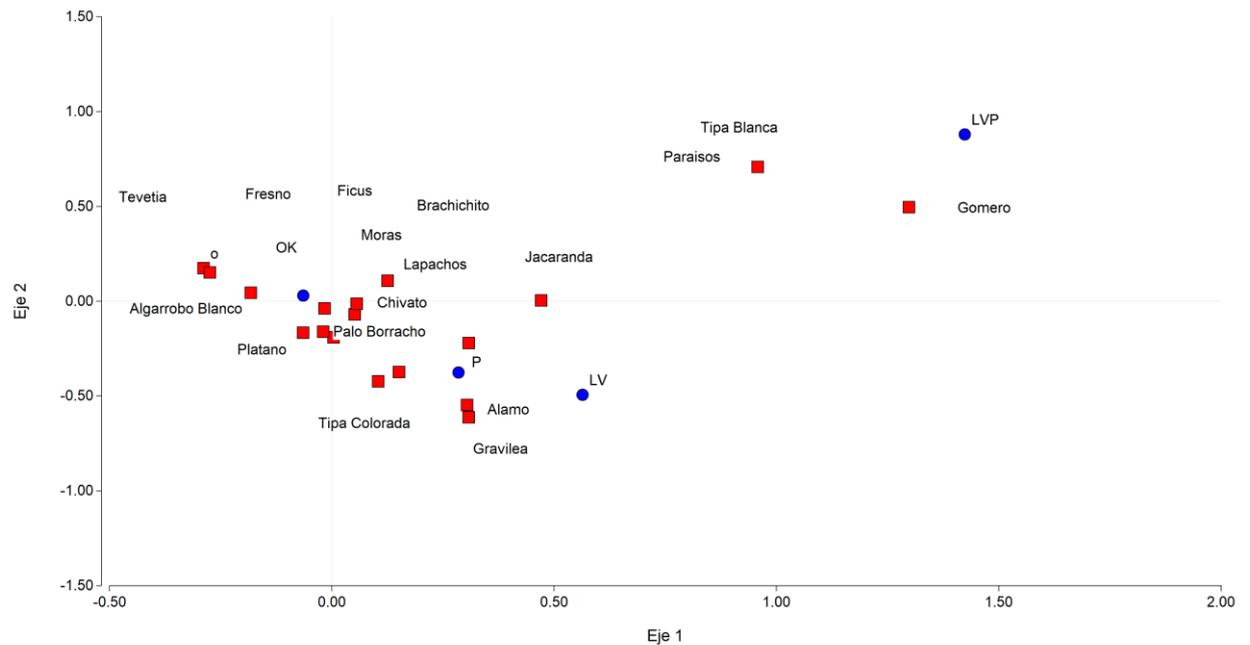


Figura 3. Bi-plot obtenido mediante análisis de correspondencias simple mostrando las principales asociaciones entre especies y conflictos en el macrocentro de la Ciudad de La Rioja (P=puente, LV=levantamiento de vereda, LVP=puente y levantamiento de vereda, OK=conflicto menor al 1% o nulo).

La distribución de los servicios de electricidad y comunicación son esenciales en las urbanizaciones modernas. La distribución de estos servicios al ser predominantemente aérea, comparten el espacio con los árboles y de allí la importancia de la elección de las especies (Grau y Kortsarz, 2012).

Bravo y Grau (en Grau y Kortsarz, 2012) realizaron una clasificación de los árboles aptos para la ciudad de Tucumán, Argentina, en función de su diámetro de copa y altura total para reducir la invasión de las copas en las zonas de cableado. Para eso estudia las alturas de los

diferentes tipos de cableado eléctrico (tensión media y baja) y la de los servicios de cable, teléfono e Internet.

Grau y Kortsarz (2012) también reconocen la importancia de la selección de especies para reducir los conflictos con las raíces. En condiciones naturales el desarrollo de las raíces es similar al de la copa para la mayoría de las especies. Por esta razón generan conflictos por las grandes presiones que ejercen las raíces y que pueden en algún momento producir daños en veredas, calles, conductos de agua y desagües, y conductos. En caso de veredas o aceras de poco ancho, pueden también producir daños en las construcciones.

En la ciudad de La Rioja, para evitar los conflictos más importantes como son levantamiento de vereda y puente, no se recomiendan especies como paraíso, gomero, álamo y tipa blanca. Las especies que presentaron bajo conflictos son el fresno y la mora.

4.5 Riqueza de especies

La riqueza promedio de especies por cuadra fue de 6.3, con un mínimo de 1 y un máximo de 14 especies (Anexo 2). Al llevar este promedio por calle (la calle más larga tiene 11 cuadras), se obtuvo una media de 6.47, con un mínimo medio de 3.80 y un máximo de 10.17 (Cuadro 3).

En este estudio, los 3012 árboles censados pertenecieron a 54 especies. Otaya-Burbano (2006) en un trabajo realizado en el Barrio Las Magnolias de Bogotá, encontró 147 especies en un total de 1163 individuos. Si bien esta cifra indica una riqueza mucho mayor cabe acotar que este estudio incluía además de árboles, a los arbustos y plantas suculentas.

Zamudio Castillo (2001) encontró para la ciudad de Linares, México, una riqueza de 49 especies entre 922 individuos. Gómez y Orjuela (2004) estudiaron el arbolado en seis barrios del centro de Medellín, Colombia y encontraron que la riqueza de especies fue siempre menor a la del estudio de Otaya-Burbano et al. (2006). Indican que la causa de esta

menor riqueza es la característica de los Barrios del centro de Medellín, en donde predomina la zona comercial, mientras que Las Magnolias, al ser residencial, tiene el efecto de la preferencia de los distintos propietarios que aumenta la riqueza.

Cuadro 3. Riqueza de especies arbóreas por calle en el macrocentro de la ciudad de La Rioja en el censo de 2016

Calle	Riqueza
25 De Mayo-B.Aires	6.00
8 de Diciembre	8.33
Av. Juan Domingo Peron	7.10
Av. Gdor.Gordillo	7.50
Rivadavia	5.50
Avellaneda-Güemes	7.71
Belgrano-San Martin	6.30
Catamarca-H Yrigoyen	6.82
Corrientes	5.43
Vélez Sárfield	6.30
B. Jaramillo-Dorrego	10.17
Jujuy-Copiapó	7.30
JV. Gonzalez-9Julio	5.00
Lamadrid-A E Davila	6.10
Pelagio B Luna	4.83
S. Del Estero-Benjamin De La Vega	7.33
San Nicolas De Bari	3.80
Santa Fe	4.90
Urquiza	6.63
Media	6.476

López-Moreno y Díaz-Betancourt (1995) encontraron 51 especies en el arbolado público de la ciudad de México. Perdomo-Castro y Díaz-Rodríguez (2015) en la ciudad de Neiva, Colombia, encontraron un total de 4200 individuos pertenecientes a 97 especies. Palomino-Nantón (2015), estudiando el arbolado público del Ayuntamiento Los Molinos, Madrid, inventarió un total de 3916 árboles, pertenecientes a 34 familias, 55 géneros y 81 especies.

En un estudio realizado en el Partido de Quilmes, provincia de Buenos Aires (Campari 2006), sobre un total de 42 manzanas, se registraron 1132 individuos pertenecientes a 63 especies, siendo claramente superior en riqueza a lo encontrado en el macrocentro de la ciudad de La Rioja, a pesar de tener casi un tercio de individuos de ésta y de ser un área menor (42 vs. 78 manzanas). Almirón et al. (2008) en el arbolado de la zona de Difunta Correa, localidad de Vallecitos, San Juan, Argentina, encontraron 21 especies sobre un total de 1245 árboles. Campo De Ferreras y Benedetti (2007) encontraron para el barrio de la Villa Mitre, Ciudad de Bahía Blanca, un total de 1249 árboles y un total de 42 especies. Para el área urbana y periurbana de la ciudad de Guisa (Cuba) se registraron 22 especies de árboles agrupados en 19 géneros y 16 familias botánicas, para un total de 305 individuos, para el diagnóstico del arbolado realizado por Sosa Lopez et al. (2011).

La riqueza de especies es un indicador que depende del esfuerzo de muestreo, por lo que su comparación debe tener en cuenta este aspecto (Magurran, 1988). A medida que el número de árboles aumenta, se hace más probable encontrar más riqueza de especies. Para poder comparar la relación entre riqueza y el número de individuos del arbolado de la ciudad de La Rioja con las de otras ciudades, se sintetizó esta información (Cuadro 4).

Así, la riqueza en la ciudad de La Rioja es sensiblemente menor a la encontrada por Otaya-Burbano et al. (2006), Perdomo-Castro y Díaz-Rodríguez (2015) y Palomino-Nantón (2015), y es similar a la encontrada por Zamudio- Castillo (2001) pero con más de tres veces el número de

individuos, por lo que La Rioja tiene menos equidad. López-Moreno y Díaz-Betancourt (1995) encontraron un número similar de especies, pero no informan sobre el número de árboles inventariados.

Cuadro 4. Comparación de la riqueza encontrada en el macrocentro de la ciudad de La Rioja en el censo de 2016 con otros estudios

Ciudad	Abundancia	Riqueza	Autores
Neiva, Colombia	4200	97	Perdomo-Castro y Díaz-Rodríguez (2015)
Madrid	3916	81	Palomino-Nantón (2015)
La Rioja	3012	54	Municipalidad de La Rioja (2016)
Bahía Blanca	1249	42	Campo De Ferreras y Benedetti (2007)
Vallecito	1245	21	Almirón et al. (2008)
Bogotá	1163	147	Otaya-Burbano (2006)
Quilmes	1132	63	Campari (2006)
Linares	922	49	Zamudio Castillo (2001)
Guiza, Cuba	305	22	Sosa Lopez et al. (2011).
México	-	51	López-Moreno y Díaz-Betancourt (1995)

4.6 Índices de diversidad clásicos

Numerosos autores resaltan la importancia de la diversidad biológica en los arbolados urbanos. Las ciudades siguen creciendo y se hace imperativo transformarlas en sistemas sostenibles. El Informe de Brundtland (ONU, 1987) define a la sostenibilidad urbana como la búsqueda de un desarrollo urbano que no degrade el entorno y proporcione calidad de vida a los ciudadanos. Resalta que una de las características fundamentales de ciudades consideradas ecológicamente sostenibles es

su capacidad de albergar diferentes especies. A mayor diversidad en el arbolado urbano, mayor el equilibrio del ecosistema urbano (Colding et al., 2006; Tzoulas et al., 2007).

El promedio general del índice de Shannon por cuadra y para todo el macrocentro de la ciudad fue de 1.48, con un mínimo de 0 y un máximo de 2.44 (Anexo 3). Al calcular el promedio del índice de Shannon por calle, se obtuvo una media de 1.51, con un mínimo de 1.05 y un máximo de 1.97 (Cuadro 5). El valor del Índice de Shannon toma en consideración la riqueza de especies y la proporción de cada una de las especies presentes en la comunidad.

El promedio general del índice de Simpson por cuadra y para toda la ciudad fue de 0,241, con un mínimo de 0 y un máximo de 1 (Anexo 3). Al llevar este promedio por calle, se obtuvo una media de 0,237, con un mínimo medio de 0.14 y un máximo de 0.35 (Cuadro 3). El valor del Índice de Simpson es la probabilidad de que dos individuos sacados al azar de forma secuencial correspondan a la misma especie.

Las calles B. Jaramillo y su continuación, Dorrego son las que presentan el mayor valor de diversidad según Shannon, con 1.97 y también las que presentan la mayor riqueza promedio, 10.47, y el valor para el índice de dominancia a partir del índice de Simpson de 0.16 está muy cerca del mínimo encontrado. En el lado opuesto, la calle San Nicolás de Bari, presenta una riqueza de 3.8, con índice de Shannon de 1.03 siendo los menores encontrados; sin embargo, la dominancia especies en esta calle es de 0.24, apenas superior a la media, indicando que tiene una cierta equidad en la distribución de especies.

Alvarez (2013) encontró para la ciudad de Tamaulipas, México, valores de Shannon de 3.05 considerando todas las especies y de 2.82 considerando sólo las especies nativas. También afirman que estos valores de diversidad superaban incluso a los valores de los ecosistemas nativos del matorral espinoso de Tamaulipas y al Submontano del noroeste de México. Como ya se discutió en el acápite 4.7. Origen de las especies

utilizadas, esto puede deberse a la gran variedad de especies tanto nativas como i que se disponen al momento de la elección. Así, es esperable que la diversidad del arbolado urbano supere a la diversidad de los ecosistemas naturales de los alrededores, principalmente debido a la introducción de especies introducidas asociadas a la preferencia del frentista (Alvarez, 2013).

Cuadro 5. Índices de diversidad biológica de especies arbóreas por calle en el macrocentro de la ciudad de La Rioja, con base en el censo del año 2016

Calle	Riqueza	Shannon	Simpson
25 de Mayo-B. Aires	6.00	1.43	0.26
8 de Diciembre	8.33	1.80	0.19
Av. Juan Domingo Perón	7.10	1.76	0.14
Av. Gdor..Gordillo	7.50	1.75	0.16
Av. Rivadavia	5.50	1.33	0.29
Avellaneda-Guemes	7.71	1.73	0.20
Belgrano-San Martin	6.30	1.46	0.21
Catamarca- H. Yrigoyen	6.82	1.69	0.18
Corrientes	5.43	1.36	0.29
Vélez Sárfield	6.30	1.50	0.26
B. Jaramillo-Dorrego	10.17	1.97	0.16
Jujuy-Copiapó	7.30	1.66	0.20
JV. Gonzalez-9 de Julio	5.00	1.23	0.27
Lamadrid-A E Dávila	6.10	1.42	0.30
Pelagio B Luna	4.83	1.26	0.30
S. Del Estero-Benjamin De La vega	7.33	1.51	0.29
San Nicolas De Bari	3.80	1.03	0.24
Santa Fe	4.90	1.22	0.35
Urquiza	6.63	1.59	0.21
Media	6.476	1.511	0.237

Zambudio-Castillo (2001) también encontró índices de diversidad de Shannon de 2.27, superiores a los encontrados en el macrocentro de la ciudad de La Rioja, pero esta autora consideró en el inventario árboles y

arbustos, y estos últimos representaron el 55.7% de los ejemplares inventariados.

Cordero et al. (2015) en el arbolado urbano de Cuenca encontró una diversidad de Shannon de 2.87, que según este autor es considerado un valor medio en ecología urbana. La diversidad encontrada en el macrocentro de la ciudad de La Rioja es cercana a la mitad de este valor, pero se debe considerar que en nuestro caso el índice fue calculado por cuadra, para luego promediarlo. La mayoría de los autores no expresa cuál fue la unidad de muestreo utilizada, por lo tanto, es muy probable que se refieran a la diversidad de Shannon, Simpson o riqueza sobre todo el universo estudiado. Además, como ya se discutió anteriormente la riqueza de especies, y por ende la diversidad de Shannon, aumentan en las zonas tropicales como la de Cuenca.

