

Plan Árbol

Fases 2 & 3

Un Diagnóstico de la Diversidad y Funcionalidad
del Arbolado de Quito

COLEGIO DE ARQUITECTOS DEL ECUADOR

Pablo Moreira Viteri, Arq.
Presidente

ENTIDAD COLABORADORA DE PROYECTOS ECP

Felipe Corral, Arq.
Director Ejecutivo

COORDINACIÓN DEL PROYECTO

Paulina Cubillo B., MSc. Ing.

INVESTIGACIÓN

Sheika Aragundi León, PhD

ANÁLISIS DATOS

Paulina Cubillo B., MSc. Ing.

MAPAS

Karla Aguilera, Ing.

Plan Árbol

Fases 2 & 3

Un Diagnóstico de la Diversidad y Funcionalidad
del Arbolado de Quito

Cómo citar el contenido de este documento:

Aragundi, S., Cubillo, P., Aguilera, K., 2020. Un diagnóstico de la Diversidad y Funcionalidad del Arbolado Urbano de Quito. En: Moreira, P., Corral, F. (Eds.), Plan Árbol. Fases 2 & 3. Centro de Información Urbana de Quito, CIUQ. Quito, 75 pp.

Contenido

1. Antecedentes
2. Objetivos
3. Metodología
 - 3.1. Área de estudio
 - 3.2. Diagnóstico de la diversidad del arbolado
 - 3.3. Diagnóstico de la funcionalidad del arbolado
 - 3.4. Interacciones entre el arbolado y la acera
4. Resultados
 - 4.1. Diagnóstico de la Diversidad del arbolado para el universo de la muestra
 - 4.2. Diagnóstico de la funcionalidad del arbolado para el universo de la muestra
 - 4.3. Diagnóstico de la diversidad y funcionalidad del arbolado por zona piloto
 - 4.3.1. Zona La Delicia
 - 4.3.2. Zona La Kennedy
 - 4.3.3. Zona Bicentenario
 - 4.3.4. Zona Ñaquito
 - 4.3.5. Zona Portugal
 - 4.3.6. Zona La Floresta
 - 4.3.7. Zona Miraflores
 - 4.3.8. Zona San Blas
 - 4.3.9. Zona Rodrigo de Chávez
 - 4.3.10. Zona Teniente Hugo Ortiz
 - 4.3.11. Zona el Mayorista
 - 4.3.12. Zona Quitumbe
 - 4.3.13. Zona Nueva Aurora
 - 4.4. Análisis comparativo de la funcionalidad ambiental y ecológico entre las 13 zonas piloto
 - 4.5. Alometría y funcionalidad del arbolado
 - 4.6. Interacciones entre el arbolado y la acera
5. Discusión y propuesta de indicadores
6. Consideraciones finales
7. Referencias bibliográficas
8. Bibliotecas y centros digitales de información

1. Antecedentes

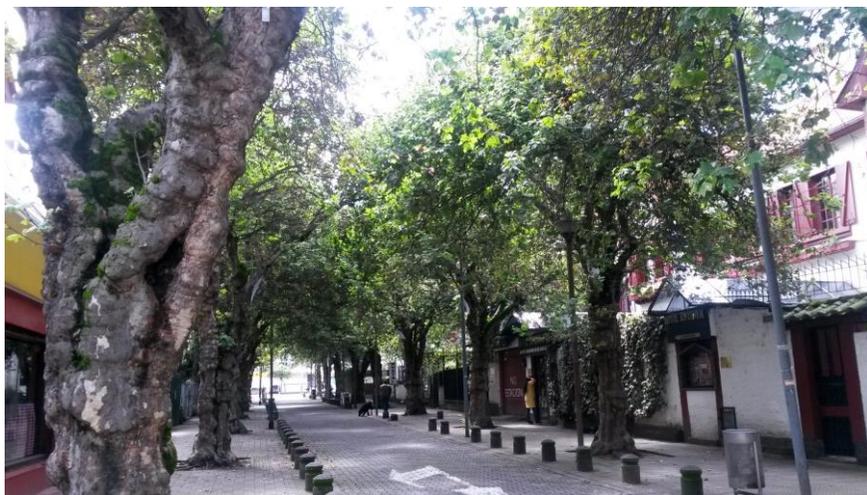
La influencia beneficiosa de los árboles en el bienestar del ser humano es reconocida desde la edad antigua, época en la que la humanidad comenzó a atribuirles un valor sagrado (Coupin, 1905; Tudge, 2006), un culto que prevalece hasta la actualidad (Newman, 2017). Aunque es difícil rastrear el origen histórico de la valoración ambiental de los árboles en las urbes, estudios recientes (Cf. Xing & Brimblecombe, 2019) atribuyen el primer reconocimiento del rol sistémico de los árboles en la ciudad a los avances científicos de Joseph Priestley y John Ingen-Housz, en la década de 1770, sobre el intercambio gaseoso que realizan las plantas con la atmosfera en el proceso de fotosíntesis (Ingen-Housz, 1779; Cf. Thorpe, 1906). A las investigaciones que resaltaban la función purificadora de los árboles a través de la captura de carbono y liberación de oxígeno, les siguieron otras que argumentaban sobre la capacidad del dosel del árbol para detener infecciones y emanaciones nocivas formando una barrera rompe flujo capaz de “absorber partículas tóxicas y generar oxígeno” (Rauch, 1869). Para mediados del siglo 19 algunas ciudades industrializadas de Europa incluían parques densamente arbolados considerados “los pulmones de la ciudad” (Xing & Brimblecombe, 2019). Esta metáfora luego trascendió a otras ciudades industrializadas del mundo en las que se integraron árboles a las plazas públicas como una medida de salud, ya que el rol purificador del aire se atribuía al dosel de estos (Xing & Brimblecombe, 2019).

Los crecientes niveles de urbanización en las últimas 5 décadas han mermado no solamente la calidad del aire, sino también la del agua y la extensión, diversidad y funcionalidad de los remanentes naturales periurbanos (Bai et al., 2005; Pulighe et al., 2016; Jalkanen et al., 2020). En la premura por ralentizar el deterioro ambiental y ecológico que ha acompañado ineludiblemente a las zonas urbanas, las autoridades municipales alrededor del mundo, han incorporado remanentes naturales, bosquetes y árboles a la planificación urbana en la última década (Pincell, 2012; FAO, 2020). Las acciones más visibles de esta modalidad de planificación, en lo que concierne espacio público, son los programas intensivos de arborización (FAO, 2020).

Quito, primer Patrimonio Cultural de la Humanidad por la UNESCO, fue recientemente nominada una de las 59 ciudades más arboladas del mundo por la FAO (<https://treecitiesoftheworld.org/>, FAO 2020) y la fundación Arbor Day (Arbor Day Foundation, <https://www.arborday.org/>), un reconocimiento a los esfuerzos de arborización (Quito Informa, 2020) y regulaciones de protección del arbolado urbano (Secretaría de Ambiente del DMQ, 2016) emprendidos desde la Secretaría del Ambiente del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito en la última década. El potencial transformador de estas iniciativas es indiscutible, sin embargo, su continuidad depende no solamente de la decisión de las autoridades municipales, sino también, y en gran medida, del apoyo ciudadano, mismo que reside en los resultados tangibles de estas iniciativas (Cf. Meyer, 2008; Koeser et al. 2015; Gerstenberg & Hoffman, 2016; Gwetla & Shackleton, 2020). Es en esta medida que se hace imprescindible hacer evaluaciones del progreso de estas iniciativas y usar el resultado como retroalimentación para fortalecer la infraestructura verde de la ciudad.

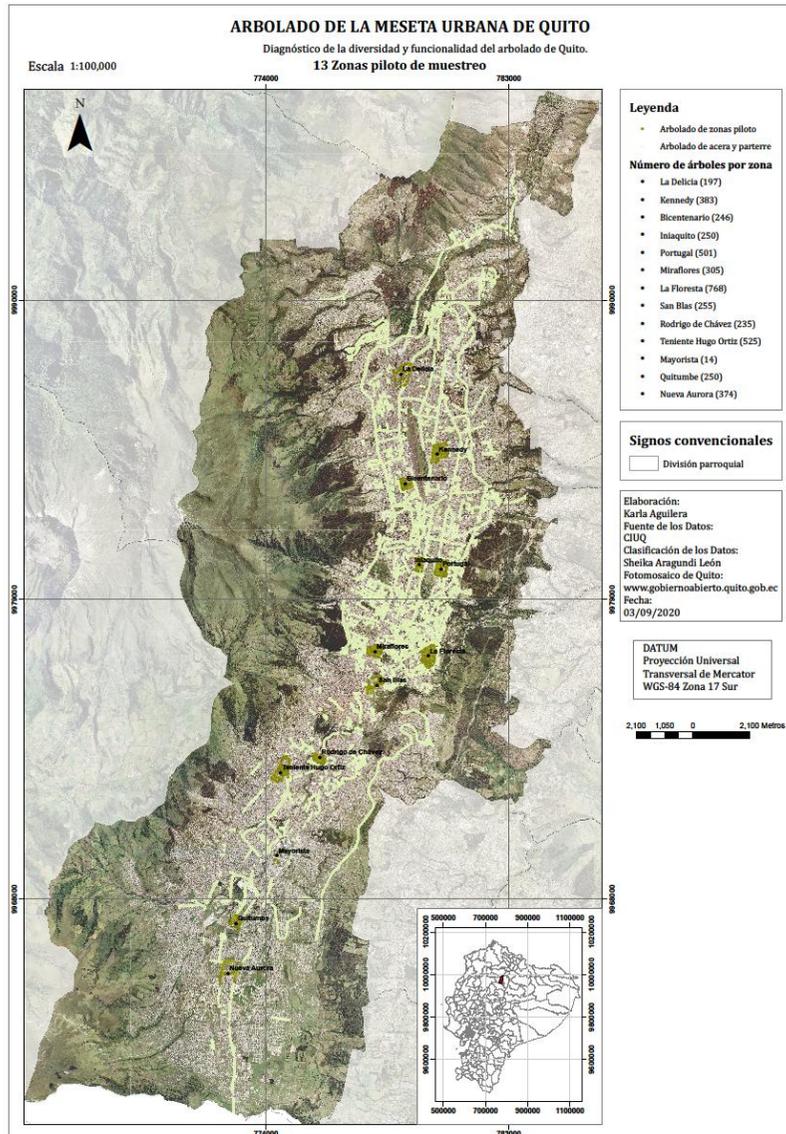
Las evaluaciones sobre la funcionalidad del arbolado urbano no son recientes, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO, a través del Departamento de Montes, emprendió en 1994 “un examen” de la función de la silvicultura urbana y periurbana en países en desarrollo con el fin de generar conciencia sobre el tema (Murray, 1998). Esta iniciativa decantó en estudios específicos de varias urbes, una de ellas Quito: la monografía “Silvicultura urbana y periurbana en Quito: estudio de caso” por Murray en 1998, constituye un notable esfuerzo por conocer el rol de los árboles y bosques en el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de Quito.

En las últimas 2 décadas, no obstante, ha habido cambios importantes en la configuración de Quito y también en la forma de evaluar y planificar el rendimiento ambiental del arbolado para la sostenibilidad socio ambiental de la urbe (Alonzo et al., 2014; Cameron & Blanusa, 2016; Meerow & Newell, 2017; Wu, et al., 2017; Escobedo et al., 2018; Langenheimer, et al., 2020; Ordoñez Barona et al., 2020; Pincell et al., 2020; Speak et al. 2020). Bajo estas premisas, el presente estudio se propuso hacer un diagnóstico actual de la funcionalidad del arbolado de la meseta urbana del Distrito Metropolitano de Quito a través de un diseño metodológico que incorpora diversidad, forma y función en la evaluación del rendimiento ambiental del árbol en la ciudad con el fin de retroalimentar la gestión del arbolado de Quito.



Plantanes, Sector la Mariscal,
Aceras densamente arboladas
Marzo 2020. Foto: Sheika Aragundi

**MAPA 1: REGISTROS DEL ARBOLADO DE QUITO AL 2011 Y
ZONAS DE MUESTREO DEL ARBOLADO 2020**



2. Objetivos

El propósito de este estudio fue hacer un diagnóstico actual de la diversidad y la funcionalidad ambiental y ecológica del arbolado de la meseta urbana del Distrito Metropolitano de Quito para retroalimentar la gestión del arbolado de la ciudad y recomendar medidas para mejorar el rendimiento ambiental y ecológico de los árboles de la urbe en acera y parterre.