Si bien la homogeneidad en los sistemas de arbolado urbano puede ser beneficiosa desde el punto de vista del mantenimiento y sus costos, la heterogeneidad que acarrea la diversidad de especies debe entenderse como una necesidad para que el ecosistema urbano sea sostenible y agradable a los vecinos (Galvin, 1999; Fiorentino, 2013). Adicionalmente, la diversidad de especies tiene impacto en la sostenibilidad del sistema al actuar como un regulador del efecto de plagas y enfermedades (Fiorentino, 2013). Una regla práctica para la distribución de especies en las ciudades fue presentada por Santamour (1999) y expresa que para salvaguardar la continuidad del arbolado urbano se debe contar con:

- A lo sumo el 10% de árboles pertenecientes a una misma especie
- A lo sumo el 20% de árboles pertenecientes a un mismo género
- A lo sumo el 30% de árboles pertenecientes a una misma familia

Los sistemas ecológicos diversos son más resilientes y resistentes a los cambios ambientales, promueven la diversidad funcional y mejoran la estabilidad ecológica (Montoya 2016). Es por esto que los espacios verdes urbanos son reconocidos como hábitats importantes en las ciudades (Chapin et al., 2012).

La Secretaría del Convenio de la Diversidad (CBD, 2012), muestra algunos patrones interesantes con respecto a la diversidad de plantas y animales en las áreas urbanas. La riqueza de plantas se correlaciona con el tamaño de la población más que con el tamaño de área de la ciudad. El número de especies también se correlaciona con la edad de las ciudades, comparando ciudades de igual tamaño, las más viejas son más biodiversas que las nuevas.

Kowuarik (2011) afirma que a medida que las urbanizaciones crecen, también crece la importancia de las ciudades para la conservación de la biodiversidad, ya que la riqueza de especies en la ciudad suele ser mayor que en áreas rurales incluso para especies nativas. A pesar de esto los ambientes urbanos no pueden reemplazar la completa funcionalidad de los ecosistemas naturales Kowuarik (2011).

Una característica de los ambientes urbanos es el gran número de especies introducidas presentes que igual proveen servicios ecosistémicos, beneficios sociales, contribuyen a la conservación de la biodiversidad, y además pueden albergar especies raras y en peligro de extinción (Kowuarik, 2011).

Montoya (2016) resalta la importancia de la biodiversidad en ciudades, que albergan al 20% de las especies de aves del mundo y el 5% de las especies de plantas vasculares. También afirma que “en promedio, el 70% de las especies de plantas y el 94 % de las especies de aves que se encuentran en las zonas urbanas son nativas de la región circundante”.

Para poder visualizar las zonas del macrocentro de la ciudad de La Rioja con mayor diversidad se calcularon los índices de diversidad de Shannon-Weaver por cuadra. El índice de diversidad fue categorizado en alto, medio y bajo, donde alto es mayor a 1.628 señalado con color verde, medio se encuentra entre los valores de 0.814 a 1.628, señalado con color amarillo, y bajo con valores menores a 0.814, señalado con color rojo. A partir de la clasificación anterior se realizó un mapa indicando las categorías de diversidad según el índice de Shannon-Weaver (Figura 5).

La zona con menos diversidad es la correspondiente al sector del microcentro de la ciudad. También se encuentra una baja diversidad en las calles alrededor de las tres plazas del macrocentro de la ciudad.

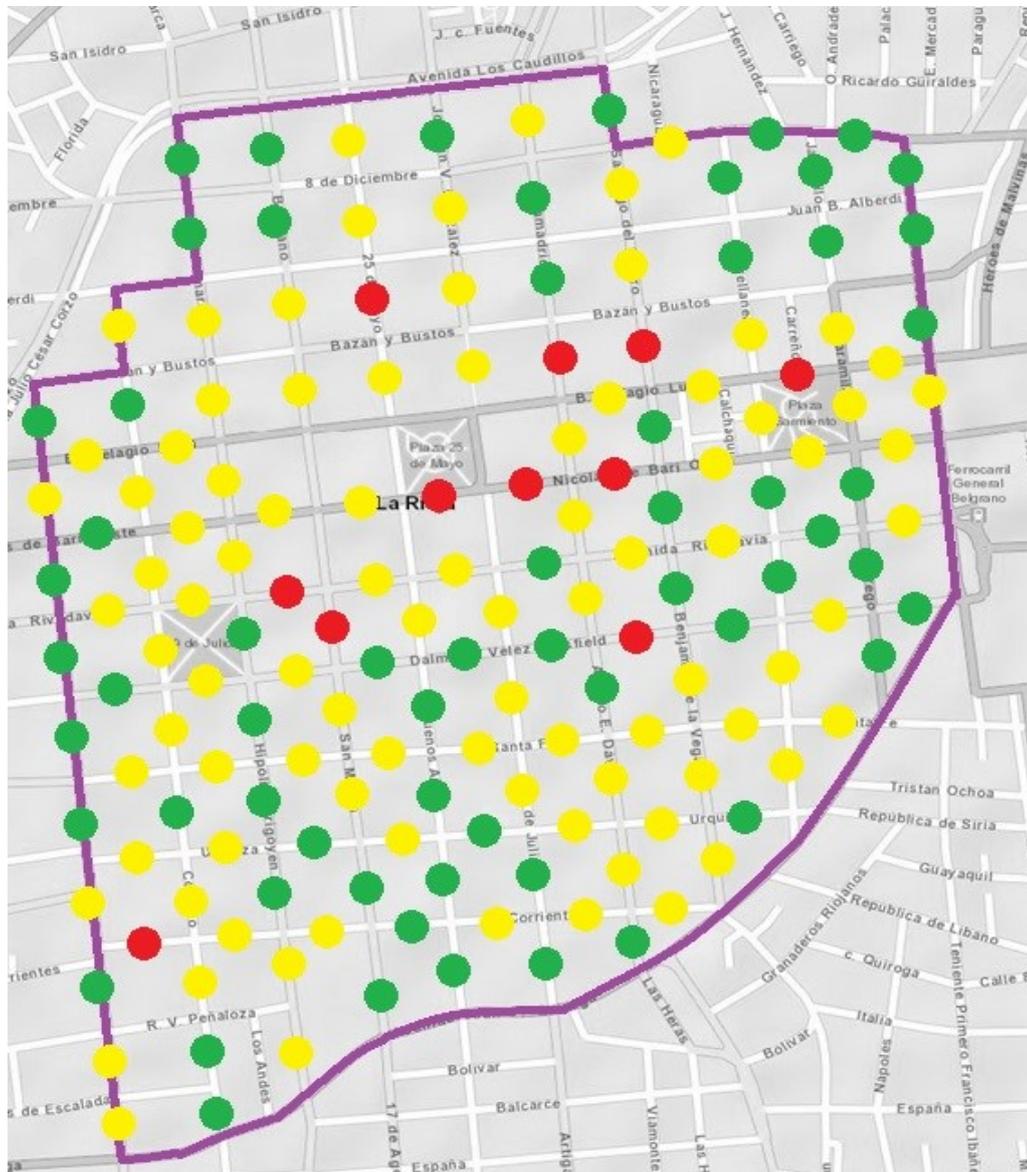


Figura 4. Plano del macrocentro de la ciudad de La Rioja indicando los valores de diversidad de Shannon-Weaver (verde=alta, amarillo=media, rojo=baja) encontrados en el censo del arbolado urbano del año 2016.

4.7 Origen de las especies utilizadas

En el macrocentro de la ciudad de La Rioja se encontraron 54 especies diferentes de árboles (una especie no identificada) con un total de 16 especies perennifolias, y 19 nativas (Cuadro 6).

Cuadro 6. Características de la fenología foliar y de origen en el listado de especies encontradas en el macrocentro de la ciudad de La Rioja con base en los datos del censo del año 2016

Especie	Nombre científico	Fenología	Origen
Acacia	Acacia dealbata	Caducifolia	Introducida
Álamo	Populus sp.	Caducifolia	Introducida
Álamo Plateado	Populus alba	Caducifolia	Introducida
Algarrobo Blanco	Prosopis alba	Caducifolia	Nativa
Algarrobo Europeo	Ceratonia siliqua	Caducifolia	Nativa
Algarrobo Negro	Prosopis nigra	Caducifolia	Nativa
Brachichito	Brachychiton populneus	Caducifolia	Introducida
Casuarina	Casuarina equisetifolia	Perennifolia	Introducida
Ceibo	Erythrina crista-galli	Caducifolia	Nativa
Chivato	Delonix regia	Perennifolia	Introducida
Ciprés	Libocedrus chilensis	Perennifolia	Introducida
Crespones	Lagerstroemia indica	Caducifolia	Introducida
La colorada	Euforbia Sanguinea	Caducifolia	Introducida
Ficus	Ficus benjamina	Perennifolia	Introducida
Fresno	Fraxinus excelsior	Caducifolia	Introducida
Gomero	Ficus elástica	Perennifolia	Introducida
Gomero pata de elefante	Ficus bengalensis	Perennifolia	Introducida
Gravilea	Grevillea robusta	Perennifolia	Introducida
Guarón Amarillo	Tecoma stans	Perennifolia	Nativa
Heliotropo	Heliotropium arborescens	Perennifolia	Nativa
Ibira Pita	Peltophorum dubium	Caducifolia	Nativa
Jacaranda	Jacaranda mimosifolia	Caducifolia	Nativa

Jazmín magno	Plumeria rubra	Perennifolia	Introducida
Lapacho Amarillo	Tabebuia pulcherrima Sandw.	Caducifolia	Nativa
Lapachos	Tabebuia avellanedae	Caducifolia	Nativa
Laurel de Jardín	Rhododendron ferrugineum	Perennifolia	Introducida
Ligustro Verde	Ligustrum japonicum	Caducifolia	Introducida

Cuadro 6. (Continuación) Características de la fenología foliar y de origen en el listado de especies encontradas en el macrocentro de la ciudad de La Rioja con base en los datos del censo del año 2016

Especie	Nombre científico	Fenología	
		foliar	Origen
Ligustro Verde	<i>Ligustrum japonicum</i>	Caducifolia	Introducida
Limpia Tubo	<i>Callistemon citrinus</i>	Perennifolia	Introducida
Liquidámbar	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Caducifolia	Introducida
Mandarina	<i>Citrus reticulata</i>	Caducifolia	Introducida
Mora	<i>Morus</i> sp.	Caducifolia	Introducida
Mora turca	<i>Broussonetia papyrifera</i>	Caducifolia	Introducida
Naranja amarga	<i>Citrus aurantium</i>	Perennifolia	Introducida
Olivos	<i>Olea europea</i>	Perennifolia	Introducida
Olmos	<i>Ulmus minor</i>	Caducifolia	Introducida
Palo borracho	<i>Chorisia</i> sp.	Caducifolia	Nativa
Paraíso	<i>Melia azedarach</i>	Caducifolia	Introducida
Pezuña de vaca	<i>Bauhinia forficata</i>	Caducifolia	Nativa
Pindo palmera	<i>Butia paraguayensi</i>	Perennifolia	Nativa
Plátano	<i>Platanus acerifolia</i>	Caducifolia	Introducida
Prunus prisardi	<i>Prunus cerasifera</i> var. <i>pissardii</i>	Caducifolia	Introducida
Quebracho blanco	<i>Aspidosperma quebracho-blanco</i>	Caducifolia	Nativa
Roble	<i>Quercus robur</i>	Caducifolia	Introducida
Rosa china	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	Caducifolia	Introducida
Sauce	<i>Salix babylonica</i>	Caducifolia	Introducida
Terevinto	<i>Pistacia terebinthus</i>	Caducifolia	Nativa
Tevetia	<i>Thevetia</i>	Caducifolia	Nativa
Tipa blanca	<i>Tipuana tipu</i>	Caducifolia	Nativa
Tipa colorada	<i>Tipuana</i> sp.	Caducifolia	Nativa
Visco	<i>Viscum album</i>	Caducifolia	Introducida
Viñas	<i>Vitis vinifera</i>	Caducifolia	Introducida
Whashingtonia	<i>Whashingtonia filifera</i>	Perennifolia	Nativa

Los ecosistemas urbanos están constituidos por numerosas especies, la mayoría arbóreas, cuya elección muchas veces no está

restringida por normativas municipales o de existir no son acatadas. Como consecuencia de esto cada frentista propietario elige la especie que va a plantar y dentro de esta elección es muy frecuente decidirse por especies introducidas en vez de las nativas. Esta elección no solo es de preferencia personal, sino que la afectan la oferta en el mercado, el precio de los ejemplares, y también la cultura y las costumbres locales. Así, los ecosistemas de las ciudades han sido, en gran medida, formados por el hombre y dominados por él (Pimienta-Barrios et al. 2014).

Terrazas et al. (1999) recomiendan que ninguna especie debe sobrepasar el 5% de la población total del arbolado de la ciudad, y aunque es de esperar una ventaja adaptativa por parte de las nativas, muchas veces esta no se manifiesta en ambientes urbanos. Una de las causas de esta falta de adaptación está asociada a la menor cantidad de agua que reciben los árboles en el ambiente urbano (Terrazas et al., 1999)

El clima en el noroeste de Argentina se caracteriza por una estacionalidad climática, con precipitaciones concentrada en el periodo estival (diciembre a marzo), mientras que en el periodo invernal y de primavera las precipitaciones son escasas. Durante el verano los calores son extremos y en invierno la temperatura desciende de cero grados (Rosa, 2000). En el caso particular de la ciudad de La Rioja además de presentar estas condiciones climáticas extremas, existen limitaciones de agua para consumo humano, por lo que la plantación de especies nativas adaptadas a estas condiciones es fundamental para asegurar su sobrevivencia sin la necesidad de riego artificial.

En el arbolado urbano del macrocentro de la ciudad de La Rioja, el porcentaje promedio de nativas es de 29.2%, existiendo calles que tienen un mínimo promedio de 18% y un máximo promedio de 58% (Cuadro 7). En este estudio las especies censadas fueron clasificadas como nativas o introducidas y dentro de las nativas se consideraron las propias de la región y de regiones vecinas representativas de la flora de Argentina. En ambientes xerófilos, como el de la ciudad de La Rioja, es común que las especies nativas tengan espinas y eso genere conflictos con las personas

en las veredas, motivo por el cual muchas nativas no son utilizadas (PRAU, 2017).

Cuadro 7. Media ponderada de la comunidad para el rasgo fenología foliar y para origen de la especie por calle en el arbolado del macrocentro de la ciudad de La Rioja con base en los datos del censo del año 2016.

Calles	Caducifolias	Nativas
25 de Mayo-Buenos Aires	0.73	0.30
8 de Diciembre	0.72	0.29
Av. Juan D. Perón	0.81	0.51
Av.Gdor. Gordillo	0.71	0.37
Av. Rivadavia	0.76	0.58
Avellaneda-Güemes	0.72	0.25
Belgrano-San Martin	0.72	0.22
Catamarca-Yrigoyen	0.65	0.28
Corrientes	0.73	0.19
Vélez Sarsfield	0.73	0.21
B. Jaramillo-Dorrego	0.77	0.31
Joaquín V Gonzalez-9 de Julio	0.69	0.27
Jujuy-Copiapó	0.74	0.26
Lamadrid-Adolfo E Dávila	0.64	0.25
Pelagio B. Luna	0.77	0.21
San Nicolas De Bari	0.68	0.18
Santa Fe	0.89	0.20
Santiago Del Estero- Benjamín De La Vega	0.73	0.28
Urquiza	0.69	0.32

Alanis-Flores (2005), en la ciudad de Monterrey, encontró que el crecimiento no planificado de la ciudad ha provocado la disminución de árboles nativos remanentes. Reconoce además que las especies nativas,

por estar adaptadas crecen con facilidad, son resistentes a la acción de enfermedades y plagas, resisten temperaturas extremas, requieren menos agua y menos mantenimiento, armonizan con el ambiente y la cultura de la región y proveen hábitat y alimento a la fauna silvestre nativa.

Roger et al. (2013) encontraron solamente un 5% de especies nativas, 21.8% de especies no nativas y el resto fueron introducidas en un relevamiento del arbolado leñoso en una Plaza de Santiago del Estero. Rozzi et al. (2003) afirman que la vegetación nativa en las ciudades contribuye a la conservación, a la mejora del ecosistema y sirve de atractivo a las personas; esto último está asociado a la valoración de la biodiversidad y a lo que en el MEA (2005) incorporan como servicios ecosistémicos culturales como la belleza escénica.

Grau y Kortsarz (2012) afirman que se deben valorar las ventajas y desventajas de la inclusión de nativas e introducidas. La inclusión de introducidas sobre nativas está asociada a una cuestión cultural y de valoración de lo propio y de lo extraño y por lo tanto está asociado al nivel de pertenencia al lugar, el aumento de las especies nativas y su adecuada distribución en el paisaje urbano permiten armonizar el medio físico, optimizar sus beneficios y funciones ecosistémicas y al mismo tiempo rescatar la identidad de la región. También estos autores señalan las ventajas de la elección de especies introducidas. Al ser el ambiente urbano muy hostil para el arbolado, ya que se tienen perfiles de suelo perturbados y compactados, niveles de nutrientes anormalmente elevados y con condiciones de anegamiento o falta de aireación (Grau y Kortsarz, 2012), se espera que las especies nativas tengan más capacidad de adaptación a estas condiciones. Por su parte, al formar parte del ecosistema regional existe menos chance de ataques de enfermedades y plagas, ya que éstas están más reguladas por el equilibrio natural.

La National Academy of Sciences (1980) recomienda que antes de definir las especies a plantar como parte del arbolado urbano, en el caso de ambientes de climas críticos como en La Rioja, se debe realizar una valuación del comportamiento de las especies tanto nativas como

introducidas. Por otra parte, en muchas ciudades modernas existe una preferencia tradicional por la flora exótica para fines paisajísticos (Teillier, 2008). Además, las falencias o ausencias de ordenanzas y reglamentaciones de especies para el arbolado urbano, y la baja observancia de su aplicación ayudan al uso de especies introducidas.

En el estudio realizado por Almirón et al. (2008) en el arbolado de la zona de Difunta Correa, localidad de Vallecito, San Juan, Argentina, se determinó que el 97.47% de las especies eran introducidas, mientras que el resto corresponde a nativas remanentes. Sosa-Lopez et al. (2011) en el diagnóstico del arbolado para la ciudad de Guisa (Cuba), con respecto al origen de las especies presentes, obtuvieron que del total de especies, el 63% correspondían a especies introducidas, proviniendo de diversos sitios del mundo. Esta presencia de especies introducidas se explica teniendo en cuenta que los programas de arborización urbana que han tenido lugar en la ciudad no han contemplado una mayor presencia de especies nativas de la región con amplias posibilidades para la ornamentación de espacios urbanos. Concluyendo que para esa ciudad se observa una fuerte tendencia a la introducción de especies ornamentales mostrado por una composición del 63% de la masa inventariada.

La elección de las especies tiene una gran influencia cultural. En la ciudad de Resistencia se realizaron estudios del arbolado urbano con un enfoque en las actividades recreativas y culturales y al desarrollo regional (Valdéz y Foulkes, 2016). En Resistencia también se evaluó la pérdida de los atributos paisajísticos y la degradación de la superficie verde del área central (González, 2013).

En la ciudad de Mendoza, se analizó el impacto de la aridez en el desarrollo ambientalmente sustentable de esta ciudad con énfasis en la selección de especies con tolerancia a la sequía (Martinez et al., 2011). En Santiago del estero se realizó la caracterización completa del arbolado urbano en una plaza para estudiar la composición florística leñosa, caracterizándola según su origen biogeográfico (Roger et al., 2013) y encontraron que solo el 5% de las especies correspondían a especies

nativas, y el resto a especies introducidas. En la ciudad de Tandil se generaron indicadores que consideran el origen de las especies para evaluar la sustentabilidad ambiental de un parque urbano, desde la óptica social, administrativa y territorial (García y Guerrero, 2006; Guerrero y Culós, 2007).

En la ciudad de Linares, Nuevo León, México, Zambudio-Castillo (2001) encontró un porcentaje de especies nativas cercano al 33%, y afirman que, si bien en general se recomienda el uso de especies nativas por estar más adaptadas al ambiente, muchas veces, los cambios en los ambientes urbanos hacen que especies no nativas tengan más posibilidades de supervivencia que las nativas.

Codero et al. (2015) en la ciudad de Cuenca, Ecuador, encontraron en un estudio de 6212 árboles que el 47% de las especies correspondían a especies nativas. Además, afirman que el municipio fomenta la plantación de estas especies.

Las especies introducidas presentes en las ciudades pueden convertirse en focos de propagación de estas especies hacia hábitats no urbanos cercanos (Nagendra, 2014). Según este autor esto ocurrió con la especie exótica *Lantana cámara*, que fue introducida en la India como planta ornamental, y ahora domina los estratos bajos de los bosques de todo el país. Además, en ciudades de la India como Delhi la diversidad de las especies nativas de aves ha ido disminuyendo con el aumento de especies de plantas introducidas.

La biodiversidad urbana está asociada a las condiciones físicas y ecológicas particulares de las ciudades; que son un mosaico mezclado de hábitats a pequeña escala, donde se combinan especies nativas e introducidas que crean un hábitat con su propia dinámica ecológica (Müller et al., 2010) y como resultado se constituyen tipos de hábitats y comunidades biológicas muy diferentes unos de otros (Lugo, 2014).

4.8 Fenología Foliar

Los servicios ecosistémicos que brinda el arbolado urbano son considerados en la actualidad un componente fundamental de la gestión urbana ya que los árboles forman parte importante de los mecanismos de funcionamiento de la naturaleza y son un componente significativo en la sostenibilidad de los centros urbanos y en el incremento en la calidad de vida de sus pobladores (Bartkowski, 1986). Los servicios ecosistémicos más reconocidos provistos por el ecosistema urbano son la regulación del microclima, con la consiguiente disminución del consumo de energía eléctrica para el enfriamiento del aire, los procesos de purificación del aire, su aporte a la regulación del ciclo hidrológico, el aumento en la permeabilidad del suelo y la calidad del agua y la disminución del ruido (McMichael, 1999; Yang et al., 2005; Gidlöf y Öhrström, 2007; Perry y Nawaz, 2008; Oliveira et al., 2011; Cerón et al., 2013 citado en Pérez - Medina y Lopez Falfan, 2015).

Entre los servicios asociados al mejoramiento del clima urbano se encuentran la mitigación de la intensidad del efecto “isla de calor”, sobre todo en ciudades de climas con importantes niveles de radiación solar y la hidratación de la atmósfera en ciudades de climas secos, produciendo humectación del aire por la transpiración de las plantas, con la consecuente reducción de las cargas térmicas de verano y la disminución de la amplitud térmica.

El efecto de isla de calor típico de las ciudades es una consecuencia del uso de materiales que captan la radiación convirtiéndola en calor. Si a esto le sumamos las condiciones climáticas que prevalecen en la Rioja, la mitigación del efecto de isla de calor es sin duda el servicio ecosistémico más valioso.

Además, los materiales impermeables usados en las superficies urbana favorecen la escorrentía y reducen drásticamente la evaporación, haciendo que las amplitudes térmicas sean extremas. La ausencia de vegetación urbana aunada a estas condiciones produce aumento de

temperatura de superficie generando lo que se conoce como islas de calor urbano (Paolini y Gioia, 2012). Por esta razón, en ciudades como La Rioja, los servicios más importantes son los de regulación, como la reducción del calor, el aumento de la humedad relativa, la disminución de la amplitud térmica, la protección de bienes de la radiación, la captación de polvo, la disminución del ruido y la mejora de la calidad del aire.

El órgano más importante del arbolado urbano asociado a la provisión de los servicios de regulación es la hoja del árbol. Estas son las que interceptan la mayor parte de la radiación solar, impidiendo que esta llegue al cemento predominante en el sustrato urbano y luego se transforme en calor (McPearson, 2011). Las hojas, son las que captan el polvo y eliminan los contaminantes de la atmósfera (Nowak, 1994, Escobedo et al. 2008), producen vapor mediante los procesos de evapotranspiración aumentando la humedad relativa del aire (Nowak y Crane, 2000), y atenúan la contaminación acústica mediante la absorción, desviación, reflexión y refracción de ondas sonoras (Aylor, 1972). Adicionalmente, las hojas de los árboles disminuyen los efectos de eventos climáticos extremos, como tormentas y vientos fuertes (Danilisen et al 2005), producen captación de lluvia al ralentizar la caída de agua, reduciendo así la presión sobre los sistemas de drenaje urbano (Bolund y Hunhammar, 1999) y por último, aportan oxígeno a la atmósfera y remueven gases de efecto invernadero (GEI), tales como el dióxido de carbono (Ochoa de la Torre, 1999; Dobbs, 2005).

Estos servicios ecosistémicos están por ende asociados a la fenología de la vegetación, a su tamaño y a su abundancia. El principal rasgo fenológico que determina la provisión de estos servicios ecosistémicos es la condición perennifolia o caducifolia de las hojas. También son importantes otros rasgos funcionales de la hoja como su tamaño, dureza, forma y serosidad (Pérez-Harguindeguy, 2013).

El arbolado urbano contribuye también a atenuar los fenómenos asociados a las grandes ciudades modernas, como la contaminación sonora, la alta emisión de gases contaminantes debido a la congestión del

tránsito vehicular y el creciente empobrecimiento estético, producto del deterioro progresivo de las viejas edificaciones e infraestructuras (McPherson, 1988). Así, los árboles perennifolios tienen más capacidad de remoción de los contaminantes del aire y por lo tanto la relación caducifolias y perennifolias son importantes para asegurar la calidad del aire (Yang et al., 2005). También la fisiología, la abundancia y distribución de especies caducifolias en las ciudades, afectan la capacidad de absorber la contaminación del aire.

El porcentaje de ejemplares de especies caducifolias encontradas en el macrocentro de la ciudad de La Rioja corresponde al 72.7%, existiendo calles con un 64% como mínimo y otras con 89% de máximo. En un estudio realizado en la ciudad de Mérida, México, se encontró un 52.5% de especies perennifolias, 25.9% de especies caducifolias y 18.7% de árboles que tienen follaje caduco-perenne dependiendo de la sequía que enfrenten (Pérez-Medina y López-Falfán, 2015). En la ciudad de La Rioja existe un marcado invierno seco, por lo que las especies caducifolias pierden completamente las hojas en este periodo (Morello et al., 1985).

Por otra parte, en sitios que se caracterizan por ser calurosos en verano y fríos en invierno, tal es el caso de La Rioja, lo más importante respecto a la regulación del microclima de la ciudad es la protección en la época estival (Pérez-Medina y López-Falfán, 2015).

En un trabajo realizado por Arboit (2013) para el Área Metropolitana de Mendoza, Argentina, sobre el estudio de la permeabilidad del arbolado urbano de dos especies arbóreas representativas y el potencial solar de los entornos urbanos edilicios, se obtuvieron resultados que indican una reducción de la energía solar disponible del 52,88% al 75,93% en la estación de invierno y del 85,96% al 98,38% en verano para las especies Acer y Paraíso sombrilla respectivamente. Además, el estudio concluye que los beneficios de la arboleda en la estación cálida son control de la intensidad de la isla de calor urbana, absorción de los contaminantes, disminución de la temperatura del aire por evapotranspiración, y aporte inestimable de belleza escénica al ambiente urbano (Arboit, 2013).

Además de los servicios de regulación climática, el área foliar está asociada a otros servicios que proporcionan los árboles como son la remoción de polvo y contaminantes y la mitigación del ruido de la ciudad (Mc Pherson et al., 1997). Manes et al. (2012) estudiaron el efecto de la diversidad sobre la remoción de ozono troposférico en la ciudad; encontraron que diversos grupos funcionales de árboles muestran patrones de captación complementarios, principalmente relacionados con la fisiología y la fenología, y que el aumento de la diversidad de especies de rasgos similares produce una mayor estabilidad funcional.

Nelson et al. (2009) encontraron que para muchos servicios ecosistémicos los escenarios con mejor calidad de provisión de servicios tenían también valores altos para la diversidad y también encontraron que escenarios urbanos con mayor desarrollo tenían bajos índices de diversidad y baja provisión de servicios ecosistémicos. Hansen y Pauleit (2014) estudian cómo la multifuncionalidad es un principio importante en la generación de la infraestructura verde y puede ser combinada con enfoques desarrollados y probados en la investigación de servicios ecosistémicos.