Para responder al objetivo central de esta investigación fue preciso: (1) determinar la diversidad de especies representadas en la muestra total de arbolado y analizarla en términos de procedencia, abundancia relativa y distribución en acera y parterre, (2) evaluar el estado fisonómico de cada árbol de la muestra como subrogado de su potencial de funcionalidad ambiental y ecológica y así derivar la capacidad del arbolado para prestar servicios ambientales y ecológicos, y (3) analizar las interacciones entre arbolado y aceras de la meseta urbana de Quito para detectar posibles causas de conflicto y recomendar estrategias y acciones que permitan sinergias positivas entre arbolado y acera en favor de los peatones.

3. Metodología

3.1. Área de estudio y muestra

El estudio abarcó 13 zonas piloto repartidas en 3 secciones, i.e. centro, norte y sur, de la meseta urbana del Distrito Metropolitano de Quito, representativas de la heterogeneidad espacial de la ciudad (Cf. Robayo et al. 2020). Para cada zona se utilizó información ráster (fotografía de dron y registros fotográficos de campo) y vector (localización y altura del árbol y ancho estado de vereda y parterre) generada en la fase 1 del Plan Árbol (Robayo et al. 2020) que luego fue clasificada e integrada al mosaico de ortofoto del DMQ (www.gobiernoabierto.quito.gob.ec) en un sistema de información geográfica integrado diseñado para desplegar y analizar información pertinente al arbolado urbano y a veredas y parterres que lo alojan.

La muestra para el estudio consistió en 4303 registros fotográficos, adquiridos entre noviembre de 2019 y marzo de 2020, correspondientes al mismo número de árboles ubicados en aceras y parterres de 13 zonas piloto que constituyeron la zona



Fresno Chino
Corteza agrietada verticalmente
Parque El Ejido
Marzo 2020. Foto: Sheika Aragundi



Fresno Europeo
Corteza de textura romboidal
Parque La Alameda
Marzo 2020. Foto: Sheika Aragundi

de estudio (Geodatabase de Arbolado de Quito del Centro de Información Urbana de Quito, CIUQ generada por Robayo et al. 2020). La muestra corresponde a aproximadamente el 14,5 % del arbolado registrado en formato vector en aceras y parterres de la meseta del Distrito Metropolitano de Quito mediante foto interpretación del mosaico de ortofotos correspondiente al año 2011 (i.e. 29724 árboles, Mapa 1).

3.2. Diagnóstico de la diversidad del arbolado

En la elaboración del diagnóstico de biodiversidad del arbolado de Quito se utilizó una tratativa holística que integra 4 atributos de la diversidad del ensamblaje de especies para describir la “calidad de la biodiversidad” (*sensu* Feest, 2010) y 2 atributos pertinentes a la conservación de la biodiversidad:

- (1) Riqueza de especies: número de especies presentes en la zona
- (2) Abundancia: número de árboles por especie presente en la zona de estudio
- (3) Equitabilidad: similitud entre la abundancia de las especies presentes
- (4) Rareza: especies cuya frecuencia es menor o igual al 1% de la muestra
- (5) Procedencia: nativa o introducida
- (6) Invasividad: especies que por su alta tasa de propagación han afectado o pueden afectar la comunidad florística en la que han sido introducidas.

La cuantificación de estas variables se llevó a cabo a partir de la clasificación taxonómica de los 4303 árboles que constituyen la muestra, mediante interpretación de los registros fotográficos y comprobación de campo de 400 registros distribuidos en las 13 zonas piloto (i.e. 400 árboles georreferenciados y clasificados en base al registro fotográfico). La lista de especies identificadas fue luego cotejada con las listas más completas de especies leñosas nativas y exóticas cultivadas en los viveros del Municipio de Quito para arbolado urbano (Cf. Moore, 1998; Cf. Empresa Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas, EPMMOP, 2016). El nombre científico o Linneano que se registró para cada especie es el aceptado en los herbarios digitales Kew Science <http://www.plantsoftheworldonline.org/> y World Flora Online <http://www.worldfloraonline.org/>. Sin embargo, dada la disparidad de criterio para algunas especies, se registró también, para todas, el sinónimo más utilizado. Para facilitar el manejo de los datos en el análisis, a cada especie se le asignó un código de 3 letras basado en el nombre Linneano, tomando la primera letra del género y las dos primeras letras de la especie, así por ejemplo



Flor de la Cucarda, zona La Delicia
 Una de las especies más utilizadas en arbolado urbano
 Septiembre 2020. Foto: Sheika Aragundi

el código de *Acacia melanoxylon* R. Br. es AME. En el caso que otra especie tuviera las mismas iniciales, el código asignado se elaboró tomando las dos primeras letras del género y la primera de la especie. Así los códigos del Calistemo rojo, *Callistemon speciosus* (Sims) Sweet y del Ceibo rosado *Ceiba speciosa* (A. St. Hil. A. Juss. & Cambess.) Ravenna, son CSP y CES respectivamente.

La categorización de cada especie por procedencia, es decir si es nativa o introducida (i.e. su rango natural de distribución no incluye el Ecuador), se basó en los registros del Mecanismo de Facilitación de Biodiversidad Global, GBIF, por sus siglas en inglés, <https://www.gbif.org/>, los del herbario digital Kew Science, <http://www.plantsoftheworldonline.org/>, y los del Catálogo de la vida, <http://www.catalogueoflife.org/>. A esta categoría se añadió en forma sucinta el rango natural de distribución de cada especie, por ejemplo “Introducida, Este de Australia”, “Nativa, Norte de Sudamérica”.

Por otra parte, la utilización de especies foráneas en la arborización de las ciudades entra en conflicto con el principio de sostenibilidad ambiental que aplica tanto a sistemas rurales como urbanos. El Convenio de Diversidad Biológica, del cual el Ecuador es parte contratante, disuade sobre la introducción de especies que pongan a riesgo ecosistemas o especies nativas (Artículo 8, literales h e i; Naciones Unidas, 1992) y recomienda el uso de especies nativas, particularmente aquellas que están amenazadas o las que tienen potencial de utilización sostenible (Artículo 7, literales a, b y c; Naciones Unidas, 1992). Para sustentar la nocividad o inocuidad de las especies foráneas utilizadas en el arbolado urbano de Quito, se le asignó la categoría de invasiva a toda especie identificada que tenga registro como tal en el Compendio de Especies Invasivas, ISC por sus siglas en inglés, <https://www.cabi.org/isc/>, independientemente de que se haya reportado o no algún tipo de perjuicio por parte de esa especie a la fecha de término de esta investigación.

Para efectuar el análisis de la diversidad del arbolado urbano de Quito se determinó el número especies presentes y se las categorizó en función de su frecuencia, o sea dominantes vs. raras, y procedencia, es decir nativas vs. introducidas. Dominancia, rareza y procedencia fueron analizadas en cada una de las zonas piloto, en la totalidad de la zona de estudio y respecto a acera y parterre con el fin de averiguar sobre patrones espaciales de distribución de la diversidad del arbolado.



Eucalipto, Parque La Carolina,
Desarrollo alométrico idóneo
Septiembre 2020. Foto: Sheika Aragundi

3.3. Diagnóstico de la funcionalidad del arbolado

Para examinar la funcionalidad del arbolado de la zona de estudio, se llevó a cabo una caracterización fisonómica (estructura y forma) de cada árbol mediante interpretación y clasificación del registro fotográfico correspondiente, en 4 variables asociadas al dosel y al desarrollo alométrico del árbol (crecimiento relativo y proporción entre tronco y ramas inherente a la especie (*sensu* Huxley & Tessier, 1936; Pretzsch et al., 2015)), estas son:

- (1) Volumen del dosel y densidad de follaje: estos rasgos fisonómicos están positivamente correlacionados con la capacidad fotosintética, de evapotranspiración e interceptación de los árboles. Se definieron 4 categorías numéricas basadas en una estimación del ancho y alto del dosel y la frecuencia 0 ausencia de hojas independientemente del diámetro y altura del dosel
 - 1 ancho y altura de dosel inferiores o iguales a 1 m,
 - 2 ancho y altura de dosel mayores a 1m e inferiores a 1,5 m
 - 3 ancho y altura de dosel superiores a 1,5m
- (2) Continuidad de dosel: el contacto tangencial del dosel de los árboles alineados en acera y parterre es considerado un rasgo positivo en arbolado urbano, ya que asegura sombra continua y mayor termorregulación, entre otras funciones (Aval et al., 2018; Langenheim et al. 2020). Bajo esta premisa se definieron 2 categorías:
 - 0 el árbol cuyo dosel no tiene roce con el dosel de otro
 - 1 el árbol cuyo dosel toca el dosel de otro alineado en acera o parterre
- (3) Edad: esta variable se utiliza como subrogado del diámetro del tronco. Se definieron 4 categorías en función del diámetro estimado del tronco a 75 cm del suelo (en lugar de 1,50 cm, dadas las condiciones atípicas de desarrollo que experimentan los árboles en la urbe). Las categorías de edad son:
 - 1 “joven”, diámetro del tronco inferior o igual a 10 cm
 - 2 “adulto”, un diámetro mayor a 10 cm hasta 15 cm
 - 3 “maduro”, un diámetro mayor a 15 cm y menor a 25 cm,
 - 4 “sobre maduro”, un diámetro superior a 25 cm

**TABLA 1: VARIABLES FISIÓNOMICAS Y SIGNIFICADO PARA LA
FUNCIONALIDAD AMBIENTAL Y ECOLÓGICA DEL ARBOLADO.**

Combinaciones V C E M	Potencial de Termoregulación	Potencial de Intercepción de Polucionantes	Potencial de captura y almacenamiento de carbono	Potencial de funcionalidad ecológica
0 0 1 0	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo
0 0 1 1	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo
0 0 1 2	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo
0 0 2 0	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo
0 0 2 1	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo
0 0 3 0	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo
0 0 3 1	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo
0 1 1 0	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo
0 1 2 0	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo
0 1 2 1	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo
0 1 3 0	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo
0 1 3 1	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo
1 0 1 0	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
1 0 1 1	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
1 0 1 2	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
1 0 2 0	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
1 0 2 1	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
1 0 2 2	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
1 0 3 0	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
1 0 3 1	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
1 0 3 2	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
1 0 4 0	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
1 0 4 1	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
1 1 1 0	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
1 1 1 1	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
1 1 1 2	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
1 1 2 0	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
1 1 2 1	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
1 1 2 2	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
1 1 3 0	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
1 1 3 1	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
1 1 3 2	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
2 0 2 0	Medio	Medio	Medio	Medio
2 0 2 1	Medio	Medio	Medio	Medio
2 0 2 2	Medio	Medio	Medio	Medio
2 0 3 0	Medio	Medio	Medio	Medio
2 0 3 1	Medio	Medio	Medio	Medio
2 0 3 2	Medio	Medio	Medio	Medio
2 0 4 0	Medio	Medio	Medio	Medio
2 0 4 1	Medio	Medio	Medio	Medio
2 1 2 0	Alto	Alto	Medio	Medio
2 1 2 1	Alto	Alto	Medio	Medio
2 1 3 0	Alto	Alto	Medio	Medio
2 1 3 1	Alto	Alto	Medio	Medio
2 1 3 2	Alto	Alto	Medio	Medio
2 1 4 0	Alto	Alto	Medio	Medio
2 1 4 1	Alto	Alto	Medio	Medio
3 0 3 0	Alto	Alto	Alto	Medio
3 0 3 1	Alto	Alto	Alto	Medio
3 0 3 2	Alto	Alto	Alto	Medio
3 0 4 0	Alto	Alto	Alto	Medio
3 0 4 1	Alto	Alto	Alto	Medio
3 1 3 0	Muy alto	Muy alto	Alto	Alto
3 1 3 1	Muy alto	Muy alto	Alto	Alto
3 1 3 2	Muy alto	Muy alto	Alto	Alto
3 1 4 0	Muy alto	Muy alto	Alto	Alto
3 1 4 1	Muy alto	Muy alto	Alto	Alto

- (4) Mantenimiento: abarca los rasgos fisionómicos inducidos por influencias externas, como poda, desgarre y mutilación que modifican el potencial de crecimiento y pueden también modificar el patrón de desarrollo alométrico del árbol de acuerdo a la especie a la que pertenece. Se definieron 3 categorías:
- 0 “mutilación” denota alteración del patrón de desarrollo alométrico
 - 1 “poda”, denota cortes que no han afectado el patrón de desarrollo
 - 2 “ninguna” intervención, no muestra rastros de cortes

En el examen de la funcionalidad del arbolado urbano se utilizaron combinaciones entre las variables fisionómicas del árbol que al concurrir pueden mejorar o mermar su capacidad para realizar las 4 funciones esenciales:

- (1) Evapotranspirar y termorregular,
- (2) Capturar activamente CO₂ y almacenar carbono
- (3) Interceptar precipitación, contaminantes y partículas suspendidas
- (4) Alojar epifitas y talofitas y proveer refugio y/o alimento a aves nativas de Quito, i.e. funcionalidad ecológica.

En la Tabla 1 se resumen estas funciones y su categorización¹

3.4. Interacciones entre el arbolado y la acera

El estudio de las relaciones entre las características y condiciones del arbolado y las de la infraestructura urbana del espacio público utilizó los resultados de diversidad y los indicadores de funcionalidad derivados de los pasos anteriores y los contrastó con 3 variables pertinentes a este espacio urbano con el fin de explorar correlaciones entre estas variables que decanten en conflictos de uso y servicios. Las variables pertinentes a este análisis fueron:

- (1) Densidad: número de árboles por parroquia
- (2) Ancho: medida en metros desde la línea de fábrica hasta el bordillo
- (3) Estado: evaluación visual cualitativa de la infraestructura de la vereda en el sitio de implantación del arbolado.

¹ Donde V es volumen de dosel, C es continuidad de dosel, E es edad del árbol y M es mantenimiento

Para interrelacionar todos los parámetros anteriores se utilizaron los programas R y RStudio, que, mediante el desarrollo de algoritmos, permitieron analizar los datos y generar gráficos que facilitaron la interpretación de los resultados.

4. Resultados

4.1. Diagnóstico de la diversidad del arbolado para el universo de la muestra

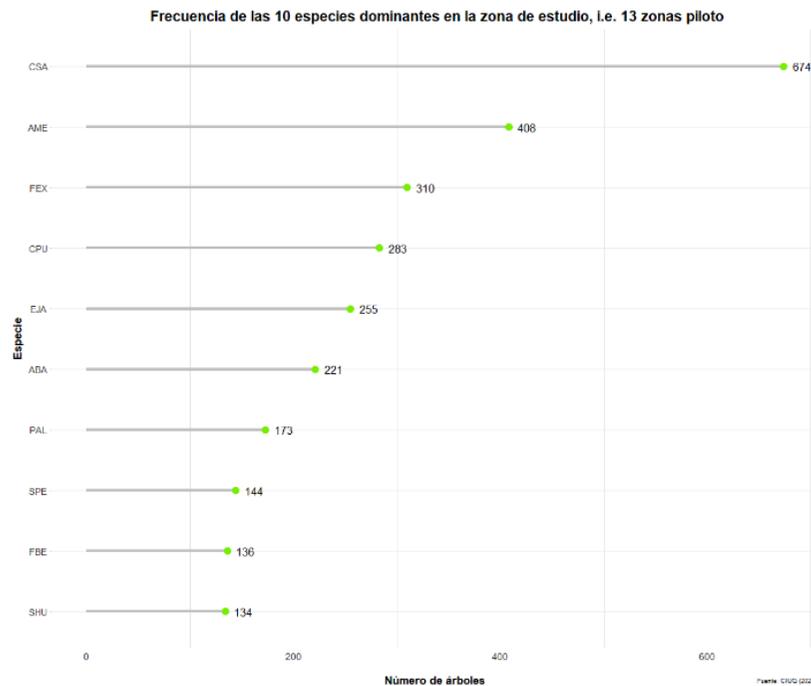
Los registros fotográficos y recorridos de campo permitieron la clasificación en términos de género y especie de un total de 4 266 árboles, es decir el 99,14 % del universo de la muestra que fue de 4303 árboles (a los 37 árboles no clasificados se les asignó el código de especie indeterminada, IND). Se identificaron 84 especies en las 13 zonas muestreadas de la meseta urbana del DMQ (Tabla 2)² esta cifra abarca aproximadamente el 54% de las especies registradas por Murray (1998) en espacios públicos, privados y sitios especiales (Cf. Murray, 1998) y cerca del 84 % de las especies propagadas en los viveros municipales de Quito (Cf. EPMMOP, 2016). De las especies identificadas, 20 (aprox. 24%) son especies nativas y las restantes 64 son especies exóticas. En este último grupo, 21 especies (aprox. 33%) son nativas de América y de estas, 8 están restringidas a Sudamérica. Un poco más del 23 % de las especies introducidas identificadas en este estudio (15 especies) vienen de Australia, la mayoría de ellas, i.e. 13 (Tabla 2), tienen un rango natural de distribución restringido al este de Australia.

Si bien la muestra es representativa de la diversidad del arbolado de Quito (84 % de la reportada por la EPMMOP) su equitabilidad es baja: el 25 % de la muestra (1082 árboles) está distribuida en 2 especies, el Calistemon blanco (*Callistemon salignus* (Sm.) Colvill ex Sweet; 674 árboles) y la Acacia negra (*Acacia melanoxylon* R.Br.; 408 árboles, Gráficos 1 y 2).

² **RNT1:** Rango Natural de distribución: BR Brasil; CAM Centro América; SAM Sudamérica; MX México; EC Ecuador; EAU Este de Australia; SAF Sudáfrica; NAM Norte América; CO Colombia; SEAF Sudeste de África; JAP Japón; MED Mediterráneo; WAU Oeste de Australia; CHN China; NAU Norte de Australia; EUR Europa; IN India; TAIW Taiwán; ICA Islas Canarias; US Estados Unidos; HNO Hemisferio norte; NZ Nueva Zelanda;

NÚMERO	CÓD SP	NOMBRE LINNEANO	NOMBRE VERNÁCULO	FAMILIA	HÁBITO	PROCEDEC	RNAT1
1	AAC	<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	Aliso andino	Betulaceae	Árbol	Nativa	SAM
2	AAM	<i>Agave americana</i> subsp. <i>americana</i>	Maguey amarillo	Asparagaceae	Roseta	Introducida	MX
3	AAN	<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	Pino del Paraná	Araucariaceae	Árbol	Introducida	BR
4	AAR	<i>Ambrosia arborescens</i> Mill.	Altamisa	Asteraceae	Arbusto	Nativa	EC
5	AAT	<i>Agave attenuata</i> Salm-Dyck	Maguey cuello de cisne	Asparagaceae	Roseta	Introducida	MX
6	ABA	<i>Acacia baileyana</i> F.Muell.	Acacia purpúrea	Fabaceae	Árbol	Introducida	EAU
7	ACH	<i>Annona cherimola</i> Mill.	Chirimoya	Annonaceae	Árbol	Nativa	EC
8	AGO	<i>Araucaria columnaris</i> (G.Forst.) Hook.	Pino de Cook	Araucariaceae	Árbol	Introducida	NCAL
9	ADE	<i>Acacia dealbata</i> Link	Mimosa plateada	Fabaceae	Árbol	Introducida	EAU
10	AFE	<i>Aegiphila ferruginea</i> Hayek & Spruce	Pusupato	Lamiaceae	Árbol	Nativa	EC
11	ALA	<i>Aloe arborescens</i> Mill.	Aloe candelabro	Asphodelaceae	Arbusto	Introducida	SAF
12	AME	<i>Acacia melanoxylon</i> R.Br.	Acacia negra	Fabaceae	Árbol	Introducida	EAU
13	ASA	<i>Agave salmiana</i> Otto ex Salm-Dyck	Maguey pulquero	Asparagaceae	Roseta	Introducida	MX
14	CCI	<i>Callistemon citrinus</i> (Curtis) Skeels	Calistemo rojo	Myrtaceae	Árbol	Introducida	EAU
15	CES	<i>Ceiba speciosa</i> (A.St.-Hil. A.Juss. & Cambess.) Ravenna	Ceibo rosado	Malvaceae	Árbol	Introducida	EAU
16	CMA	<i>Cupressus macrocarpa</i> Hartw.	Ciprés de Monterey	Cupressaceae	Árbol	Introducida	NAM
17	CMO	<i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.	Cedro andino	Melaceae	Árbol	Nativa	EC
18	COR	<i>Clusia orthoneura</i> Standl.	Flor de cera	Clusiaceae	Arbusto	Introducida	CO
19	COV	<i>Crassula ovata</i> (Mill.) Druce	Árbol de Jade	Crassulaceae	Arbusto	Introducida	SEAF
20	CPI	<i>Callianthe picta</i> (Gillies ex Hook. & Arn.) Donnell	Abutilon	Malvaceae	Arbusto	Introducida	BR
21	CPU	<i>Chionanthus speciosus</i> Kunth	Arupó rosado	Oleaceae	Arbusto	Nativa	EC
22	CRE	<i>Cycas revoluta</i> Thunb.	Cica	Cycadaceae	Palmera	Introducida	JAP
23	CRJ	<i>Callistemon rigidus</i> R.Br.	Calistemo	Myrtaceae	Árbol	Introducida	EAU
24	CSA	<i>Callistemon salignus</i> (Sm.) Colvill ex Sweet	Calistemo blanco	Myrtaceae	Árbol	Introducida	EAU
25	CSE	<i>Cupressus sempervirens</i> L.	Ciprés común	Cupressaceae	Árbol	Introducida	MED
26	CSP	<i>Callistemon speciosus</i> s (Sims) Sweet	Calistemo rojo	Myrtaceae	Árbol	Introducida	WAU
27	CST	<i>Callianthe striata</i> (G.F. Dicks. ex Lindl.) Donnell	Abutilon	Malvaceae	Arbusto	Introducida	BR
28	CVI	<i>Callistemon viminalis</i> (Sol. ex Gaertn.) G.Don	Calistemo rojo	Myrtaceae	Árbol	Introducida	EAU
29	DIN	<i>Delonix regia</i> (Planch.) B.Pon	Yalón	Bignoniaceae	Arbusto	Nativa	SAM
30	ECO	<i>Euphorbia cotinifolia</i> subsp. <i>cotinifolia</i> (Miq.) Christenh.	Lechero rojo	Euphorbiaceae	Arbusto	Nativa	SAM
31	EGL	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Eucalipto	Myrtaceae	Árbol	Introducida	EAU
32	EJA	<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	Nispero	Rosaceae	Árbol	Introducida	CHN
33	ELA	<i>Euphorbia laurifolia</i> Juss. ex Lam.	Lechero	Euphorbiaceae	Árbol	Nativa	EC
34	ENE	<i>Eugenia neoperitfolia</i> Sobral	Eugenia	Myrtaceae	Árbol	Introducida	BR
35	EPJ	<i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. ex Klotzsch	Poinsettia	Euphorbiaceae	Arbusto	Introducida	MX
36	ESI	<i>Eucalyptus siderophloia</i> Benth.	Black ironbark	Myrtaceae	Árbol	Introducida	EAU
37	EUS	<i>Eucalyptus sideroxylon</i> A.Cunn. ex Woolls	Red ironbark	Myrtaceae	Árbol	Introducida	EAU
38	FBE	<i>Ficus benjamina</i> L.	Ficus benjamina	Moraceae	Árbol	Introducida	NAU
39	FBO	<i>Fuchsia boliviana</i> Carrière	Fuchsia	Onagraceae	Arbusto	Introducida	PE
40	FGA	<i>Ficus carica</i> L.	Higuera	Moraceae	Arbusto	Introducida	MED
41	FCH	<i>Fraxinus chinensis</i> Roxb.	Fresno asiático	Oleaceae	Árbol	Introducida	CHN
42	FEL	<i>Ficus elastica</i> Roxb. ex Hornem.	Caucho	Moraceae	Árbol	Introducida	CHN
43	FEX	<i>Fraxinus excelsior</i> L.	Fresno europeo	Oleaceae	Árbol	Introducida	EUR
44	GRO	<i>Grevillea robusta</i> A.Cunn. ex R.Br.	Roble australiano	Proteaceae	Árbol	Introducida	EAU
45	HRO	<i>Hibiscus rose-sinensis</i> L.	Cucarida	Malvaceae	Arbusto	Introducida	IN
46	HSY	<i>Hibiscus syriacus</i> L.	Hibisco	Malvaceae	Arbusto	Introducida	TAIW
47	IIN	<i>Inga insignis</i> Kunth	Guaiba	Fabaceae	Árbol	Nativa	EC
48	JMI	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D.Don	Jacarandá	Bignoniaceae	Árbol	Introducida	AR
49	LLJ	<i>Ligustrum lucidum</i> W.T.Aiton	Aligustre de China	Oleaceae	Arbusto	Introducida	CHN
50	LOV	<i>Ligustrum ovalifolium</i> Hassk.	Trueno	Oleaceae	Arbusto	Introducida	US
51	MCO	<i>Myrtus communis</i> L.	Myrtal común	Myrtaceae	Arbusto	Introducida	NAF
52	MRQ	<i>Melaleuca quinquangena</i> (Cav.) S.T.Blake	Niauli	Myrtaceae	Árbol	Introducida	EAU
53	MGR	<i>Magnolia grandiflora</i> L.	Magnolia	Magnoliaceae	Árbol	Introducida	SEUS
54	MHA	<i>Myrcianthes hallii</i> (O.Berg) McVaugh	Arrayán	Myrtaceae	Árbol	Nativa	EC
55	NOL	<i>Nerium oleander</i> L.	Laurel de flor	Apocynaceae	Arbusto	Introducida	MED
56	OGC	<i>Oreopanax ecuadoriense</i> Seem.	Pumamaqui	Araliaceae	Árbol	Nativa	EC
57	PAC	<i>Platanus acerifolia</i> (Aiton) Willd.	Platan	Platanaceae	Árbol	Introducida	EUR
58	PAL	<i>Populus alba</i> L.	Alamo plateado	Salicaceae	Árbol	Introducida	EUR
59	PAU	<i>Phyllostachys aurea</i> (Andr.) Rivière & C.Rivière	Bambú	Poaceae	Árbol	Introducida	CHN
60	PCA	<i>Phoenix canariensis</i> Chabaud	Palmera canaria	Arecaceae	Palmera	Introducida	ICA
61	PCO	<i>Parajubaea coccolides</i> Burret	Cococumbi	Arecaceae	Palmera	Nativa	EC
62	PEC	<i>Pelargonium capitatum</i> (L.) L'Hér.	Malvarrosa común	Geraniaceae	Arbusto	Introducida	SAF
63	PNI	<i>Populus nigra</i> L.	Alamo negro	Salicaceae	Árbol	Introducida	EUR
64	POR	<i>Platycladus orientalis</i> (L.) Franco	Thuja	Cupressaceae	Árbol	Introducida	CHN
65	PPA	<i>Pinus patula</i> Schiede ex Schltdl. & Cham.	Pino ocote	Pinaceae	Árbol	Introducida	MX
66	PRA	<i>Pinus radiata</i> D.Don	Pino californiano	Pinaceae	Árbol	Introducida	US
67	PRO	<i>Phoenix roebelenii</i> O'Brien	Palmera enana	Arecaceae	Palmera	Introducida	CHN
68	PSE	<i>Prunus serotina</i> Ehrh.	Capulí	Rosaceae	Árbol	Introducida	CAM
69	PZO	<i>Pelargonium zonale</i> (L.) L'Hér.	Geranio común	Geraniaceae	Arbusto	Introducida	SAF
70	RSP	<i>Rosa</i> L.	Rosa	Rosaceae	Arbusto	Introducida	HNO
71	SAR	<i>Schefflera arboricola</i> (Hayata) Merr.	Cheflera	Araliaceae	Arbusto	Introducida	TAIW
72	SBE	<i>Solanum betaceum</i> Cav.	Tamarillo	Solanaceae	Arbusto	Nativa	SAM
73	SCM	<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire, Steyerl. & Frodin	Cheflera	Araliaceae	Arbusto	Nativa	SAM
74	SHU	<i>Salvia humboldtiana</i> Willd.	Sauco criollo	Salicaceae	Árbol	Nativa	SAM
75	SLE	<i>Salvia leucantha</i> Cav.	Salvia	Lamiaceae	Arbusto	Introducida	MX
76	SMO	<i>Schinus molle</i> L.	Molle	Anacardiaceae	Árbol	Introducida	PE
77	SMU	<i>Senna multiglandulosa</i> (Jacq.) H.S.Irwin & Barneby	Lilínlin	Fabaceae	Arbusto	Nativa	EC
78	SPE	<i>Sambucus peruviana</i> Kunth	Tilo	Adoxaceae	Árbol	Nativa	SAM
79	TCA	<i>Tecomania capensis</i> (Thunb.) Spach	Madreselva del Cabo	Bignoniaceae	Arbusto	Introducida	SAF
80	TLE	<i>Thuja chinensis</i> (Bonpl.) Baill.	Sietecrueros	Melastomataceae	Arbusto	Nativa	EC
81	TST	<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth	Cholán	Bignoniaceae	Arbusto	Nativa	SAM
82	VSP	<i>Veronica speciosa</i> R.Cunn. ex A.Cunn.	Hebe	Plantaginaceae	Arbusto	Introducida	NZ
83	WRO	<i>Washingtonia robusta</i> H.Wendl.	Palmera de abanico	Arecaceae	Palmera	Introducida	MX
84	YGI	<i>Yucca gigantea</i> Lem.	Izote	Asparagaceae	Arbusto	Introducida	CAM