Dobbs et al. (2011) proponen un marco conceptual para el desarrollo de servicios ecosistémicos en bosques urbanos. Analizaron el conjunto de servicios ecosistémicos, bienes y de servicios del ecosistema urbano y proponen indicadores para la valoración no monetaria de los servicios ecosistémicos forestales urbanos y que pueden ser utilizados para los objetivos de gestión de la estructura forestal urbana. Los ecosistemas urbanos presentan interacciones complejas entre los componentes sociales, económicos institucionales y ambientales, generando paisajes urbanos complejos que influyen el funcionamiento de los ecosistemas a diferentes escalas y en los servicios ecosistémicos que brindan. Los hábitats naturales son fragmentados aislados y degradados por el desarrollo urbano produciendo una simplificación y homogeneización en la composición de especies, alterando o interrumpiendo los sistemas ecológicos y modificando flujos de energía y de nutrientes. Todo esto trae

como consecuencias cambios en las condiciones ecológicas que finalmente afectan la salud y bienestar de la población (Alberti, 2005).

Existe mucho debate sobre cómo cuantificar los beneficios que provee el arbolado en términos monetarios y no monetarios y asignarles valores que puedan ser usados para la incorporación de consideraciones ecológicas en la gestión de una ciudad (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2012). Los beneficios generados por el arbolado urbano están directamente relacionados con la cobertura, la composición, la densidad, la distribución y el estado de salud de los árboles (James et al., 2009). Algunos estudios permiten inferir que a mayor superficie, densidad y más saludable es la cobertura arbórea, tiene mayor probabilidad de proveer beneficios ecológicos de mayor calidad (Romero et al., 2001; Maco y McPherson, 2002; Stabler et al., 2005).

Para poder visualizar la distribución del servicio ecosistémico de regulación climática en el Macrocentro de la ciudad de Rioja se identificó en primer lugar el rasgo fenología foliar, y a partir de la presencia de especies caducifolias y perennifolias se calculó el porcentaje de caducifolias. Estos porcentajes fueron calculados por cada cuadra para poder construir los mapas de distribución del servicio ecosistémico de regulación climática.

Los porcentajes de especies caducifolias fueron categorizados en alto, medio y bajo, donde alto es mayor a 75% señalado con color verde, medio se encuentra entre los valores de 50% a 75%, señalado con color amarillo y bajo con valores menores a 50%, señalado con color rojo. A partir de la clasificación anterior se realizó un mapa indicando las categorías de porcentaje de caducifolias según la media ponderada de la comunidad (CWM) para el rasgo fenología foliar (Figura 6).

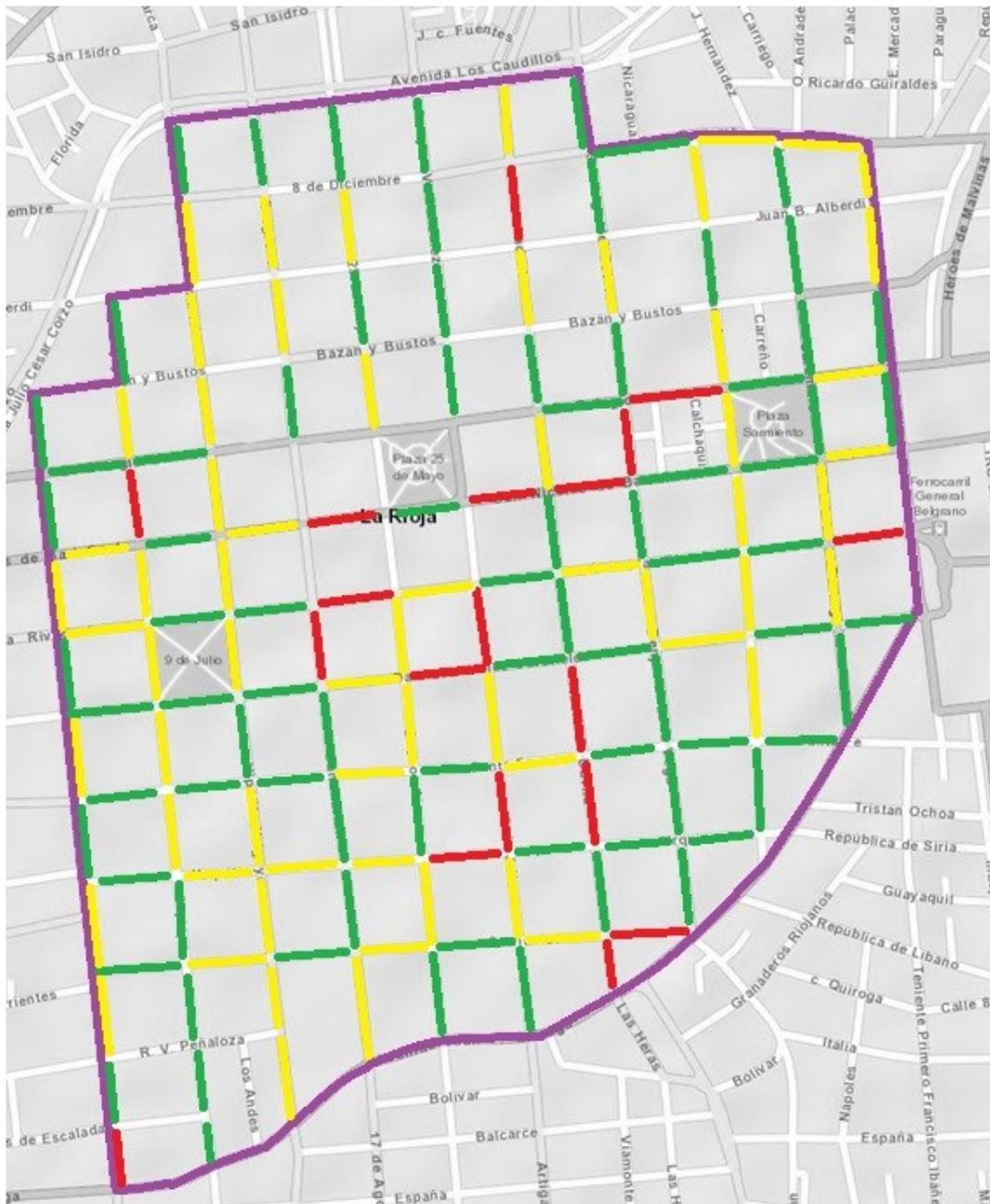


Figura 5. Plano del macrocentro de la Cdad de La Rioja indicando los valores de porcentajes de caducifolias (verde=alta, amarillo=media, rojo=baja) encontrados en el censo del arbolado urbano del año 2016.

Las calles 8 de Diciembre y Juan B. Alberdi no fueron censadas, y la calle Pelagio B. Luna tiene veredas angostas sin cazuelas entre la numeración 400 y 800. Las calles 9 de Julio y Buenos Aires al 100 corresponden a vía peatonal, y sus continuaciones hacia el norte, en calle 25 de mayo y Joaquín V. González respectivamente, son también

peatonales del 100 al 200. Estas peatonales no contaban aún con arbolado al momento del censo.

El 49.69% de las cuadras tienen un porcentaje de caducifolias que es considerado bueno para la provisión de servicio de regulación que requiere una ciudad como la Rioja, es decir, proteger del calor intenso en verano y permitir el calentamiento en invierno (Maco y McPherson, 2002; Arboit, 2013). El 38.65% de las cuadras resultó en una clasificación de amarillo y el 11.56% restante fue rojo.

El sector más crítico de la ciudad para la provisión de SE de regulación es el comprendido entre las calles San Martín y 9 de Julio al 100 de norte a sur, y de Este a Oeste San Nicolás de Bari del 300 al 600 y Santa Fe del 400 al 600. Respecto a la calle con menos porcentaje de cuadras con alto porcentaje de caducifolias es San Nicolás de Bari.

5 CONCLUSIONES

El sector del macrocentro de la ciudad de La Rioja representa aproximadamente un 5% del área total de la ciudad. Si la población fuera uniforme en todos los sectores a esta área le corresponderían cerca de 10 000 habitantes. En este sector existen solo tres espacios verdes, de aproximadamente 10 000 m² cada uno, por lo que se tiene solo 3 m² por habitante. Esto es muy inferior a los 14 m² recomendados por la OMS, y así los más de 3000 árboles presentes en las calles ayudan a compensar este déficit.

El arbolado del macrocentro de La Rioja se caracteriza por tener una alta dominancia de especies. Esto puede tener implicancias positivas desde el punto de vista del manejo, ya que hay muchos individuos de pocas especies, pero desde la perspectiva ecológica, de la conservación y de la resiliencia, las implicancias son negativas.

El porcentaje de especies nativas es bajo y esto puede tener implicancias para la conservación, la presencia de plagas y enfermedades y para el resto de la flora y fauna local.

El número de árboles por cuadra en la ciudad podría aumentarse cerca de un 50% si se replantan las cazoletas vacías.

La relación de adultos y juveniles encontrada en este trabajo es similar a la de otras ciudades. El hecho de que la mayoría sean individuos adultos hace que el arbolado sea más estable y evita gastos de mantenimiento y replantación.

El estado sanitario de los árboles en la ciudad es mayoritariamente muy bueno y es comparable con el de otras ciudades. Un arbolado saludable tiene menos costos de manejo.

Los porcentajes de árboles con conflictos son inferiores a los encontrados en otros estudios. El principal conflicto, que es la interferencia con el cableado, tiene implicancias de manejo frecuente. El conflicto de levantamiento de vereda que le sigue en importancia también tiene

implicancias económicas, pero en este caso repercuten directamente en el propietario. La gran mayoría de los árboles que presentan conflictos son de especies introducidas.

La riqueza de especies encontrada en la ciudad es similar a la de otras ciudades de similares latitudes, pero es inferior a las encontradas en ciudades tropicales. Algo similar ocurre con la diversidad de especies, donde el índice de Shannon-Weaver encontrado es considerado por algunos autores como moderado.

Respecto a la fenología foliar, la ciudad de La Rioja cuenta mayoritariamente con árboles caducifolios. Dado que el servicio ecosistémico más importante en una ciudad con las características de La Rioja es el de regulación climática, principalmente en lo que respecta a la disminución de la temperatura en las épocas de verano, un alto porcentaje de caducifolias es deseable.

6 RECOMENDACIONES

Difundir el catálogo de especies arbóreas recomendadas para veredas junto a la ordenanza sobre el arbolado urbano.

Considerar el análisis de la diversidad clásica y funcional del arbolado urbano al momento de realizar plantaciones programadas por la municipalidad.

Mantener un registro periódico del arbolado que brinde información de estado sanitario, conflictos y especies como insumo para la toma de decisiones.

Replantar los árboles faltantes manteniendo alto el porcentaje de plantas caducifolias, preferentemente nativas y que se aumentando la diversidad en las calles donde es baja.

Considerar mantener un porcentaje alto de especies caducifolias en futuras reposiciones, tratando de que este porcentaje sea similar en todas las cuadras.

Evitar el uso de especies con raíces superficiales o cazuelas de dimensiones no apropiadas para evitar conflicto de levantamiento de veredas.

Realizar mantenimiento del arbolado de manera que se maximice la provisión de servicio ecosistémico de regulación climática, junto a otros servicios como reducción de la contaminación sonora y reducción de la contaminación del aire.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alanis-Flores (2005). El arbolado urbano en el área metropolitana de Monterrey. *Ciencia UANL*, 8 (1): 20-32.
- Alberti, M. 2005. The Effects of Urban Patterns on Ecosystem Function. *International Regional Science Review*. Volume: 28 (2): 168-192. <https://doi.org/10.1177/0160017605275160>.
- Almirón, M., Dalmaso, AD., Marquez, J., Hadad, M. 2008. Diversidad del arbolado urbano en la localidad de Vallecito, Difunta Correa, San Juan. *Quebracho*, 16: 102-109.
- Álvarez, AU. 2013. Metodología basada en SIG para optimizar la urbanización y gestión de espacios verdes a partir de bases de datos geo-referenciadas. Nuevo Leon, México.
- Arboit, ME. 2013. Permeabilidad del arbolado urbano a la radiación solar: Estudio de dos especies representativas en entornos urbanos de baja densidad del Área Metropolitana de Mendoza, Argentina. Instituto de Ciencias Humanas Sociales y Ambientales. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (INCIHUSA – CONICET), Mendoza.
- Aylor, D. 1972. Noise reduction by vegetation and ground. *Journal of the Acoustical Society of America*, 51: 197-205.
- Balvanera, P., Cotler H. et al. 2009. Estado y tendencias de los servicios ecosistémicos, en *Capital natural de México*, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México.
- Bolund, P., y Hunhammar, S. 1999. Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics*, 29 (2): 293–301.
- Bravo, A. y Grau, A. 2012. Árboles y servicios. Particularidades del servicio eléctrico. En Grau, A. y Kortsarz M. (Eds.). *Guía de arbolado de Tucumán*. Universidad Nacional de Tucumán. San Miguel de Tucumán. Capítulo 5, 49-67.

- Cabrera, AL. 1976. Regiones fitogeográficas argentinas. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Ganadería. 2da. Ed., 2 (1): 1-85. Buenos Aires.
- Campari, E. 2006. Propuesta de ordenamiento del arbolado de alineación mediante la intervención vecinal en el partido de Quilmes – provincia de Buenos Aires -Argentina. Revista do Departamento de Geografía, 16: 20-34.
- Campo de Ferreras, AM., Benedetti, G. 2007. Arbolado de alineación: el mapa verde de un barrio en la ciudad de Bahía Blanca, Argentina
- Carpenter, S., Mooney, H., Agard, J., Capistrano, D., Defries, R., Díaz, S., Dietz, T., Duraiappah, AK., Oteng-Yeboah, A., Pereira, HM., Perrings, C., Reid, W., Sarukha, J., Scholes, R., Whyte, A. 2009. Science for managing ecosystem services: Beyond the Millennium Ecosystem Assessment.
- Casanoves, F., Di Rienzo, JA., Pla, L. 2010. FDiversity user manual: Statistical software for the analysis of functional diversity. Córdoba, Argentina. www.fdiversity.nucleodiversus.org.
- Casanoves, F., Pla, LE., Di Rienzo, J., Díaz, S. 2011. FDiversity: a software package for the integrated analysis of functional diversity. *Methods in Ecology Evolution*, 2: 233-237.
- Casanoves, F.; Pla, L.; Di Rienzo, JA. Editores (2011). Valoración y análisis de la diversidad funcional y su relación con los servicios ecosistémicos. Serie Técnica No 384, CATIE, CR. 105p.
- Chabot, B., y Hicks, D. 1982. The ecology of leaf life spans. *Annual Review of Ecology and Systematics*, N.º 13.
- Chapin III, F., Zavaleta, E., Eviner, V., Naylor, R., Vitousek, P., Reynolds, H., Mack, M. 2000. Consequences of Changing Biodiversity. *Nature*, 405 (6783): 234-242.