GRÁFICO 1: ESPECIES DOMINANTES DE ARBOLADO EN LA ZONA DE ESTUDIO



Este desbalance se observa también a nivel de procedencia de las especies raras y dominantes: de las 10 especies con mayor frecuencia en la muestra solamente 2 son nativas, el Arupo rosado (*Chionanthus pubescens* Kunth; 283 árboles) y el Tilo (*Sambucus peruviana* Kunth; 144 árboles) y ocupan el cuarto y octavo lugar respectivamente en la lista de las especies más frecuentes (Gráfico 1, 3 y 4). En orden de frecuencia las especies que dominan en la zona de estudio son:

- *Callistemon salignus* (Sm.) Colvill ex Sweet Calistemo blanco
- *Acacia melanoxyton* R.Br. Acacia negra
- *Fraxinus excelsior* L. Fresno europeo
- *Chionanthus pubescens* Kunth Arupo rosado
- *Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl. Níspero
- *Acacia baileyana* F. Muell. Acacia purpúrea
- *Populus alba* L. Álamo plateado
- *Sambucus peruviana* Kunth Tilo
- *Ficus benjamina* L. Ficus benjamina
- *Salix humboldtiana* Willd. Sauce criollo

El Calistemo blanco es una de las 4 especies de este género endémico de Australia identificadas en el arbolado de la ciudad (Tabla 2). Esta especie está presente en diferente frecuencia en 11 de las 13 zonas piloto (ausente en Rodrigo de Chávez y El Mayorista, Gráficos 1y 2) siendo la especie dominante en 4 de ellas (La Delicia Bicentenario, Iñaquito y Quitumbe; Gráfico 5). Reconocido por sus atributos ornamentales, pero sobre todo por su capacidad de sobrevivir en suelos mal drenados y tolerar largos períodos de sequía, el Calistemo blanco suele alcanzar 3 metros de altura y diámetro de dosel, Aunque se reproduce por semillas y vegetativamente, suele recomendarse la reproducción vegetativa para conservar el color de la flor (<http://anpsa.org.au/>).

La Acacia negra abarca alrededor del 10% del arbolado de la muestra, con presencia en 12 de las 13 zonas piloto (exceptuando El Mayorista;) y dominancia en 2 de ellas, la Floresta y Nueva Aurora (Gráficos 1, 3 y 5). Esta especie, una de las acacias más grandes de Australia, que puede alcanzar 40 m de estatura y hasta 1m de DAP, es conocida por su rápida tasa de crecimiento y alta capacidad de fijación de nitrógeno en una gran variedad de suelos. Su capacidad de propagarse por semillas (muy longevas y de rápida germinación) y también vegetativamente son posiblemente las bases de su invasividad en sistemas naturales perturbados donde ha sido introducida (<https://www.cabi.org/isc/>).



Fresnos europeos en parterre,
Zona La Kennedy
Septiembre 2020. Foto: Sheika Aragundi

El Fresno europeo es la tercera especie más frecuente en el arbolado de la zona de estudio (310 árboles de 4303 o 7.2%; Gráficos 1 y 3) con presencia en 9 de las 13 zonas y dominancia en la Kennedy y Teniente Hugo Ortiz (segunda especie más frecuente). Su nombre Linneano “excelsior” es atribuido al magnífico porte de este árbol de crecimiento monopodial que, en su madurez, suele alcanzar 40 m de estatura y de 60 a 80 cm de diámetro a altura del pecho (<https://www.cabi.org/>). Esta especie aprovechada esencialmente como maderable, exhibe declive poblacional de preocupación en su rango natural de distribución por tala y fragmentación de su hábitat (<https://www.iucnredlist.org/>).

El Arupo rosado, originario de bosques montanos semi deciduos de Ecuador y Perú, es la especie nativa de mayor frecuencia en la muestra con 283 árboles, la mayor parte de ellos en la Portugal 132 árboles) y La Floresta (118, Gráficos 1 y 4) y muy pocos (2 a 7 individuos, Gráfico 5) en 7 zonas más. Esta especie decidua de prolífica floración puede alcanzar 7m de altura y sobrevivir por largos períodos de escasas de agua. A pesar de la reducción de su hábitat, su status de conservación no es de preocupación (<https://www.iucnredlist.org/>).

El Níspero está presente en 10 de las 13 zonas piloto, pero es dominante solamente en la zona de Miraflores y abundante en la zona de la Floresta, es decir el centro norte de la de la meseta urbana de Quito (Mapa 1, Gráfico 5). Originario del centro sur de China, este árbol, que puede alcanzar 10 m de estatura, ha sido tradicionalmente cultivado por su fruto y por sus propiedades medicinales en América, África e Australia e Indochina (<https://www.gbif.org/>; <http://www.worldfloraonline.org/>; <http://www.plantsoftheworldonline.org/>), reportándose riesgo de invasividad para los ecosistemas nativos dado el consumo de los frutos por mamíferos y aves nativos (<https://www.cabi.org/isc/>).

La Acacia purpúrea fue identificada en 7 de las 13 zonas piloto, pero es dominante solamente en Teniente Hugo Ortiz donde se registraron 172 de los 221 árboles de esta especie en la muestra total (Gráficos 1, 2 y 5). Procedente del sur este de Australia, esta especie de árbol pequeño (3 a 10 m de estatura máxima) es una de las más cultivadas del género Acacia por su capacidad de desarrollarse en una gran variedad de ambientes y servir como barrera de viento. Sin embargo, dado su potencial para naturalizarse se ha sugerido que se evite su propagación en la cercanía de arbustales silvestres (<http://anpsa.org.au/>).



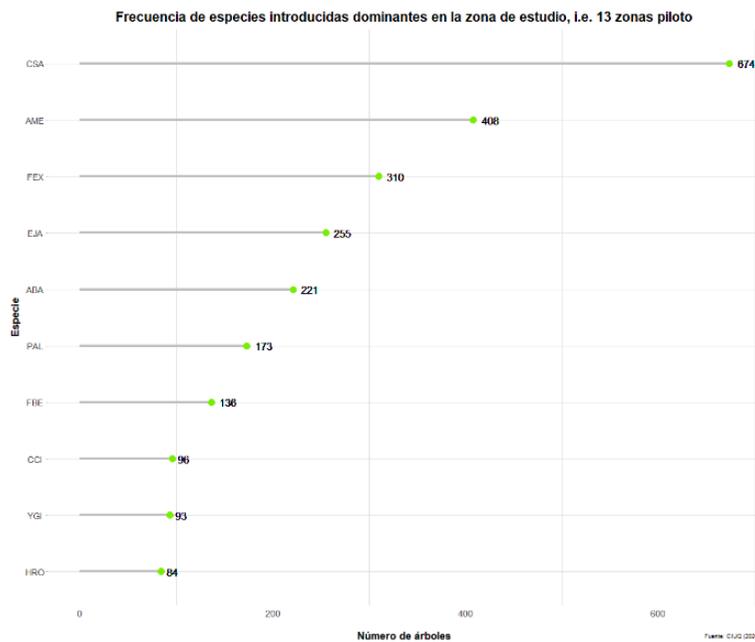
Tilo mutilado rebrotando,
Zona San Blas
Septiembre 2020. Foto: Repositorio CIUQ

El Álamo plateado es la sexta especie más frecuente de la muestra (173 de 4303 árboles, 4% de la muestra, Gráfico 1). Tiene presencia en 8 de las 13 zonas piloto de este estudio, siendo relativamente abundante en 5 de ellas (segunda especie dominante en la Portugal con 58 individuos; Gráfico 5) y rara en las 3 zonas restantes (2 hasta 5 árboles; Gráfico 9). Con un rango nativo relativamente amplio que incluye el centro y sur de Europa, el oeste de China y norte de África, el Álamo plateado ha sido introducido en América y otras regiones como ornamental (dosel redondo, 30 m de altura 1 m de DAP; (<http://www.plantsoftheworldonline.org/>). De rápido crecimiento, alta tolerancia a sequías y salinidad y gran resistencia a insectos barrenadores, la especie ha sido utilizada también en reforestación en suelos degradados. En la actualidad la especie es una reconocida invasiva (<https://www.cabi.org/>), cuyo denso follaje (sombra absoluta) y gran capacidad de propagación vegetativa, inhiben el crecimiento de otras especies en su entorno inmediato.

El Tilo, presente en 8 de las 13 de zonas de estudio, es la segunda especie nativa con mayor frecuencia en la muestra (144 árboles de 4303, 3,34 %, Gráfico 1), siendo dominante en la San Blas, abundante en Miraflores (74 y 44 árboles respectivamente, Gráfico 5) y rara en las zonas restantes (1 a 7 individuos, Gráfico 5). Este árbol, nativo del Sur de América (desde Panamá hasta Argentina), puede alcanzar 20 metros de estatura (<http://www.worldfloraonline.org/>) y es más conocido por las supuestas propiedades medicinales de sus hojas y flores (infusión antigripal; [Ríos et al., 2007](#)) que por sus atributos ornamentales y funcionalidad ambiental.

El Ficus benjamina es la novena especie más común en el arbolado del área de estudio (Gráfico 1), presente en 12 de las 13 zonas muestreadas y abundante en la Floresta y Miraflores (44 y 38 árboles respectivamente, Gráfico 5). Originario de la India, Malasia y norte este de Australia, esta especie, que puede alcanzar de 20m de altura en su madurez, ha sido introducida recurrentemente como ornamental a varias regiones del mundo por más de un siglo (<https://www.cabi.org/>). Este árbol tolera la sombra, la sequía y una amplia diversidad de suelos, pudiendo propagarse fácilmente por medios vegetativos. La especie suele desarrollar un tupido follaje y un denso y fuerte sistema radicular que impide el crecimiento de otras especies en su cercanía, razones por la que ha sido catalogada como invasiva (<https://www.cabi.org/>).

GRÁFICO 2: ESPECIES EXÓTICAS CON MAYOR FRECUENCIA EN LA ZONA DE ESTUDIO

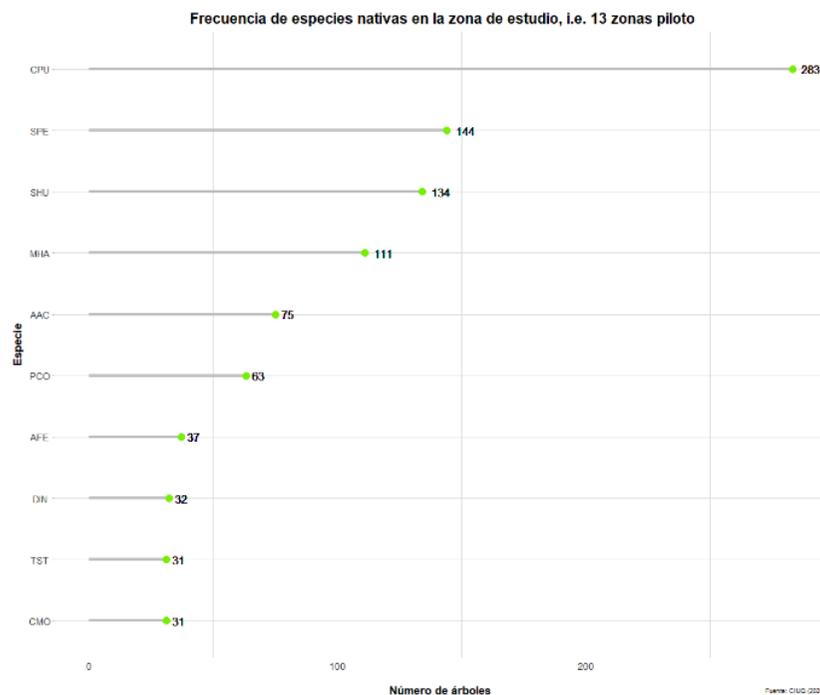


El Sauce criollo, es la tercera especie nativa en la lista de las 10 especies más frecuentes en la zona de estudio (Gráfico 1) y la única especie con presencia en todas las zonas piloto, aunque con pocos árboles por zona, con excepción de Teniente Hugo Ortiz, donde es la tercera en abundancia (67 árboles de 525, aproximadamente el 13%, Gráfico 5). Predominantemente distribuido en márgenes de ríos y bancos de arena del centro y sur de América (<http://www.worldfloraonline.org/>), el Sauce criollo es más conocido por sus aplicaciones en la medicina (Cf. Ríos et al. 2007) y en la fitoremediación (Cf. Ríos et al. 2007; Gomes et al., 2011) que por su uso ornamental en contexto urbano.

Además de las 10 especies más frecuentes revisadas en los párrafos anteriores, es relevante para los fines de este análisis mencionar a las especies exóticas y nativas que, aunque no son frecuentes en relación al universo de la muestra, tienen presencia en la mayoría de las zonas o mayor abundancia relativa en pocas zonas (Gráficos 2, 3 y 4). El Izote (*Yucca gigantea* Lem.) y la Cucarda (*Hibiscus rosa-sinensis* L.) fueron observadas en 10 de las 13 zonas piloto y el Cepillo rojo (*Callistemon citrinus* (Curtis) Skeels) en 9 de ellas (Gráficos 14 a 39). El Calistemo rojo de la especie *citrinus* es probablemente la especie de Calistemo con mayor número de variedades de uso ornamental en Australia y en los países donde este género ha sido introducido. Considerado más bien un arbusto en su nativa Australia, *C. citrinus* puede alcanzar 2m de altura y desarrollar un dosel de igual diámetro en condiciones ambientales y edáficas variadas y no necesariamente favorables, tolerando también “poda severa” (<http://anpsa.org.au/>). Este arbusto se reproduce por semillas y esquejes, sin embargo, las variedades nombradas por el particular color de la inflorescencia deben ser propagadas por esqueje para asegurar la repetición de esta característica genética (<http://anpsa.org.au/>).

El Izote, probablemente originario de los matorrales secos y bosques semi deciduos de México y América central (<http://www.worldfloraonline.org/>), es una roseta de porte arbóreo que se propaga por tallos que brotan desde de una base ensanchada y pueden alcanzar 10m de altura. Esta especie, al igual que otras del género *Yucca* es conocida en horticultura para fines ornamentales en ambientes cerrados y abiertos, su capacidad de aclimatación en zonas tropicales y templadas le han permitido naturalizarse en ciertas zonas (López-Pujo y Guillot, 2014).

GRÁFICO 3: ESPECIES NATIVAS CON MAYOR FRECUENCIA EN LA ZONA DE ESTUDIO



La Cucarda es un arbusto con una tradición de uso ornamental en paisajismo urbano de más de un siglo (Campbell, 1892; Van der Laan & Dorr Legg, 1926). Su origen geográfico es difícil de rastrear y diferentes fuentes lo mencionan como originario de la India, (<http://www.plantsoftheworldonline.org/>) y también de Asia (<https://www.gbif.org/>). Utilizada predominantemente como cerca viva de profusa floración, la Cucarda puede alcanzar una estatura de 4m en las regiones tropicales y subtropicales donde ha sido introducida, llegando a naturalizarse en algunas partes (Cf. <http://www.worldfloraonline.org/taxon/wfo-0000723007#D>), sin que se haya reportado afectaciones a la diversidad biológica nativa por invasividad.

En lo que respecta a la diversidad arbórea nativa con mayor frecuencia en el área de estudio, además del Arupo rosado, el Tilo y el Sauce criollo se observaron en orden decreciente de frecuencia las siguientes especies:

- *Myrcianthes hallii* (O.Berg) McVaugh
 - *Alnus acuminata* Kunth.
 - *Parajubaea cocoides* Burret
 - *Aegiphila ferruginea* Hayek & Spruce
 - *Delostoma integrifolium* D.Don
 - *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth
 - *Cedrela montana* Moritz ex Turcz.
- Arrayán
 Aliso andino
 Cococumbi
 Pusupato
 Yalomán
 Cholán
 Cedro andino

El Arrayán es el árbol más abundante de este grupo de especies nativas más recurrentes en la zona de estudio (Gráfico 3), aunque no el de mayor distribución ya que ocurre solamente en 7 zonas y es poco frecuente en 5 de ellas. Declarado árbol emblema de Quito (Ruales, 2013), puede alcanzar 15 m de altura y ha sido cultivado para control de erosión y arbolado urbano (Cf. Murray 1998; Municipio del DMQ, 2014). Aunque ha sido plantado densamente en la Portugal y en San Blas (58 y 28 individuos respectivamente, Gráficos 22 y 28), se conoce poco de su rendimiento en contexto urbano y ha sido más investigado por sus propiedades medicinales (Cf. Ríos et al. 2017 y Chávez Carvajal et al 2016).

El Aliso fue registrado en la Floresta, Teniente Hugo Ortiz y Quitumbe (39, 13 y 14 árboles respectivamente; Gráficos 24, 32 y 36) y es raro en 4 zonas más. Este árbol de hasta 25m de altura, procedente de los bosques montanos andinos y de múltiples usos (reforestación, fitomejoramiento, medicinal y artesanal; Cavalier, 1995), se reproduce fácilmente por semillas y es de raíz profunda, aunque tolera poco la sequía (Cf. Chirino et al. 2017).

El Cococumbi, palmera andina presente en 4 zonas y con alta frecuencia en 2 de ellas, Portugal y Rodrigo de Chávez (33 y 28 árboles respectivamente, Gráficos 22 y 30), puede alcanzar 20m de altura y 30cm de DAP, muy cotizada en arbolado urbano en ciudades andinas, (<http://www.plantsoftheworldonline.org>), es más bien rara en el arbolado de la zona de estudio.

El Pusupato, árbol del bosque nuboso de los Andes (Chirino et al. 2017), es relativamente reciente en el arbolado de Quito y está presente en 3 de las 13 zonas piloto, aunque la gran mayoría de los árboles de esta especie están en San Blas (32 de 37 árboles, Gráfico 28). El Pusupato puede alcanzar 10m de altura, de floración profusa en umbela, rápido crecimiento y raíz no muy profunda, tolera bien la sequedad (Chirino et al. 2017).

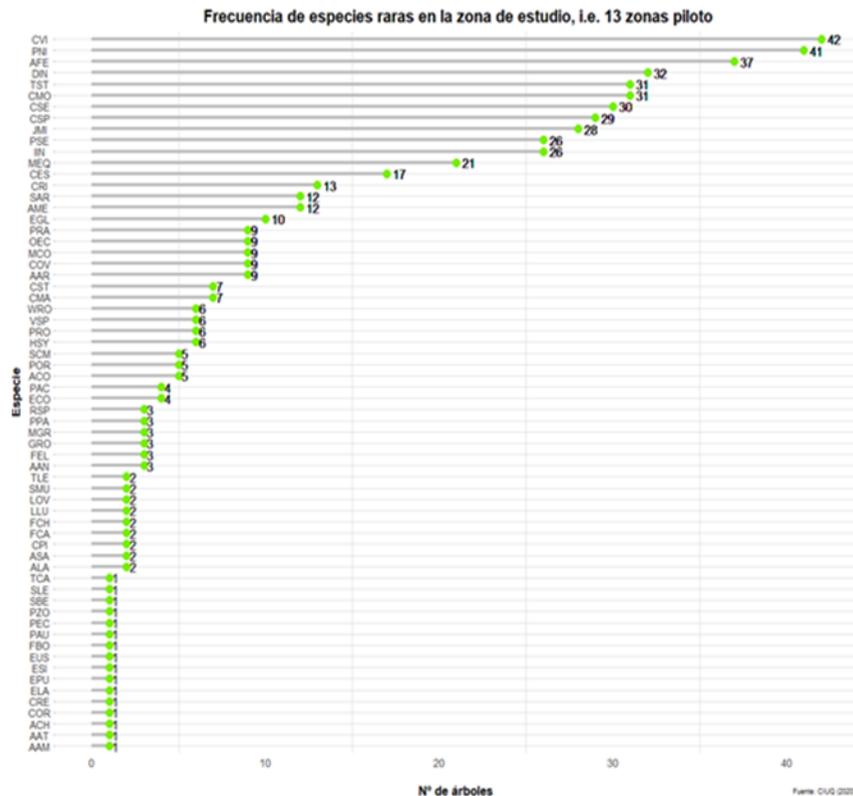
El Yalomán fue registrado en 9 de las 13 zonas estudiadas, aunque su frecuencia es baja en todas con un máximo de 10 individuos en la Floresta y un número un poco menor en Miraflores (7 individuos; Gráficos 24 y 26). Este arbusto nativo de los matorrales y bosques secos de los Andes entre los 1500 a 3000 msnm, puede alcanzar 15m de estatura y ha sido tradicionalmente utilizado como especie pionera en restauración ecológica sobre suelos deteriorados (<https://www.gbif.org>). Al igual que las especies anteriores, poco se conoce sobre su rendimiento ambiental y ecológico en contexto urbano.