- Colding, J., Jakob, L., Carl F. 2006. Incorporating green area user groups in urban ecosystem management. *Journal of the Human Environment*, 35(5):237-244.
- Cordero, P., Vanegas, S. Hermida, MA. 2015. La biodiversidad urbana como síntoma de una ciudad sostenible. Estudio de la zona del Yanuncay en Cuenca, Ecuador. *MASKANA*, 6 (1): 107-130.
- Cornelissen, J., Lavorel, S., Garnier, E., Díaz, S., Buchmann, N., Gurvich, D., Reich, P., Steege, H., Morgan, H., van der Heijden, M., Pausas, J., Poorter, H. 2003. A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany*, 51 (4): 335-380. DOIs. 10.1071/BT02124
- Czech, B., Krausman, P., Devers, P. 2000. Economic Associations among Causes of Species Endangerment in the United States.. *BioScience*, Vol. 50.(7): 593-601.
- Daily, G. 1997. *Nature's services: societal dependence on natural ecosystems*. Washington DC, Estados Unidos: Island Press.
- Danielsen F1, Sørensen MK, Olwig MF, Selvam V, Parish F, Burgess ND, Hiraishi T, Karunagaran VM, Rasmussen MS, Hansen LB, Quarto A, Suryadiputra N.
- Danielsen, F., Sørensen, MK., Olwig, MF., Selvam, V., Parish, F., Burgess, ND., Hiraishi, T., Karunagaran, VM., Rasmussen, MS., Hansen, LB., Quarto, A., Suryadiputra, N. 2005. The Asian tsunami: A protective role for coastal vegetation. *Science*, 310 (5748): 643.
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., González, L., Tablada, M., Robledo, C. 2017. *InfoStat versión 2017*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar>
- Díaz, S., Lavorel, S., Chapín, F., Tecco, P., Gurvich, E. y Grigulis, K. 2007. Functional diversity – at the crossroads between ecosystem functioning and environmental filters. *Terrestrial ecosystems in a*

changing world (eds. Canadell, J., Pitelka, L.F. y Pataki, D.). Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp 81-91.

Dobbs, C., Escobedo, FJ., Zipperer, WC. .2011. A framework for developing urban forest ecosystem services and goods indicators. *Landscape and urban planning*, 99: 196-206.

Dobbs, C. 2005. Construcción de modelos de estimación de biomasa y área foliar para diez especies arbóreas urbana de la ciudad de Santiago. Universidad dx Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 85p.

Escobedo, FJ., Wagner, JE., Nowak, DJ., De la Maza, CL., Rodriguez, M., Crane, DE. 2008. Analyzing the cost effectiveness of Santiago, Chile's policy of using urban forests to improve air quality. *Journal of Environmental Management*, 86 (1): 148-157.

Emery, M. y Flora CB..2006. Spiraling-Up: Mapping Community Transformation with Community Capitals Framework. *Community Development: Journal of the Community Development Society* 37: 19-35.

Ochoa de la Torre, JM. 1999. La vegetación como instrumento para el control microclimático Universitat Politècnica de Catalunya Departament de Construccions Arquitectòniques.

Fernandez, MP., Vargas A. 2011. La ciudad y los árboles. Conflicto entre arbolado e infraestructura. *Agronomía y forestal*, 43: 32-36.

Fiorentino, JM. 2013. Sustentabilidad del arbolado urbano viario de la ciudad de buenos aires evaluación de la sustentabilidad ecológica del arbolado urbano viario en tres comunas de la ciudad de Buenos Aires. Universidad de Buenos Aires, Argentina.

García, S., Guerrero AM. 2006. Indicadores de sustentabilidad ambiental en la gestión de espacios verdes. Parque urbano Monte Calvario, Tandil, Argentina. *Revista de Geografía Norte Grande*, 35: 45-57.

Garnier E, Cortez J, Bille's G, Navas ML, Roumet C, Debussche M, Laurent G, Blanchard A, Aubry D, Bellmann A, Neill C, Toussaint JP (2004)

- Plant functional markers capture ecosystem properties during secondary succession. *Ecology* 85(9): 2630-2637
- Gentry, AH. 1992. Tropical forest biodiversity: distributional patterns and their conservational significance. *Oikos*, 63: 19-28.
- Gómez, SE. y Orjuela, LL. 2004. Inventario diagnóstico y propuesta de manejo del bosque urbano del centro de Medellín. Trabajo de grado de Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 158p.
- González, WA. 2013. Tipos y características de ejes urbanos de la ciudad de Resistencia según su arbolado. *ADNea Revista de Arquitectura y Diseño del nordeste argentino*, 1 (1): 115-124.
- Grau, A. y Kortsarz M. (Eds.). 2012. Guía de arbolado de Tucumán. Universidad Nacional de Tucumán. San Miguel de Tucumán. 256 pp.
- Grime, JP., 1998. Benefits of plants diversity to ecosystems: immediate filter and founder effects. *Journal of Ecology* 86:902-910.
- Grime, JP., Brown, V., Thompson, K., Masters, G., Hillier, S., Clarke, I., Askew, A., Corker, D., y KIELTY, P. 2000. The response of two contrasting limestone grasslands to simulated climate change. *Science*, 289 (5480): 762-767.
- Guerrero, AM y Culós G. 2007. Indicadores ambientales en la gestión de espacios verdes. El parque Cerro La Movediza. Tandil, Argentina. *Espacios*, 28 (1): 1-17.
- Guerrero, EM., Sosa, B., Rodríguez, Cl., Miranda Del Fresno, MC. 2013. Naturaleza transformada y servicios ambientales en la cuenca del Languyú, Tandil, Argentina. *Revista de Estudios Ambientales*, 1 (1): 44-66.
- Hansen, R y Pauleit, S. 2014. From Multifunctionality to Multiple Ecosystem Services? A Conceptual Framework for Multifunctionality in Green Infrastructure Planning for Urban Areas. *AMBIO*, 43: 516-529.

- INDEC, Instituto Nacional de Estadística y Censos. 2012. Censo nacional de población, hogares y viviendas 2010: censo del Bicentenario, resultados definitivos, Serie B nº 2. - 1a ed. - Buenos Aires. v. 1378 p.
- Pérez-Harguindeguy, N., Díaz, S., Garnier, E., Lavorel, S., Poorter, H., Jaureguiberry, P., Bret-Harte, MS., Cornwell, WK., Craine, JM., Gurvich, DE., Urcelay, C., Veneklaas, EJ., Reich, PB, Poorter, L., Wright, IJ., Ray P., Enrico, L., Pausas, JG., de Vos, AC., Buchmann, N., Funes, G., Quétier, F., Hodgson, JG., Thompson, K., Morgan HD, ter Steege, H., van der Heijden, MGA., Sack, L., Blonder, B., Poschlod, P., Vaieretti, MV., Conti G., Staver, AC., Aquino, S., Cornelissen, JHC. 2013. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany* <http://dx.doi.org/10.1071/BT12225>
- James, P., Tzoulas, K., Adams, MD., Barber, A., Box, J., Breuste, T., Elmqvist, M., Frith, C., Gordon, KL., Greening, J., Handley, S., Haworth, AE., Kazmierczak, M., Johnston, K. Korpela, M., Moretti, J., Niemela, S., Pauleit, MH., Roe, JP., Sadler, C., Ward, T. 2009. Towards an integrated understanding of green space in the European built environment. *Urban Forestry and Urban Greening*, 8 (2): 65-75.
- Karlin, U., y Díaz, R. 1984. Potencialidad y manejo de algarrobos en el árido subtropical argentino. SECYT, Programa Nacional de Recursos Naturales Renovables N.º1.
- Kowarik, I. 2011. Novel urban ecosystems biodiversity and conservation. *Environmental Pollution*, 159: 1974-1983.
- Lavorel, S, Díaz, S, Cornelissen, JH, Garnier, E, Harrison, SP, McIntyre, S, Pausas, J, Pérez, N, Roumet, C, Urcelay, C. 2007. Plant Functional Types: Are We Getting Any Closer to the Holy Grail? In: Canadell JG, Pataki D, Pitelka L (eds) *Terrestrial Ecosystems in a Changing World*, pp. 81-91. Springer-Verlag, New York.

- Lavorel, S, Grigulis, K, McIntyre, S, Williams, NSG, Garden, D, Dorrough, J, Berman, S, Quétier F, Thébault, A, Bonis, A. 2008. Assessing functional diversity in the field - methodology matters! *Functional Ecology* 16: 134-147
- Lavorel, S., y Garnier, E. 2002. Predicting Changes in Community Composition and Ecosystem Functioning from Plant Traits: Revisiting the Holy Grail. *Functional Ecology*, 16 (5): 545-556.
- Li, F., Wang, R., Paulussen, J., y Liu, X. 2005. Comprehensive Concept planning of urban greening based on ecological principles: a case study in Beijing, China. *Landscape and urban planning*, 72: 325-336.
- López Moreno, IR. Y Diaz Betancourt, ME. 1995. Study of biodiversity in urban ecosystems. FAO, Dept. des Forets. Ministere de l' Agriculture et des Ressources Animales, Abidjan (Cote d' Ivoire). Corporate Author, Rome, Italy.
- Lugo, A. 2014. Tropical Cities are Diverse and Deserve More Social-Ecological Attention. *Ecology and Society*, 19(3): 24. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-06618-190324>
- Maco, S., y McPherson, EG. 2002. Assessing canopy cover over streets and sidewalks in street tree populations. *Journal of Arboriculture*, 28 (6): 27-42.
- Magurran, Anne E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press. New Jersey. 179 p.
- Manes, F., Incerti, G., Salvatori, E., Vitale, M., Ricotta, C., Costanza, R. 2012. Urban ecosystem services: tree diversity and stability of tropospheric ozone removal. *Ecological application*, 22 (1): 349-360. <https://doi.org/10.1890/11-0561.1>
- Martinez, CF., Cantón, MA., Roig, FA., Cavagnaro, JB. 2011. Sustentabilidad del bosque urbano: uso eficiente del recurso hídrico en Ciudades de zonas áridas Análisis de especies forestales de uso urbano en el Área Metropolitana de Mendoza. *Avances en*

Energías Renovables y Medio Ambiente, 15: 105-114. ISSN 0329-5184

- Martinez, CF., Cantón, MA., Roig, FA. 2009 .Impacto de la condición de aridez en el desarrollo ambientalmente sustentable de ciudades oasis. El caso del arbolado urbano en el Área Metropolitana de Mendoza. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 13.
- Martín-López, B., González, J, Díaz, S., Castro, I., García-Llorente, M. 2007. Biodiversidad y bienestar humano: el papel de la diversidad funcional. Ecosistemas, 16 (3): 68-79.
- Mc Gregor-Fors, I., y Ortega-Alvares, R. (editores).2013. Ecología Urbana. Experiencias en América Latina. 72p.
- McPhearson, T. 2011. Toward a sustainable New York City: Greening through urban forest restoration. In E. Slavin (Ed.), Sustainability in America's Cities: Creating the Green Metropolis. Island Press: Washington, DC. pp. 181-204.
- McPherson, E. 1988.. Function of buffer planting in urban environments. Agriculture, Ecosystem and environment, 22, 23: 243-260.
- MEA, Millennium Ecosystem Assessment .2005. Ecosystems and Human Well-Being: Current State and Trends. Island Press, Washington, DC.
- Montoya, J. 2016. Reconocimiento de la biodiversidad urbana para la planeación den contextos de crecimiento informal. Cuadernos de vivienda y urbanismo, 9 (18): 232-275.
- Morello, J., Protomastro, J., Sancholuz, L., Blanco, C. 1985. Estudio macroecológico de los llanos de La Rioja. Serie del Cincuentenario de la Administración de Parques Nacionales N.º 5. INTA.
- Müller, N., Werner, P. y Kelcey, J. (eds.). 2010. Urban biodiversity and design. Oxford: Wiley-Blackwell.

- Nagendra, H., Sudhira, HS., Katti, M., Tengö, M., Schewenius, M. 2014. La urbanización y su impacto sobre el uso de la tierra, la biodiversidad y los ecosistemas en la India. *Interdisciplina*, 2 (2): 169-178.
- National Academy of Sciences. 1980. Firewood Crops. Shrub and Tree Species for Energy Production. Report of an Ad Hoc Panel of the Advisory Committee on Technology Innovation. Board on Science and Technology for International Development. Commission on International Relations. Ed. NAS. Washington. Vol I, 236p.
- Nelson, E., Mendoza, G., Regetz, J., Polasky, S., Tallis, H., Cameron, DR., Chan, KMA. Daily, GC., Goldstein, J., Kareiva, PM., Lonsdorf, E., Naidoo, R., Ricketts, TH., Shaw, MR. 2009. Modeling the tradeoffs between ecosystem services and biodiversity. *Frontiers in Ecology and Environment* 7(1): 4–11.
- Northrop, R. 2013 Reducing conflicts between urban infrastructure and trees, *Quarterly Newsletter of the Florida Urban Forestry Council*, 4: 1.
- Nowak, D., y Paul, R. (compiladores). 2001. Syracuse urban forest master plan: guiding the city's forest resource into the 21st century. General technical report NE-287. USDA (United States Department of Agriculture) Forest Service. Newtown Square.
- Nowak, D.J. 1994. Air pollution removal by Chicago's urban forest. En E. G. McPherson, D. J. Nowak, & R. A. Rowntree (Eds.), *Chicago's urban forest ecosystem: Results of the Chicago urban forest climate project*. Radnor: U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station. pp. 63-81.
- Nowak, DJ. y Crane, DE. 2000. The urban forest effects (UFORE) model: Quantifying urban forest structure and functions. In M. Hansen & T. Burk (Eds.), *Integrated tools for natural resource inventories in the 21st century*. St. Paul: North Central Research Station. pp. 714-720.
- Nuñez, CO. SF. El arbolado público urbano. Consideraciones básicas para su gestión. Facultad de Agronomía y Veterinaria, UNRC, Argentina.

Disponible en <https://www.unrc.edu.ar/publicar/24/cinco.html>.
Consultado el 21 de mayo de 2018.

Odum, EP. 1963. Ecology, Athens Georgia United States, Holt Rinehart and Winston.

Odum, EP. 1969. La estrategia de desarrollo de los ecosistemas. El entendimiento de la sucesión ecológica proporciona las bases para resolver el conflicto del ser humano con la naturaleza. Science, 126: 262-270. <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n26/aeodu.htm>

ONU. Informe Brundtland.1987. Informe de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y el Desarrollo.

ONU. Objetivos de Desarrollo del milenio. 2005. Informe de 2005. Naciones Unidas New York.

Otaya Burbano, LA., Sánchez Zapata, R., Morales Soto, L., Botero Fernández, V. 2006. Los sistemas de información geográfica (SIG), una gran herramienta para la silvicultura urbana. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín, 59(1): 3201-3216.

Palomino-Nantón (2015). El arbolado público de Los Molinos. Su inventario y comentarios para su conocimiento, conservación y mejora. Informe Técnico. Ayuntamiento Los Molinos, Madrid. 57p.

Parodi, LR. 1964. Enciclopedia de Agricultura y jardinería.

Perdomo Castro, A., Díaz Rodríguez, WI. 2015. Diagnóstico piloto y plan de manejo de arborización en la ciudad de Neiva. Tesis de maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Universidad de Manizales. Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas

Pérez-Medina, S., y López-Falfán, I. 2015. Áreas verdes y arbolado en Mérida, Yucatán. Hacia una sostenibilidad urbana. Economía, sociedad y territorio.

Pimienta-Barrios, E., Robles-Murgía, C., Carvajal, S., Muñoz-Urias, A., Martínez-Chávez, C., de León-Santos, S. 2014. Servicios

ambientales de la vegetación en ecosistemas urbanos en el contexto del cambio climático. Revista Mexicana De Ciencias Forestales 5. Disponible en <http://cienciasforestales.inifap.gob.mx/editorial/index.php/Forestales/article/view/3793/3174>

- Pla, L., Casanoves, F.; Di Rienzo, JA. 2012. Quantifying functional biodiversity. Springer-Verlag to SpringerBriefs in Environmental Sciences. 84p.
- PRAU, 2017. Plan de reforestación del arbolado urbano. Secretaría de Ambiente, Municipalidad de La Rioja.
- Ragonese, A. y Castiglioni. J. 1968. La vegetación del Parque Chaqueño. Sociedad Argentina de Botánica, 11: 133-160.
- Richards, NA, .Malette, JR, Simpson, RJ, Macie, EA. 1984. Residential greenspace and vegetation in a mature city: Syracuse, New York. Urban Ecology, 8 (1,2): 99-125.
- Roger, E., Generoso, M., Blanco, R., Villaverde. A. 2013 Caracterización de la flora leñosa en Plaza Libertad, Santiago del Estero. Quebracho, 22 (1): 50-56.
- Romero, H., Toledo, G., Órdenes, F., y Vásquez, A. 2001. Ecología urbana y gestión ambiental sustentable de las ciudades intermedias chilenas. Ambiente y Desarrollo, 45: 251-263.
- Rosa H. 2000. El clima de La Rioja. En Catálogo de recursos humanos e informacion relacionada con la temática ambiental en la región andina argentina. Capítulo 16.
- Rozzi, R., Massardo, F., Silander Jr, J., Dollenz, O., Connolly, B., Anderson, C., Turne, N. 2003. Árboles nativos y exóticos en las plazas de magallanes. Anales Instituto Patagonia, Chile, 31: 27-42.
- Santamour, FS. 1990. Trees for urban planting: diversity, uniformity, and common sense. Agricultural Research Service, Washington D.C.

- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica Perspectiva de las ciudades y la diversidad biológica – Resumen Ejecutivo. 2012. Montreal.
- Seoane FA. y Evans, JM. 2001. Beneficios del arbolado urbano. Evaluación del balance entre secuestro, demanda energética y otros impactos. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, 5: 7-11. ISSN 0329-5184.
- Sosa-López, A., Molina-Pelegrín, Y., Puig-Pérez, A., Riquenes-Valdés, E. 2011. Diagnóstico de la situación del arbolado urbano en la ciudad de Guisa. Revista Forestal Baracoa, 30 (1): 73-78.
- Stabler, L., Martin, C., Brazel, J. 2005. Microclimates in a desert city were related to land use and vegetation index. Urban Forestry and Urban Greening, 3 (3,4): 137-141.
- Szumacher, I. y Malinowska, E. 2013. Servicios Ecosistémicos Urbanos Según El Modelo de Varsovia. Revista del CESLA, 16: 81-108.
- Teillier, S. 2008. Plantas de Chile en parques u jardines del mundo. Chloris Chilensis, 11 (2): URL: <http://www.chlorischile.cl>. Consultados el 28 de mayo de 2018.
- Tella, G., Potocko, A. 2013. Espacios verdes públicos: una delicada articulación. Revista Mercado y Empresa para Servicios Públicos, 55: 40-56.
- Terrazas, T., Cortés, M. Segura, S., Torres, B., Olalde, I., Villasana, L., Tapia, J. 1999. La vegetación urbana del campus universitario y la polémica del eucalipto. Programa de Mejoramiento de las Áreas Verdes del Campus Universitario. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F.
- Tzoulas, K., Kalevi, K., Stephen, V., Vesa, Y., Aleksandra, JN., Philip, J. 2007. Promoting ecosystem and human health in urban areas using green infrastructure: A literature review. Landscape and Urban Planning.

- Valdéz, P. y Foulkes, MD. 2016. La infraestructura verde y su papel en el desarrollo regional aplicación a los ejes recreativos y culturales de resistencia y su área metropolitana Cuaderno Urbano. Espacio, cultura, sociedad [en línea] 2016, 20 (Junio-Sin mes) : [Fecha de consulta: 28 de septiembre de 2017] Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=369246715003> ISSN 1666-6186
- Velasco-Bautista, E., Cortés Barrera, EN., González Hernández, A., Moreno Sánchez, F., Benavides Meza, HM. 2013. Diagnóstico y caracterización del arbolado del bosque de San Juan de Aragón, Revista mexicana de ciencias forestales, 4 (19): 102-111.
- Violle, C., Navas, M., Vile, D., Kazakou, E., Fortunel, C., Hummel, I., Garnier, E. 2007. Let the concept of trait be functional. Oikos. 116 (5): 882-892.
- Wark, K., y Warner, F. 2001. Contaminación del aire origen y control. Editorial LIMUSA.
- Zamudio Castillo, E. 2001. Análisis del comportamiento del arbolado urbano público durante el período de 1995 a 1999 en la ciudad de Linares, Nuevo León Linares, Nuevo León.

Anexo 1. Estadísticas descriptivas de las especies arbóreas encontradas en el macrocentro de la ciudad de La Rioja en el censo de 2016

Especie	Abundancia	FR	Porcentaje
Moras	909	0.3018	30.18
Ficus	445	0.1477	14.77
Lapachos	430	0.1428	14.28
Fresno	233	0.0774	7.74
Brachichito	181	0.0601	6.01
Pindo Palmera	141	0.0468	4.68
Naranjo Amargo	111	0.0369	3.69
Tevetia	107	0.0355	3.55
Jacaranda	83	0.0276	2.76
Paraisos	50	0.0166	1.66
Chivato	49	0.0163	1.63
Desconocida	31	0.0103	1.03
Gravilea	27	0.0090	0.90
Palo Borracho	20	0.0066	0.66
Crespones	20	0.0066	0.66
Algarrobo Blanco	15	0.0050	0.50
Pezuña de Vaca	15	0.0050	0.50
Tipa Blanca	13	0.0043	0.43
Tipa Colorada	12	0.0040	0.40
Ligustro Verde	11	0.0037	0.37
Visco	11	0.0037	0.37

Anexo 1. (Continuación). Estadísticas descriptivas de las especies arbóreas encontradas en el macrocentro de la ciudad de La Rioja en el censo de 2016

Especie	Abundancia	FR	Porcentaje
Alamo	10	0.0033	0.33
Laurel de Jardin	9	0.0030	0.30
Ibira Pita	8	0.0027	0.27
Platano	7	0.0023	0.23
Limpia Tubo	6	0.0020	0.20
Gomero	6	0.0020	0.20
Cipres	5	0.0017	0.17
Euforbia Sanguinea	4	0.0013	0.13
Whashingtonia	4	0.0013	0.13
Olivos	4	0.0013	0.13
Ceibo	3	0.0010	0.10
Ligustro Aurea	3	0.0010	0.10
Olmos	2	0.0007	0.07
Rosa China	2	0.0007	0.07
Sauce	2	0.0007	0.07
Algarrobo Europeo	2	0.0007	0.07
Prunus Prisardi	2	0.0007	0.07
Quebracho Blanco	2	0.0007	0.07
Roble	2	0.0007	0.07
Terevinto	1	0.0003	0.03

Viña	1	0.0003	0.03
------	---	--------	------

Anexo 1. (Continuación) Estadísticas descriptivas de las especies arbóreas encontradas en el macrocentro de la ciudad de La Rioja en el censo de 2016

Especie	Abundancia	FR	Porcentaje
Cabuarina	1	0.0003	0.03
Gomero pata elefante	1	0.0003	0.03
Guaron amarillo	1	0.0003	0.03
Acacia	1	0.0003	0.03
Alamo nlateado	1	0.0003	0.03
Algarrobo Negro	1	0.0003	0.03
Heliotropo	1	0.0003	0.03
Liquidambar	1	0.0003	0.03
Mandarina	1	0.0003	0.03
Mora turca	1	0.0003	0.03
Jazmin de agua	1	0.0003	0.03
Lapacho amarillo	1	0.0003	0.03
Leucaena	1	0.0003	0.03

Anexo 2. Número de árboles por cuadra en el macrocentro de la ciudad de La Rioja en el censo de 2016

Calles	Numeración	Número de árboles
25 de Mayo-Buenos Aires	-4	27
25 de Mayo-Buenos Aires	-3	14
25 de Mayo-Buenos Aires	-2	8
25 de Mayo-Buenos Aires	-1	17
25 de Mayo-Buenos Aires	1	5
25 de Mayo-Buenos Aires	2	25
25 de Mayo-Buenos Aires	3	17
25 de Mayo-Buenos Aires	4	34
25 de Mayo-Buenos Aires	5	29
8 de Diciembre	0	20
8 de Diciembre	1	35
8 de Diciembre	2	28
Av. Juan D. Perón	3	19
Av. Juan D. Perón	4	23
Av. Juan D. Perón	5	15
Av. Juan D. Perón	6	9
Av. Juan D. Perón	7	13
Av. Juan D. Perón	8	28
Av. Juan D. Perón	9	15
Av. Juan D. Perón	10	10
Av. Juan D. Perón	11	13

Anexo 2. (Continuación) Número de árboles por cuadra en el macrocentro de la ciudad de La Rioja en el censo de 2016

Calles	Numeración	Número de árboles
Av. Juan D. Perón	12	8
Av. Gdor. Gordillo	0	27
Av. Gdor. Gordillo	1	16
Av. Gdor. Gordillo	2	25
Av. Gdor. Gordillo	3	9
Av. Rivadavia	0	12
Av. Rivadavia	1	42
Av. Rivadavia	2	22
Av. Rivadavia	3	17
Av. Rivadavia	4	12
Av. Rivadavia	5	14
Av. Rivadavia	6	7
Av. Rivadavia	7	16
Av. Rivadavia	8	8
Av. Rivadavia	9	12
Avellaneda-Güemes	-3	19
Avellaneda-Güemes	-2	31
Avellaneda-Güemes	-1	25
Avellaneda-Güemes	0	32
Avellaneda-Güemes	1	13
Avellaneda-Güemes	2	31

Anexo 2. (Continuación) Número de árboles por cuadra en el macrocentro de la ciudad de La Rioja en el censo de 2016

Calles	Numeración	Número de árboles
Avellaneda-Güemes	3	29
Belgrano-San Martin	-4	21
Belgrano-San Martin	-3	18
Belgrano-San Martin	-2	26
Belgrano-San Martin	-1	7
Belgrano-San Martin	0	2
Belgrano-San Martin	1	3
Belgrano-San Martin	2	22
Belgrano-San Martin	3	17
Belgrano-San Martin	4	34
Belgrano-San Martin	5	31
Catamarca-H. Yrigoyen	-4	10
Catamarca-H. Yrigoyen	-3	19
Catamarca-H. Yrigoyen	-2	16
Catamarca-H. Yrigoyen	-1	20
Catamarca-H. Yrigoyen	0	35
Catamarca-H. Yrigoyen	1	12
Catamarca-H. Yrigoyen	2	14
Catamarca-H. Yrigoyen	3	19
Catamarca-H. Yrigoyen	4	24
Catamarca-H. Yrigoyen	5	39

Anexo 2. (Continuación) Número de árboles por cuadra en el macrocentro de la ciudad de La Rioja en el censo de 2016

Calles	Numeración	Número de árboles
Catamarca-H. Yrigoyen	6	29
Corrientes	3	8
Corrientes	4	11
Corrientes	5	26
Corrientes	6	17
Corrientes	7	14
Corrientes	8	29
Corrientes	9	19
Vélez Sarsfield	0	15
Vélez Sarsfield	1	25
Vélez Sarsfield	2	22
Vélez Sarsfield	3	13
Vélez Sarsfield	4	19
Vélez Sarsfield	5	21
Vélez Sarsfield	6	20
Vélez Sarsfield	7	15
Vélez Sarsfield	8	10
Vélez Sarsfield	9	9
B. Jaramillo-Dorrego	-3	27
B. Jaramillo-Dorrego	-2	31
B. Jaramillo-Dorrego	-1	23

Anexo 2. (Continuación) Número de árboles por cuadra en el macrocentro de la ciudad de La Rioja en el censo de 2016

Calles	Numeración	Número de árboles
B. Jaramillo-Dorrego	0	53
B. Jaramillo-Dorrego	1	20
B. Jaramillo-Dorrego	2	36
Joaquín V. Gonzalez-9 de Julio	-4	22
Joaquín V. Gonzalez-9 de Julio	-3	14
Joaquín V. Gonzalez-9 de Julio	-2	13
Joaquín V. Gonzalez-9 de Julio	-1	10
Joaquín V. Gonzalez-9 de Julio	1	9
Joaquín V. Gonzalez-9 de Julio	2	20
Joaquín V. Gonzalez-9 de Julio	3	12
Joaquín V. Gonzalez-9 de Julio	4	33
Joaquín V. Gonzalez-9 de Julio	5	23
Joaquín V. Gonzalez-9 de Julio	6	1
Jujuy-Copiapó	-2	33
Jujuy-Copiapó	-1	28
Jujuy-Copiapó	0	45
Jujuy-Copiapó	1	13
Jujuy-Copiapó	2	27
Jujuy-Copiapó	3	17
Jujuy-Copiapó	4	19
Jujuy-Copiapó	5	32

Anexo 2. (Continuación) Número de árboles por cuadra en el macrocentro de la ciudad de La Rioja en el censo de 2016

Calles	Numeración	Número de árboles
Jujuy-Copiapó	6	22
Jujuy-Copiapó	7	11
Lamadrid-Adolfo E. Dávila	-4	19
Lamadrid-Adolfo E. Dávila	-3	15
Lamadrid-Adolfo E. Dávila	-2	18
Lamadrid-Adolfo E. Dávila	-1	9
Lamadrid-Adolfo E. Dávila	0	39
Lamadrid-Adolfo E. Dávila	1	20
Lamadrid-Adolfo E. Dávila	2	32
Lamadrid-Adolfo E. Dávila	3	23
Lamadrid-Adolfo E. Dávila	4	21
Lamadrid-Adolfo E. Dávila	5	18
Pelagio B. Luna	0	10
Pelagio B. Luna	1	10
Pelagio B. Luna	2	15
Pelagio B. Luna	3	7
Pelagio B. Luna	8	12
Pelagio B. Luna	9	11
San Nicolas De Bari	0	11
San Nicolas De Bari	1	8
San Nicolas De Bari	2	15