El Cholán, árbol nativo de los matorrales y bosques secos andinos puede alcanzar hasta 10m de altura y 25cm de DAP (<http://www.worldfloraonline.org/>). Al igual que el Yalomán es conocido por su naturaleza pionera en ambientes ruderales y su potencial en restauración ecológica en suelos degradados (<https://www.gbif.org>), pero también por sus propiedades medicinales (Ríos et al., 2013). En Cholán fue registrado en baja ocurrencia en 6 de las 13 zonas piloto (Gráficos 14 a 38).



Flor del Pusupato
Especie Nativa abundante en la zona de San Blas
Septiembre 2020. Foto: Sheika Aragundi

GRÁFICO 4: ESPECIES CON BAJA FRECUENCIA EN EL ARBOLADO DE LA ZONA DE ESTUDIO



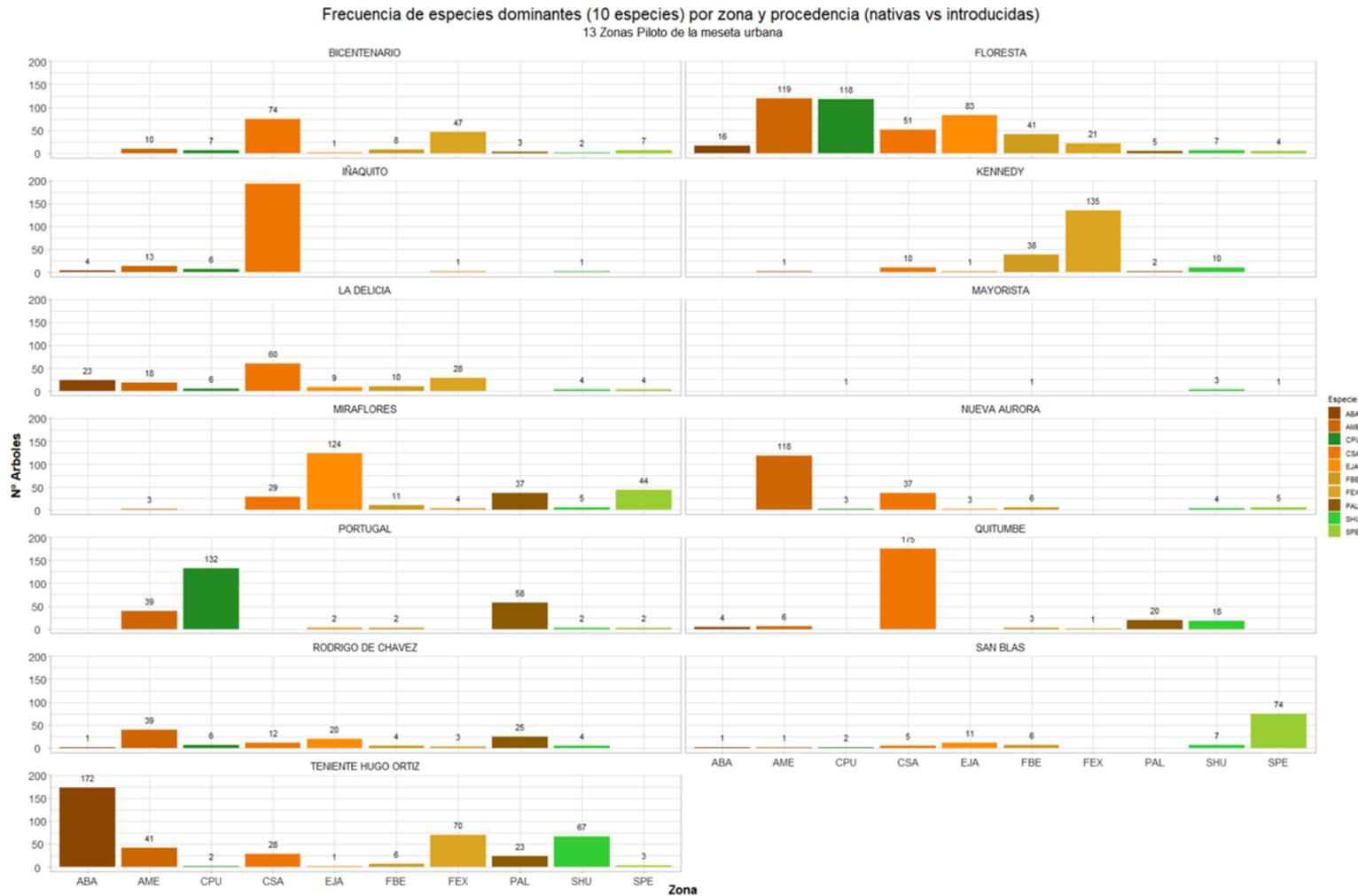
El Cedro andino, originario del bosque siempre verde montano, fue identificado en baja frecuencia en 5 de las 13 zonas de estudio (Gráficos 14 a 38). Es un árbol de gran porte que puede alcanzar 35m de altura (<https://www.gbif.org>). De escasa tolerancia a la sequía (Chirino et al. 2017), este árbol es muy apreciado por su madera y de uso más bien reciente en arbolado urbano.

En lo que concierne las especies de baja frecuencia en el universo muestra, de las 84 especies presentes, 64 (76.19 %) tienen frecuencias inferiores a 42 árboles por especie (0.9 % del total de la muestra). De estas últimas, 48 están representadas por menos de 10 árboles por especie (0,2 % de la muestra total) y 16 por 1 solo árbol (Gráfico 4). A continuación, se citan las especies nativas raras en la zona de estudio:

- Chirimoya *Annona cherimola* Mill.
- Altamisa *Ambrosia arborescens* Mill.
- Lechero rojo *Euphorbia cotinifolia* subsp. *cotinoides* (Miq.) Christenh.
- Lechero *Euphorbia laurifolia* Juss. ex Lam.
- Guaba *Inga insignis* Kunth
- Pumamaqui *Oreopanax ecuadoriensis* Seem.
- Tamarillo *Solanum betaceum* Cav.
- Cheflera *Schefflera morototoni* (Aubl.) Maguire, Steyerem. & Frodin
- Llinllín *Senna multiglandulosa* (Jacq.) H.S.Irwin & Barneby
- Sietecueros *Tibouchina lepidota* (Bonpl.) Baill.

Con la excepción de la Chirimoya, la Guaba y el Temarillo, más conocidas como frutales, las demás especies de esta lista corta de especies raras en el área de estudio, han sido cultivadas como ornamentales de jardines y parques urbanos por al menos un par de décadas (Cf. Murray 1998).

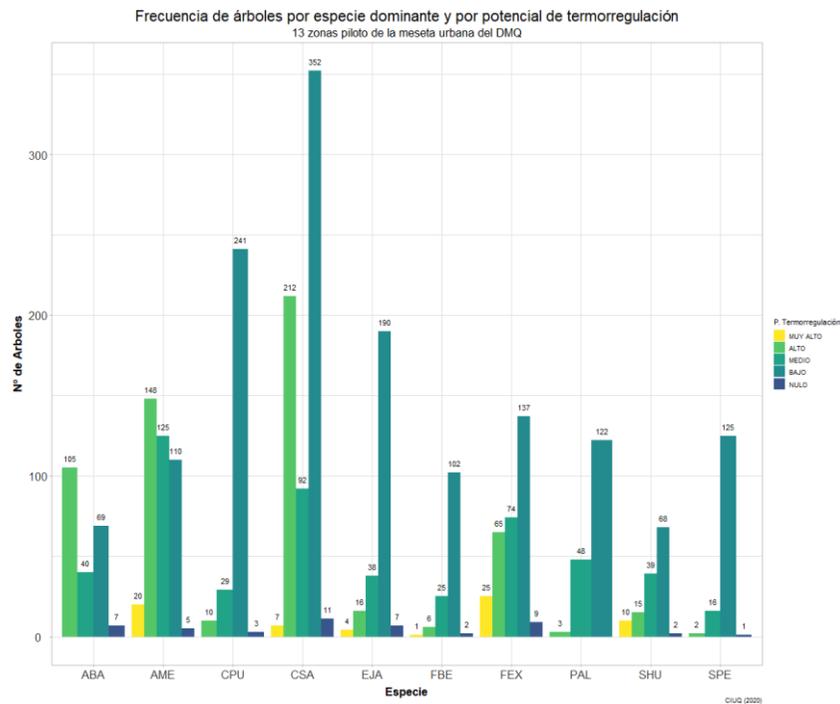
GRÁFICO 5: FRECUENCIA DE ESPECIES INTRODUCIDAS Y ESPECIES NATIVAS DOMINANTES EN CADA ZONA PILOTO



- CSA** *Callistemon salignus* (Sm.) Colvill ex Sweet
Calistemo blanco
- AME** *Acacia melanoxylon* R.Br.
Acacia negra
- FEX** *Fraxinus excelsior* L.
Fresno europeo
- CPU** *Chionanthus pubescens* Kunth
Arupo rosado
- EJA** *Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl.
Níspero
- ABA** *Acacia baileyana* F. Muell.
Acacia purpúrea
- PAL** *Populus alba* L.
Alamo plateado
- SPE** *Sambucus peruviana* Kunth
Tilo
- FBE** *Ficus benjamina* L.
Ficus benjamina
- SHU** *Salix humboldtiana* Willd.
Sauce criollo

4.2. Diagnóstico de la Funcionalidad del Arbolado para el universo de la muestra

GRÁFICO 6: FRECUENCIA DE ÁRBOLES POR ESPECIE DOMINANTE Y POR POTENCIAL DE TERMORREGULACIÓN



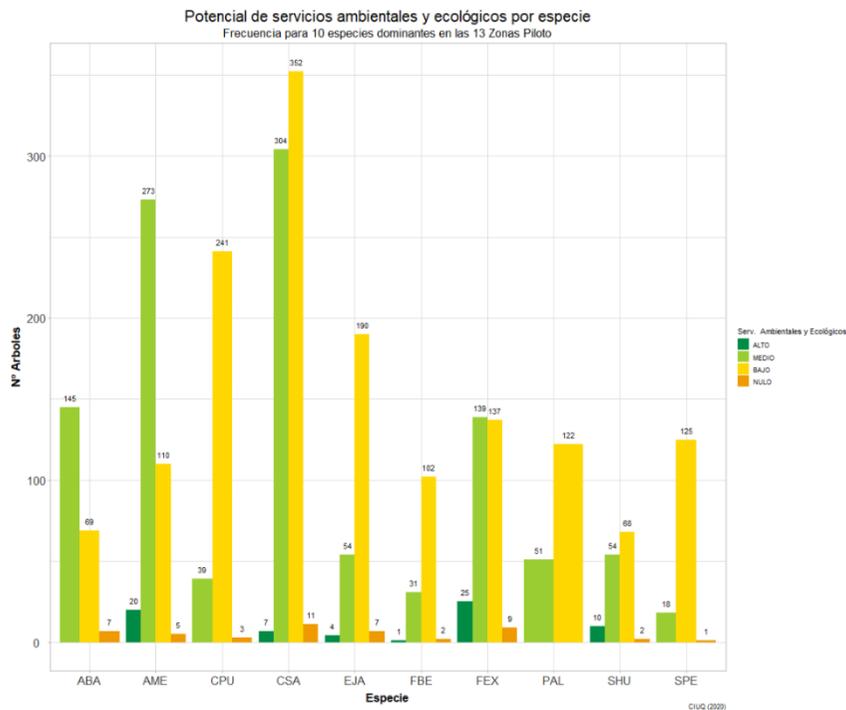
El diagnóstico de la funcionalidad del arbolado se enfocó en la capacidad de cada uno de los árboles de la muestra (i.e. 4303 árboles) para realizar 4 funciones: regular térmicamente el entorno inmediato de influencia del dosel, capturar activamente CO₂ y almacenar carbono, interceptar precipitación y partículas contaminantes (en conjunto “potencial de funcionalidad ambiental”) y ser útil a la flora y fauna locales (o “capacidad de funcionalidad ecológica”). Si bien estas funciones tienen escasa interrelación, todas son en alguna medida función del volumen y densidad del dosel

El Gráfico 6 muestra el potencial de termorregulación para los árboles de las 10 especies dominantes en la zona de estudio. Con excepción de la Acacia negra (AME) cuya mayor proporción de árboles posee un alto potencial de termorregulación, el resto de especies posee la mayor frecuencia de árboles con bajo potencial para esta función. Los árboles con niveles muy altos de potencial de termorregulación son pocos (67 de 2450, aprox. 2,74 %) y están distribuidos en cinco especies, presentándose en mayor frecuencia en el Fresno europeo, la Acacia negra y el Sauce criollo (25 y 20 árboles respectivamente, Gráfico 6).

En lo que concierne la evaluación del potencial de funcionalidad ecológica de los árboles de las 10 especies dominantes en el área de estudio, no se hizo distinción entre especies nativas y exóticas ya que, tratándose de un escenario urbano con más probabilidad de ocurrencia de exóticas, la posibilidad de interactuar con otras especies depende del grado de aclimatación a las circunstancias de la urbe, que son distintas de las condiciones naturales en las que se desenvuelven ambos grupos de especies.

El mayor potencial de funcionalidad ecológica correspondió también a unos pocos especímenes de Fresno europeo, Acacia negra y Sauce criollo (Gráfico 7): se trata de árboles maduros y sobremaduros de gran estatura y voluminoso dosel, en vecindad de árboles de similar porte (i.e. dosel contínuo) que alojan hemiepífitas (tillandsias, bromelias y helechos), talofitas y cierta entomofauna.

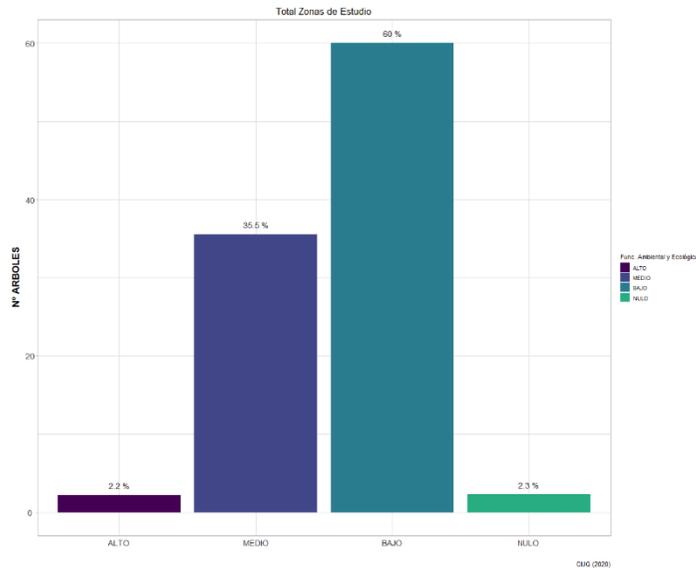
GRÁFICO 7: FRECUENCIA DE ÁRBOLES POR ESPECIE DOMINANTE Y POR POTENCIAL DE SERVICIOS AMBIENTALES Y ECOLÓGICOS



La mayor parte de los árboles de las especies dominantes del área de estudio presentan bajo potencial de funcionalidad ecológica (Gráfico 7), este patrón afecta también al Arupo rosado (CPU), el Sauce criollo (SHU) y el Tilo (SPE), especies nativas cuyas poblaciones en la urbe están formadas por árboles muy jóvenes, de dosel ralo y discontinuo, o de árboles sobremaduros que han sufrido intervenciones (poda o mutilación) que han reducido su estatura y/ o volumen de dosel en más del 50 %. El bajo potencial de funcionalidad ecológica de los árboles de Arupo rosado obedece a la corta edad de la mayoría de ellos, mientras que el bajo rendimiento de los árboles de Tilo responde a desmoches y mutilaciones de árboles maduros.

En lo respecta a la alta proporción de árboles de bajo rendimiento en esta categoría, i.e. funcionalidad ecológica, del Calistemo blanco (CSA) y el Níspero (EJA) esta parece resultar de podas inadecuadas a lo largo de la vida de los árboles que reducen significativamente su dosel. El caso del álamo blanco es un tanto distinto, la baja funcionalidad ecológica de los especímenes de esta especie responde en gran medida que densifican altamente el follaje como resultado de la poda, convirtiendo su dosel en un ambiente inhóspito para epifilias y aves y manteniendo el suelo en su entorno inmediato inhabitado como consecuencia de la sombra casi total que proyecta.

GRÁFICO 8: PORCENTAJE DE ÁRBOLES POR POTENCIAL DE FUNCIONALIDAD AMBIENTAL Y ECOLÓGICA



El Gráfico 8 resume la proporción de árboles de acuerdo a su potencial global de funcionalidad ecológica y ambiental en la totalidad de la muestra (4303 árboles distribuidos en 13 zonas) independientemente de la especie a la que pertenecen. Se combinan en este análisis la capacidad de regulación térmica por medio de evapotranspiración y sombra, la de intercepción de precipitación y partículas, la de captura activa de carbono y la interactuar con otras especies (Gráfico 8).

En general el potencial de funcionalidad ambiental y ecológica es bajo, reflejando un reducido volumen de dosel y/o baja densidad de follaje en el 60% de los árboles (Gráficos 7 y 8). Un poco más de un tercio de los árboles (35,5 %, Gráfico7) es medianamente funcional en términos ambientales y ecológicos y cerca del 2% están en la posibilidad de funcionar idóneamente en la zona de estudio (Gráficos 7 y 8).

Servicios ambientales y ecológicos del arbolado en la zona de estudio

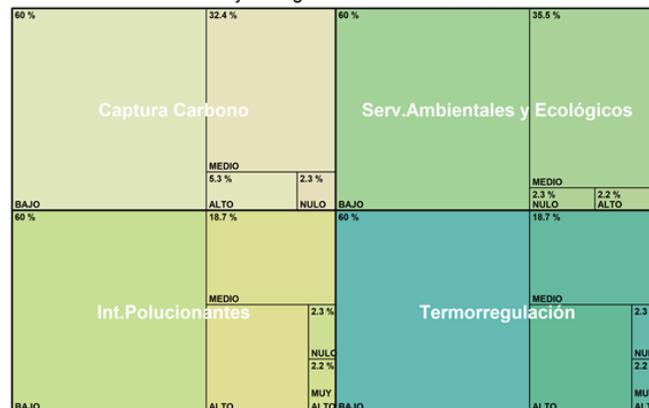


GRÁFICO 9: FRECUENCIA Y PORCENTAJE DE ÁRBOLES POR POTENCIAL DE SERVICIOS AMBIENTALES Y ECOLÓGICOS

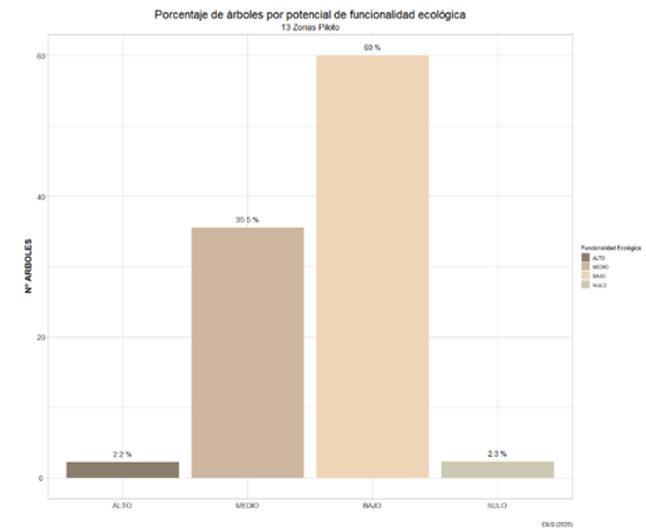
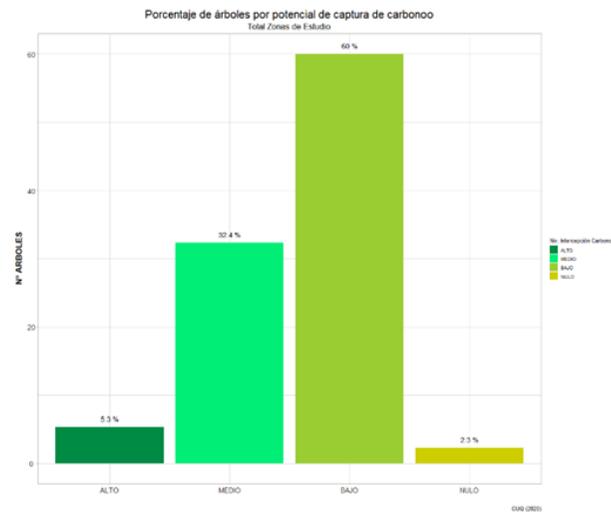
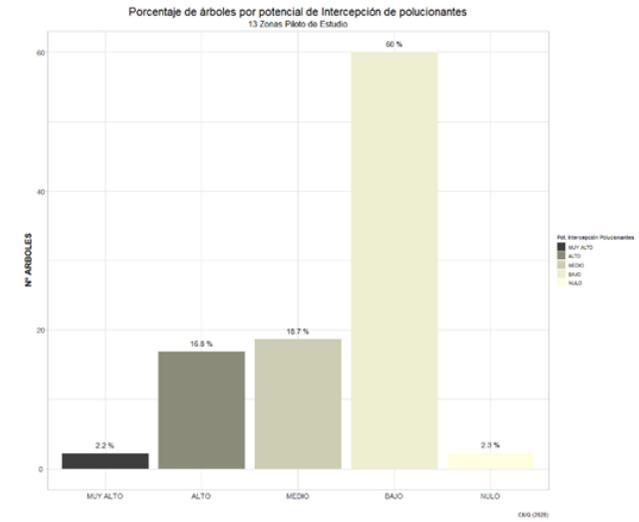
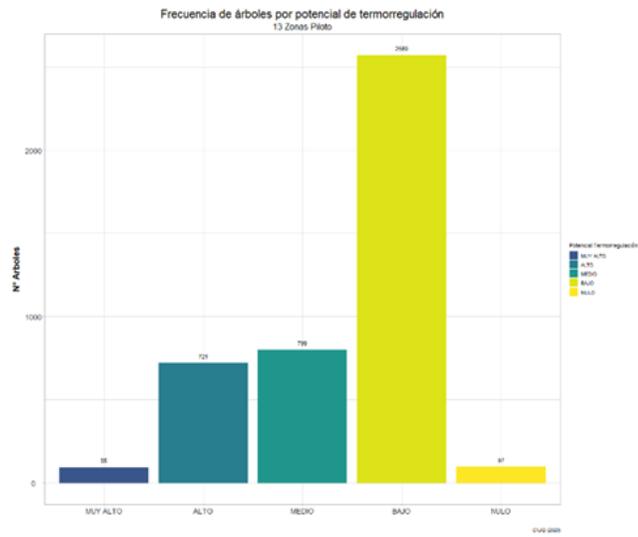


GRÁFICO 10: PORCENTAJE DE LA DIVERSIDAD TOTAL IDENTIFICADA EN RELACIÓN A LA SUPERFICIE DE MUESTREO

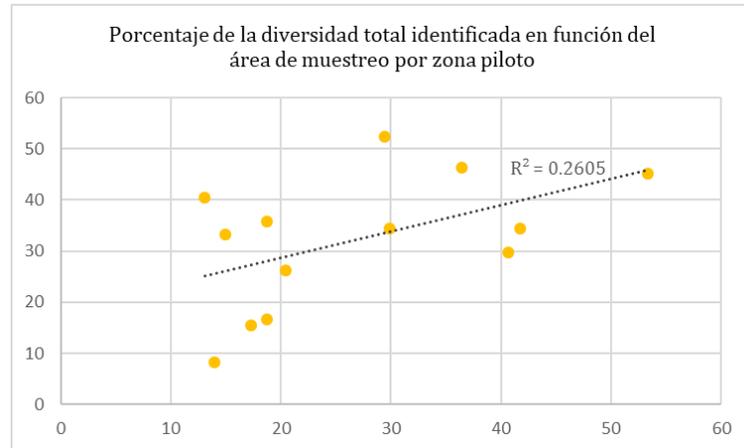
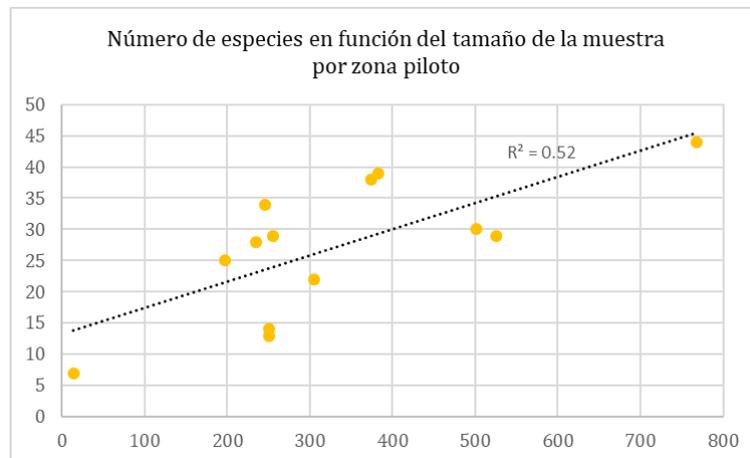


GRÁFICO 11: NÚMERO DE ESPECIES EN LAS ZONAS PILOTO Y CORRELACIÓN CON EL TAMAÑO DE LA MUESTRA



4.3. Diagnóstico de la diversidad y funcionalidad del arbolado por zona piloto

La densidad del arbolado es muy variable entre zonas, consecuentemente no se observa relación entre la diversidad registrada y la superficie de muestreo ($R^2 = 0.26$ Gráfico 10). Existe, no obstante, una correlación positiva leve ($R^2 = 0.52$) entre el tamaño de la muestra (es decir el número de árboles) y el número de especies identificadas por zona ($R^2 = 0.52$, Gráfico 11, Tabla 2) que limita una comparación categórica de la diversidad del arbolado entre zonas, a pesar de ello es posible detectar ciertos patrones.