Anexo 2. (Continuación) Número de árboles por cuadra en el macrocentro de la ciudad de La Rioja en el censo de 2016

Calles	Numeración	Número de árboles
San Nicolas De Bari	3	7
San Nicolas De Bari	4	1
San Nicolas De Bari	5	1
San Nicolas De Bari	6	6
San Nicolas De Bari	7	7
San Nicolas De Bari	8	11
San Nicolas De Bari	9	29
Santa Fe	1	17
Santa Fe	2	16
Santa Fe	3	15
Santa Fe	4	15
Santa Fe	5	20
Santa Fe	6	11
Santa Fe	7	15
Santa Fe	8	14
Santa Fe	9	14
Santa Fe	10	15
Santiago Del Estero-Benjamín De La Vega	-4	25
Santiago Del Estero-Benjamín De La Vega	-3	18

Santiago Del Estero-Benjamín	-2	22
De La Vega		
Santiago Del Estero-Benjamín	-1	8
De La Vega		

Anexo 2. (Continuación) Número de árboles por cuadra en el macrocentro de la ciudad de La Rioja en el censo de 2016

Calles	Numeración	Número de árboles
Santiago Del Estero-Benjamín	0	46
De La Vega		
Santiago Del Estero-Benjamín	1	20
De La Vega		
Santiago Del Estero-Benjamín	2	26
De La Vega		
Santiago Del Estero-Benjamín	3	19
De La Vega		
Santiago Del Estero-Benjamín	4	22
De La Vega		
Urquiza	2	29
Urquiza	3	13
Urquiza	4	11
Urquiza	5	20
Urquiza	6	21
Urquiza	7	24
Urquiza	8	11
Urquiza	9	14

Anexo 3. Índices de diversidad de especies arbóreas por cuadra en el macrocentro de la ciudad de La Rioja en el censo 2016

Calle	Numeración	Riqueza	Shannon	Simpson
25 de Mayo -Buenos Aires	-4.00	6	1.42	0.26
25 de Mayo -Buenos Aires	-3.00	3	0.83	0.46
25 de Mayo -Buenos Aires	-2.00	3	0.74	0.54
25 de Mayo -Buenos Aires	-1.00	3	0.87	0.42
25 de Mayo -Buenos Aires	1.00	4	1.33	0.10
25 de Mayo -Buenos Aires	2.00	8	1.82	0.16
25 de Mayo -Buenos Aires	3.00	10	2.20	0.07
25 de Mayo -Buenos Aires	4.00	8	1.81	0.17
25 de Mayo -Buenos Aires	5.00	9	1.85	0.18
8 de Diciembre	0.00	8	1.96	0.11
8 de Diciembre	1.00	11	2.19	0.10
8 de Diciembre	2.00	6	1.24	0.35
Av. Juan D. Perón	3.00	8	1.94	0.12
Av. Juan D. Perón	4.00	7	1.63	0.21

Av. Juan D. Perón	5.00	7	1.80	0.13
Av. Juan D. Perón	6.00	6	1.74	0.08
Av. Juan D. Perón	7.00	6	1.71	0.13
Av. Juan D. Perón	8.00	12	2.17	0.11
Av. Juan D. Perón	9.00	6	1.62	0.17
Av. Juan D. Perón	10.00	7	1.89	0.07
Av. Juan D. Perón	11.00	6	1.41	0.28

Anexo 3. (C0ntinuación) Índices de diversidad de especies arbóreas por cuadra en el macrocentro de la ciudad de La Rioja en el censo 2016

Calle	Numeración	Riqueza	Shannon	Simpson
Av. Juan D. Perón	12.00	6	1.67	0.11
Av. Gdor. Gordillo	0.00	11	2.17	0.10
Av. Gdor. Gordillo	1.00	9	2.13	0.07
Av. Gdor. Gordillo	2.00	7	1.65	0.19
Av. Gdor. Gordillo	3.00	3	1.06	0.28
Av. Rivadavia	0.00	4	1.24	0.26
Av. Rivadavia	1.00	11	2.20	0.11
Av. Rivadavia	2.00	9	1.59	0.30
Av. Rivadavia	3.00	5	1.30	0.29
Av. Rivadavia	4.00	5	1.42	0.21
Av. Rivadavia	5.00	5	1.38	0.24
Av. Rivadavia	6.00	3	0.96	0.33
Av. Rivadavia	7.00	4	0.69	0.65
Av. Rivadavia	8.00	4	1.07	0.36

Av. Rivadavia	9.00	5	1.45	0.20
Avellaneda-Güemes	-3.00	7	1.78	0.15
Avellaneda-Güemes	-2.00	9	2.02	0.12
Avellaneda-Güemes	-1.00	7	1.52	0.25
Avellaneda-Güemes	0.00	8	1.83	0.16
Avellaneda-Güemes	1.00	7	1.82	0.12
Avellaneda-Güemes	2.00	9	1.74	0.23

Anexo 3. (Continuación) Índices de diversidad de especies arbóreas por cuadra en el macrocentro de la ciudad de La Rioja en el censo 2016

Calle	Numeración	Riqueza	Shannon	Simpson
Avellaneda-Güemes	3.00	7	1.38	0.35
Belgrano-San Martin	-4.00	8	1.77	0.18
Belgrano-San Martin	-3.00	6	1.67	0.16
Belgrano-San Martin	-2.00	6	1.51	0.24
Belgrano-San Martin	-1.00	2	0.60	0.52
Belgrano-San Martin	0.00	2	0.69	0.00
Belgrano-San Martin	1.00	2	0.64	0.33
Belgrano-San Martin	2.00	6	1.43	0.28
Belgrano-San Martin	3.00	6	1.61	0.18
Belgrano-San Martin	4.00	12	2.25	0.10
Belgrano-San Martin	5.00	13	2.44	0.07
Catamarca- H. Yrigoyen	-4.00	8	2.03	0.04
Catamarca- H. Yrigoyen	-3.00	7	1.77	0.15
Catamarca- H. Yrigoyen	-2.00	7	1.75	0.15

Catamarca- H. Yrigoyen	-1.00	5	1.24	0.32
Catamarca- H. Yrigoyen	0.00	6	1.57	0.21
Catamarca- H. Yrigoyen	1.00	6	1.70	0.12
Catamarca- H. Yrigoyen	2.00	7	1.73	0.15
Catamarca- H. Yrigoyen	3.00	10	2.19	0.08
Catamarca- H. Yrigoyen	4.00	7	1.70	0.18
Catamarca- H. Yrigoyen	5.00	6	1.38	0.30

Anexo 3. (Continuación) Índices de diversidad de especies arbóreas por cuadra en el macrocentro de la ciudad de La Rioja en el censo 2016

Calle	Numeración	Riqueza	Shannon	Simpson
Catamarca- H. Yrigoyen	6.00	6	1.49	0.24
Corrientes	3.00	5	1.49	0.14
Corrientes	4.00	4	1.29	0.24
Corrientes	5.00	6	1.58	0.19
Corrientes	6.00	8	1.89	0.13
Corrientes	7.00	5	0.99	0.49
Corrientes	8.00	6	1.55	0.21
Corrientes	9.00	4	0.73	0.62
Vélez Sarsfield	0.00	7	1.84	0.11
Vélez Sarsfield	1.00	6	1.39	0.30
Vélez Sarsfield	2.00	9	1.94	0.14
Vélez Sarsfield	3.00	2	0.27	0.85
Vélez Sarsfield	4.00	8	1.91	0.12
Vélez Sarsfield	5.00	7	1.65	0.20

Vélez Sarsfield	6.00	9	1.96	0.13
Vélez Sarsfield	7.00	6	1.54	0.20
Vélez Sarsfield	8.00	5	1.47	0.18
Vélez Sarsfield	9.00	4	1.00	0.42
B. Jaramillo-Dorrego	-3.00	11	2.15	0.11
B. Jaramillo-Dorrego	-2.00	10	2.07	0.12
B. Jaramillo-Dorrego	-1.00	6	1.49	0.25

Anexo 3. (Continuación) Índices de diversidad de especies arbóreas por cuadra en el macrocentro de la ciudad de La Rioja en el censo 2016

Calle	Numeración	Riqueza	Shannon	Simpson
B. Jaramillo-Dorrego	0.00	13	1.80	0.27
B. Jaramillo-Dorrego	1.00	9	2.06	0.10
B. Jaramillo-Dorrego	2.00	12	2.25	0.11
Jujuy-Copiapó	-1.00	10	2.08	0.12
Jujuy-Copiapó	0.00	11	1.75	0.22
Jujuy-Copiapó	1.00	6	1.48	0.23
Jujuy-Copiapó	2.00	7	1.45	0.28
Jujuy-Copiapó	3.00	6	1.73	0.14
Jujuy-Copiapó	4.00	6	1.56	0.20
Jujuy-Copiapó	5.00	6	1.51	0.25
Jujuy-Copiapó	6.00	7	1.64	0.21
Jujuy-Copiapó	7.00	7	1.85	0.09
Joaquín V. Gonzalez-9 de Julio	-4.00	7	1.68	0.20

Joaquín V. Gonzalez-9 de Julio	-3.00	5	1.47	0.20
Joaquín V. Gonzalez-9 de Julio	-2.00	4	0.94	0.47
Joaquín V. Gonzalez-9 de Julio	-1.00	3	0.94	0.36
Joaquín V. Gonzalez-9 de Julio	1.00	4	1.15	0.31
Joaquín V. Gonzalez-9 de Julio	2.00	4	1.17	0.31
Joaquín V. Gonzalez-9 de Julio	3.00	5	1.42	0.21
Joaquín V. Gonzalez-9 de Julio	4.00	10	1.85	0.21
Joaquín V. Gonzalez-9 de Julio	5.00	7	1.69	0.21

Anexo 3. (Continuación) Índices de diversidad de especies arbóreas por cuadra en el macrocentro de la ciudad de La Rioja en el censo 2016

Calle	Numeración	Riqueza	Shannon	Simpson
Joaquín V. Gonzalez-9 de Julio	6.00	1	0.00	
Lamadrid-A. E. Dávila	-4.00	6	1.47	0.24
Lamadrid-A. E. Dávila	-3.00	7	1.81	0.12
Lamadrid-A. E. Dávila	-2.00	9	1.96	0.13
Lamadrid-A. E. Dávila	-1.00	1	0.00	1.00
Lamadrid-A. E. Dávila	0.00	6	1.17	0.43

Lamadrid-A. E. Dávila	1.00	6	1.60	0.19
Lamadrid-A. E. Dávila	2.00	10	1.91	0.17
Lamadrid-A. E. Dávila	3.00	5	1.60	0.17
Lamadrid-A. E. Dávila	4.00	5	1.07	0.42
Lamadrid-A. E. Dávila	5.00	6	1.63	0.17
Pelagio B. Luna	0.00	4	1.17	0.29
Pelagio B. Luna	1.00	3	0.64	0.62
Pelagio B. Luna	2.00	7	1.68	0.18
Pelagio B. Luna	3.00	3	0.96	0.33
Pelagio B. Luna	8.00	5	1.42	0.21
Pelagio B. Luna	9.00	7	1.67	0.18
Santiago Del Estero- Benjamín De La Vega	-4.00	10	1.89	0.18
Santiago Del Estero- Benjamín De La Vega	-3.00	5	1.37	0.26
Santiago Del Estero- Benjamín De La Vega	-2.00	7	1.46	0.31
Santiago Del Estero- Benjamín De La Vega	-1.00	2	0.38	0.75

Anexo 3. (Continuación) Índices de diversidad de especies arbóreas por cuadra en el macrocentro de la ciudad de La Rioja en el censo 2016

Calle	Numeración	Riqueza	Shannon	Simpson
Santiago Del Estero- Benjamín De La Vega	0.00	11	2.00	0.15

Santiago Del Estero- Benjamín De La Vega	1.00	8	1.90	0.13
Santiago Del Estero- Benjamín De La Vega	2.00	9	1.66	0.26
Santiago Del Estero- Benjamín De La Vega	3.00	8	1.59	0.27
Santiago Del Estero- Benjamín De La Vega	4.00	6	1.39	0.29
San Nicolas De Bari	0.00	4	1.16	0.29
San Nicolas De Bari	1.00	5	1.49	0.14
San Nicolas De Bari	2.00	4	1.08	0.38
San Nicolas De Bari	3.00	3	0.96	0.33
San Nicolas De Bari	4.00	1	0.00	
San Nicolas De Bari	5.00	1	0.00	
San Nicolas De Bari	6.00	3	1.01	0.27
San Nicolas De Bari	7.00	5	1.55	0.10
San Nicolas De Bari	8.00	3	1.04	0.31
San Nicolas De Bari	9.00	9	2.04	0.11
Santa Fe	1.00	6	1.63	0.17
Santa Fe	2.00	6	1.12	0.46
Santa Fe	3.00	5	1.08	0.44
Santa Fe	4.00	4	1.21	0.29
Santa Fe	5.00	5	1.16	0.38
Santa Fe	6.00	4	1.12	0.33

Anexo 3. (Continuación) Índices de diversidad de especies arbóreas por cuadra en el macrocentro de la ciudad de La Rioja en el censo 2016

Calle	Numeración	Riqueza	Shannon	Simpson
Santa Fe	7.00	5	1.08	0.44
Santa Fe	8.00	5	1.47	0.20
Santa Fe	9.00	5	1.44	0.22
Santa Fe	10.00	4	0.86	0.53
Urquiza	2.00	8	1.83	0.17
Urquiza	3.00	6	1.41	0.28
Urquiza	4.00	4	1.34	0.20
Urquiza	5.00	7	1.80	0.14
Urquiza	6.00	6	1.55	0.20
Urquiza	7.00	14	2.43	0.07
Urquiza	8.00	3	1.04	0.31
Urquiza	9.00	5	1.33	0.27

Anexo 4. (Continuación) Media ponderada de la comunidad para la frecuencia del rasgo fenología foliar y para origen de la especie por cuadra en el arbolado urbano del macrocentro de la ciudad de La Rioja en el censo de 2016

Calles	Numeración	Caducifolias	Nativas
25 de Mayo-Buenos Aires	1	0.60	0.00
25 de Mayo-Buenos Aires	2	0.67	0.38
25 de Mayo-Buenos Aires	3	0.82	0.24
25 de Mayo-Buenos Aires	4	0.55	0.36
25 de Mayo-Buenos Aires	5	0.86	0.25
25 de Mayo-Buenos Aires	-1	0.59	0.59
25 de Mayo-Buenos Aires	-2	1.00	0.25
25 de Mayo-Buenos Aires	-3	0.71	0.07
25 de Mayo-Buenos Aires	-4	0.89	0.26
8 de Diciembre	0	0.55	0.30
8 de Diciembre	1	0.66	0.26
8 de Diciembre	2	0.93	0.32
Av. Juan D. Perón	3	0.95	0.42
Av. Juan D. Perón	4	0.87	0.48
Av. Juan D. Perón	5	0.73	0.60
Av. Juan D. Perón	6	0.89	0.67
Av. Juan D. Perón	7	0.69	0.46
Av. Juan D. Perón	8	0.93	0.41
Av. Juan D. Perón	9	0.73	0.67

Av. Juan D. Perón	10	0.60	0.40
-------------------	----	------	------

Anexo 4. (Continuación) Media ponderada de la comunidad para la frecuencia del rasgo fenología foliar y para origen de la especie por cuadra en el arbolado urbano del macrocentro de la ciudad de La Rioja en el censo de 2016

Calles	Numeración	Caducifolias	Nativas
Av. Juan D. Perón	11	0.91	0.73
Av. Juan D. Perón	12	0.43	0.43
Av. Gdor. Gordillo	0	0.58	0.42
Av. Gdor. Gordillo	1	0.67	0.20
Av. Gdor. Gordillo	2	0.84	0.36
Av. Gdor. Gordillo	3	0.78	0.56
Av. Rivadavia	0	0.50	0.42
Av. Rivadavia	1	0.85	0.55
Av. Rivadavia	2	0.77	0.73
Av. Rivadavia	3	0.71	0.53
Av. Rivadavia	4	0.75	0.67
Av. Rivadavia	5	0.79	0.64
Av. Rivadavia	6	0.43	0.29
Av. Rivadavia	7	0.94	0.88
Av. Rivadavia	8	0.88	0.13
Av. Rivadavia	9	0.67	0.58
Avellaneda-Güemes	0	0.72	0.31
Avellaneda-Güemes	1	0.62	0.31

Avellaneda-Güemes	2	0.75	0.07
Avellaneda-Güemes	3	0.93	0.14

Anexo 4. (Continuación) Media ponderada de la comunidad para la frecuencia del rasgo fenología foliar y para origen de la especie por cuadra en el arbolado urbano del macrocentro de la ciudad de La Rioja en el censo de 2016

Calles	Numeración	Caducifolias	Nativas
Avellaneda-Güemes	-1	0.52	0.04
Avellaneda-Güemes	-2	0.81	0.39
Avellaneda-Güemes	-3	0.58	0.63
Belgrano-San Martin	0	0.50	0.00
Belgrano-San Martin	1	0.00	0.00
Belgrano-San Martin	2	0.77	0.09
Belgrano-San Martin	3	0.82	0.41
Belgrano-San Martin	4	0.79	0.39
Belgrano-San Martin	5	0.68	0.26
Belgrano-San Martin	-1	1.00	0.29
Belgrano-San Martin	-2	0.62	0.08
Belgrano-San Martin	-3	0.61	0.11
Belgrano-San Martin	-4	0.76	0.14
Catamarca- H. Yrigoyen	0	0.57	0.29
Catamarca- H. Yrigoyen	1	0.58	0.58
Catamarca- H. Yrigoyen	2	0.86	0.29
Catamarca- H. Yrigoyen	3	0.63	0.42

Catamarca- H. Yrigoyen	4	0.54	0.25
Catamarca- H. Yrigoyen	5	0.62	0.10
Catamarca- H. Yrigoyen	6	0.69	0.38

Anexo 4. (Continuación) Media ponderada de la comunidad para la frecuencia del rasgo fenología foliar y para origen de la especie por cuadra en el arbolado urbano del macrocentro de la ciudad de La Rioja en el censo de 2016

Calles	Numeración	Caducifolias	Nativas
Catamarca- H. Yrigoyen	-1	0.70	0.15
Catamarca- H. Yrigoyen	-2	0.60	0.47
Catamarca- H. Yrigoyen	-3	0.68	0.11
Catamarca- H. Yrigoyen	-4	0.90	0.30
Corrientes	3	0.25	0.38
Corrientes	4	0.64	0.18
Corrientes	5	0.85	0.31
Corrientes	6	0.65	0.29
Corrientes	7	0.86	0.07
Corrientes	8	0.62	0.00
Corrientes	9	1.00	0.21
Vélez Sarsfield	0	0.80	0.33
Vélez Sarsfield	1	0.76	0.04
Vélez Sarsfield	2	0.67	0.24
Vélez Sarsfield	3	1.00	0.00
Vélez Sarsfield	4	0.83	0.44

Vélez Sarsfield	5	0.33	0.48
Vélez Sarsfield	6	0.60	0.20
Vélez Sarsfield	7	0.87	0.00
Vélez Sarsfield	8	0.90	0.10

Anexo 4. (Continuación) Media ponderada de la comunidad para la frecuencia del rasgo fenología foliar y para origen de la especie por cuadra en el arbolado urbano del macrocentro de la ciudad de La Rioja en el censo de 2016

Calles	Numeración	Caducifolias	Nativas
Vélez Sarsfield	9	0.89	0.11
B. Jaramillo-Dorrego	0	0.73	0.12
B. Jaramillo-Dorrego	1	0.70	0.35
B. Jaramillo-Dorrego	2	0.83	0.54
B. Jaramillo-Dorrego	-1	0.83	0.35
B. Jaramillo-Dorrego	-2	0.77	0.40
B. Jaramillo-Dorrego	-3	0.81	0.23
Joaquín V. Gonzalez-9 de Julio	1	0.44	0.11
Joaquín V. Gonzalez-9 de Julio	2	0.55	0.15
Joaquín V. Gonzalez-9 de Julio	3	0.50	0.42
Joaquín V. Gonzalez-9 de Julio	4	0.52	0.18
Joaquín V. Gonzalez-9 de Julio	5	0.83	0.22
Joaquín V. Gonzalez-9 de Julio	6	1.00	0.00
Joaquín V. Gonzalez-9 de Julio	-1	0.90	0.90
Joaquín V. Gonzalez-9 de Julio	-2	0.85	0.00

Joaquín V. Gonzalez-9 de Julio	-3	0.93	0.14
Joaquín V. Gonzalez-9 de Julio	-4	0.77	0.50
Jujuy-Copiapó	0	0.56	0.11
Jujuy-Copiapó	1	0.69	0.46
Jujuy-Copiapó	2	0.67	0.48

Anexo 4. (Continuación) Media ponderada de la comunidad para la frecuencia del rasgo fenología foliar y para origen de la especie por cuadra en el arbolado urbano del macrocentro de la ciudad de La Rioja en el censo de 2016

Calles	Numeración	Caducifolias	Nativas
Jujuy-Copiapó	3	0.65	0.12
Jujuy-Copiapó	4	0.84	0.05
Jujuy-Copiapó	5	0.78	0.16
Jujuy-Copiapó	6	0.86	0.45
Jujuy-Copiapó	7	0.90	0.30
Jujuy-Copiapó	-1	0.61	0.18
Jujuy-Copiapó	-2	0.97	0.39
Lamadrid-Adolfo E. Dávila	0	0.79	0.11
Lamadrid-Adolfo E. Dávila	1	0.80	0.40
Lamadrid-Adolfo E. Dávila	2	0.44	0.09
Lamadrid-Adolfo E. Dávila	3	0.43	0.39
Lamadrid-Adolfo E. Dávila	4	0.90	0.24
Lamadrid-Adolfo E. Dávila	5	0.50	0.28
Lamadrid-Adolfo E. Dávila	-1	1.00	0.00

Lamadrid-Adolfo E. Dávila	-2	0.61	0.56
Lamadrid-Adolfo E. Dávila	-3	0.43	0.50
Lamadrid-Adolfo E. Dávila	-4	0.58	0.16
Pelagio B. Luna	0	0.67	0.56
Pelagio B. Luna	1	1.00	0.11
Pelagio B. Luna	2	0.36	0.07

Anexo 4. (Continuación) Media ponderada de la comunidad para la frecuencia del rasgo fenología foliar y para origen de la especie por cuadra en el arbolado urbano del macrocentro de la ciudad de La Rioja en el censo de 2016

Calles	Numeración	Caducifolias	Nativas
Pelagio B. Luna	3	1.00	0.14
Pelagio B. Luna	8	0.92	0.25
Pelagio B. Luna	9	0.90	0.20
San Nicolas De Bari	0	0.60	0.00
San Nicolas De Bari	1	1.00	0.00
San Nicolas De Bari	2	0.87	0.07
San Nicolas De Bari	3	0.00	0.33
San Nicolas De Bari	4	0.00	0.00
San Nicolas De Bari	5	1.00	1.00
San Nicolas De Bari	6	0.50	0.17
San Nicolas De Bari	7	0.57	0.57
San Nicolas De Bari	8	1.00	0.00
San Nicolas De Bari	9	0.62	0.28

Santa Fe	1	0.76	0.29
Santa Fe	2	0.88	0.13
Santa Fe	3	1.00	0.00
Santa Fe	4	0.53	0.07
Santa Fe	5	1.00	0.05
Santa Fe	6	0.73	0.09
Santa Fe	7	0.93	0.07

Anexo 4. (Continuación) Media ponderada de la comunidad para la frecuencia del rasgo fenología foliar y para origen de la especie por cuadra en el arbolado urbano del macrocentro de la ciudad de La Rioja en el censo de 2016

Calles	Numeración	Caducifolias	Nativas
Santa Fe	8	1.00	0.42
Santa Fe	9	1.00	0.85
Santa Fe	10	1.00	0.21
Santiago Del Estero-Benjamín De La Vega	0	0.59	0.28
Santiago Del Estero-Benjamín De La Vega	1	0.55	0.45
Santiago Del Estero-Benjamín De La Vega	2	0.77	0.27
Santiago Del Estero-Benjamín De La Vega	3	0.84	0.26
Santiago Del Estero-Benjamín De La Vega	4	0.77	0.27

Santiago Del Estero-Benjamín De La Vega	-1	1.00	0.13
Santiago Del Estero-Benjamín De La Vega	-2	0.73	0.14
Santiago Del Estero-Benjamín De La Vega	-3	0.89	0.44
Santiago Del Estero-Benjamín De La Vega	-4	0.79	0.25
Urquiza	2	0.76	0.34
Urquiza	3	0.85	0.23
Urquiza	4	0.82	0.36
Urquiza	5	0.50	0.45
Urquiza	6	0.70	0.25
Urquiza	7	0.57	0.43
Urquiza	8	0.64	0.18
Urquiza	9	0.79	0.14

Anexo 5. Proyecto de Ordenanza Municipal para el Plan de Arbolado

PROYECTO DE ORDENANZA

**EL CONCEJO DELIBERANTE DE LA CIUDAD DE LA RIOJA
SANCIONA PARA LA MUNICIPALIDAD DE LA CAPITAL LA
SIGUIENTE**

O R D E N A N Z A

PLAN ARBOLADO

ARTÍCULO 1º.- Obligación de realizar cazuelas, plantar arbolados y conservarlos.-

Modificase el Artículo 3º de la Ordenanza N° 5.350/16 el que quedará redactado de la siguiente manera:

“Los frentistas de un predio baldío y/o edificado, con frente a la vía pública, están obligados a realizar las cazuelas y/o plantar árboles, acorde a los requisitos y condiciones establecidos en la presente Ordenanza, (5.350/16).

Los sujetos mencionados en el párrafo precedente, tendrán el carácter de custodios directos y responsables del cuidado y conservación de los árboles colocados frente a sus respectivos domicilios”.-

ARTÍCULO 2º.- Infracción.-

“Dispónese que en caso de incumplimiento, de realizar las cazuelas y/o plantar árboles, se procederá a intimarlo para que en un término no mayor a treinta (30) días corridos cumpla con la obligación impuesta en el artículo precedente. La no realización de los trabajos, transcurrido dicho plazo, dará lugar al labrado de la correspondiente acta de infracción, autorizando a la Municipalidad del Departamento Capital, a efectuar por sí la obra o contratar con un tercero la realización de los trabajos correspondientes, conforme a las normas de contratación aplicables, a cargo del propietario u otro obligado.

Si la obra fuera realizada por terceros, previa autorización de obra, o por la propia Municipalidad, se emitirá un Certificado de Deuda donde constaran los gastos para la realización del trabajo, el cual se girara a la Dirección General de Rentas para su cobro al propietario u otro obligado. Ello independientemente de la multa por incumplimiento de la obligación correspondiente”.

ARTÍCULO 3º.- Multas.-

“Dispónese que el incumplimiento por parte de los propietarios, poseedores a título de dueño u ocupantes frentistas de la obligación de realizar las cazuelas y plantar árboles, se sancionarán con multas de 100 a 250 UF.”.-

PLAN VEREDAS

ARTÍCULO 4º.- Modifíquese el punto III.4.5 del Capítulo III de la Ordenanza N° 1.784 (incorporado por Ordenanza 2.867/98 Modificado por Ordenanza 3.812/05) el que quedará redactado de la siguiente manera:

“En caso de Incumplimiento por parte del propietario u otro obligado de la presente Ordenanza, la autoridad de aplicación procederá a confeccionar un acta de Inspección, emplazando para que en un plazo no mayor a treinta (30) días corridos se de cumplimiento a la construcción y/o reparación de la vereda, conforme a los requisitos y exigencias prescriptos en la legislación referida.

La no realización de los trabajos transcurridos dicho término, dará lugar al labrado de la pertinente acta de infracción, siendo el propietario u obligado responsable del pago de la multa prevista en el Código de Faltas. Todo ello sin perjuicio de la autorización de la Municipalidad del Departamento Capital de efectuar por sí la obra o contratar con un tercero la realización de los trabajos correspondientes, a costa del propietario u otro obligado”.

ARTICULO 5º.- Cobro.-

Para dar cumplimiento a lo establecido en los Artículos precedentes, previa liquidación del área competente, la Dirección General de Rentas Municipal, deberá actuar conforme al procedimiento previsto para el “Cobro por Contribución por Mejoras”, estipulado en el Título II Capítulo I de la Ordenanza N° 4.987/12.-

ARTICULO 6º.- Facultase al Departamento Ejecutivo Municipal a reglamentar la presente norma.-

ARTICULO 7°.- Déjese sin efecto toda norma que se oponga a la disposición de la presente Ordenanza.

ARTICULO 8°.- Comuníquese, publíquese, insértese en el Registro Oficial Municipal y archívese.-