TABLA 3: TAMAÑO DE LA MUESTRA Y DIVERSIDAD DE ESPECIES POR ZONA PILOTO

Código de la zona	Zonas piloto del área de estudio	Área de muestro en hectáreas	Número de árboles por zona	Número de especies identificadas	Porcentaje de la diversidad total identificada
DEL	La Delicia	40.63	197	25	29.76
KEN	Kennedy	36.45	383	39	46.43
BIC	Bicentenario	13.07	246	34	40.48
INA	Iñaquito	18.76	250	14	16.67
POR	Portugal	18.77	501	30	35.71
FLO	La Floresta	29.41	768	44	52.38
MIR	Miraflores	20.45	305	22	26.19
SBL	San Blas	29.88	255	29	34.52
RCH	Rodrigo de Chávez	14.96	235	28	33.33
TNT	Teniente Hugo Ortiz	41.73	525	29	34.52
MAY	Mayorista	13.98	14	7	8.3
QUI	Quitumbe	17.26	250	13	15.48
NAU	Nueva Aurora	53.32	374	38	45.24
Totales	13	348.67	4303	84	

GRÁFICO 12: PROPORCIÓN DE ESPECIES NATIVAS VS ESPECIES INTRODUCIDAS DE ARBOLADO EN LAS ZONAS PILOTO

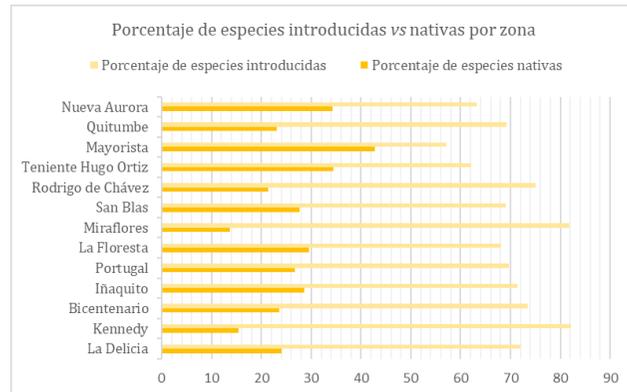
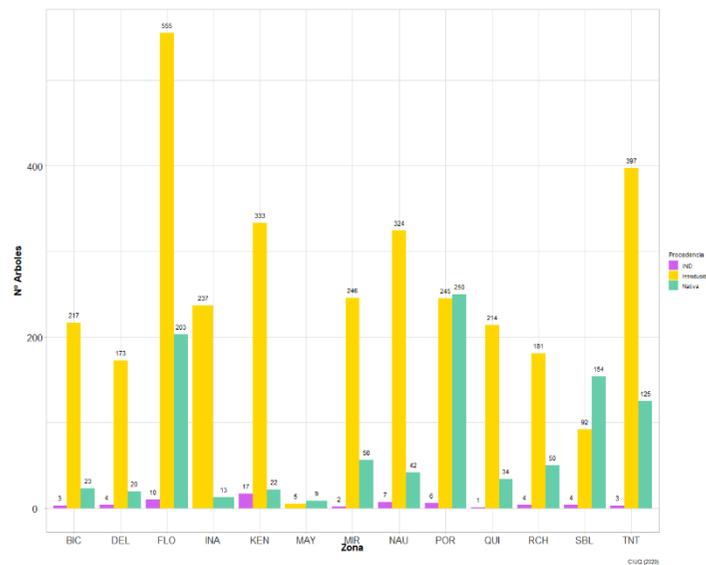


GRÁFICO 13: ABUNDANCIA RELATIVA DE ÁRBOLES POR PROCEDENCIA EN LAS ZONAS DE PILOTO



Con excepción de la zona del Mayorista, cuya muestra es muy pequeña para incluirla en el análisis comparativo, en las demás zonas, el número de especies nativas es en promedio un cuarto de la diversidad total identificada para cada zona (Tabla 3, Gráfico 12 y 13). En todas las zonas, las especies exóticas exhiben las más altas frecuencias, las excepciones a este patrón son La Portugal y San Blas, zonas en las que es una especie nativa (el Arupo rosado y el Tilo, respectivamente) es la que presenta mayor abundancia relativa (Gráficos 5, 22 y 28)

Por otra parte, las especies predominantes del universo de la muestra no están homogéneamente distribuidas en las zonas, exhiben dominancia en ciertas zonas mientras que en otras son inconspicuas o están ausentes. El Calistemo blanco (*Callistemon salignus* (Sm.) Colvill ex Sweet), es la especie dominante de Quitumbe, Iñaquito, Bicentenario y La Delicia, mientras que la Acacia negra (*Acacia melanoxylon* R.Br.) es la especie más frecuente en Nueva Aurora, Rodrigo de Chávez y la Floresta (Tabla 3).

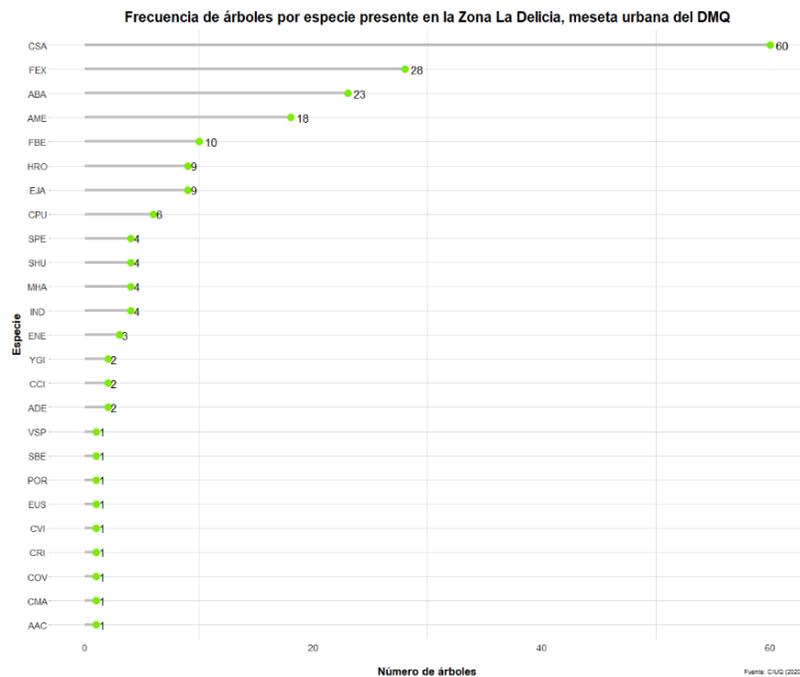
TABLA 4: PROPORCIÓN DE ESPECIES NATIVAS PRESENTES EN CADA ZONA

Código de la Zona	Zonas piloto	Número de especies	Especies nativas	Especies introducidas	Porcentaje de especies nativas
DEL	La Delicia	25	6	18	24
KEN	Kennedy	39	6	32	15.39
BIC	Bicentenario	34	8	25	23.53
INA	Iñaquito	14	4	10	28.57
POR	Portugal	30	8	21	26.67
FLO	La Floresta	44	13	30	29.55
MIR	Miraflores	22	3	18	13.64
SBL	San Blas	29	8	20	27.59
RCH	Rodrigo de Chávez	28	6	21	21.43
TNT	Teniente Hugo Ortiz	29	10	18	34.48
MAY	Mayorista	7	3	4	42.85 ³
QUI	Quitumbe	13	3	9	23.08
NAU	Nueva Aurora	38	13	24	34.21
Diversidad total		84	20	64	25.18 ⁴

³ Valor excluido del análisis dado el tamaño de la muestra

⁴ Porcentaje promedio de especies nativas por zonas excluyen el valor de la zona del Mayorista

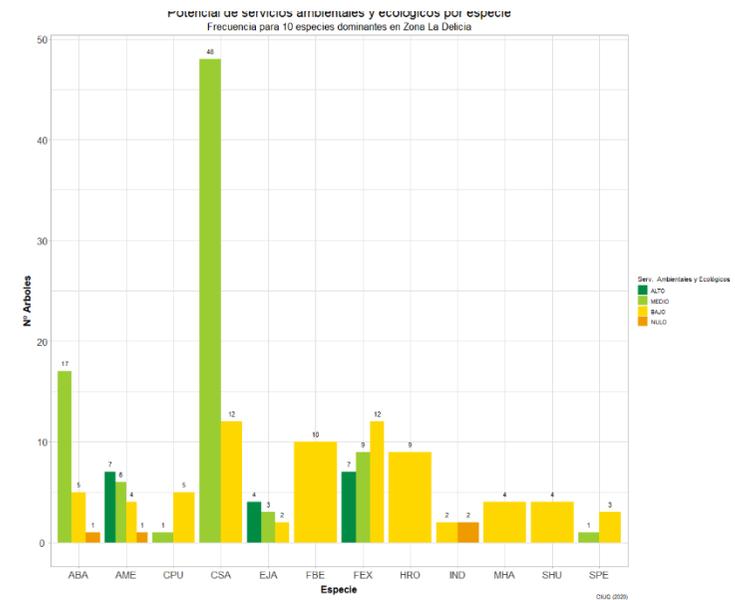
GRÁFICO 14: DIVERSIDAD Y FRECUENCIA DE ESPECIES DE ÁRBOLES EN LA ZONA LA DELICIA (197 ÁRBOLES)



4.3.1. Zona La Delicia

En la Delicia (40,63 ha) se identificaron 25 especies (cerca del 30% de la diversidad de la muestra, Tabla 3), sin embargo, no se puede decir que se trate de una zona de arbolado diverso ya que 10 de estas tiene frecuencias inferiores a 10 individuos y otras 9 están representadas por un solo árbol (en este último grupo están 2 especies nativas, el Aliso y el Tomarillo, Gráfico 14). El Calistemo blanco, el Fresno europeo y la Acacia negra dominan esta zona formando alineamientos de una misma especie en parterre, mientras que la Acacia purpúrea, forma franjas paralelas en aceras amplias al extremo oeste (Mapa 2). El mayor potencial de funcionalidad ambiental y ecológica reside en pocos árboles de Fresno europeo, Acacia negra y Níspero y en menor grado en los árboles de Calistemo blanco (con potencial medio, Gráfico 15). La mayoría de los árboles nativos de Arrayan, Sauce criollo y Tilo presentan un bajo potencial de servicios ambientales y ecológicos en la Delicia (Gráfico 15)

GRÁFICO 15: FRECUENCIA DE ÁRBOLES POR ESPECIE Y POR POTENCIAL DE SERVICIOS AMBIENTALES Y ECOLÓGICOS ZONA LA DELICIA



MAPA 2: DIVERSIDAD DEL ARBOLADO DE LA ZONA LA DELICIA

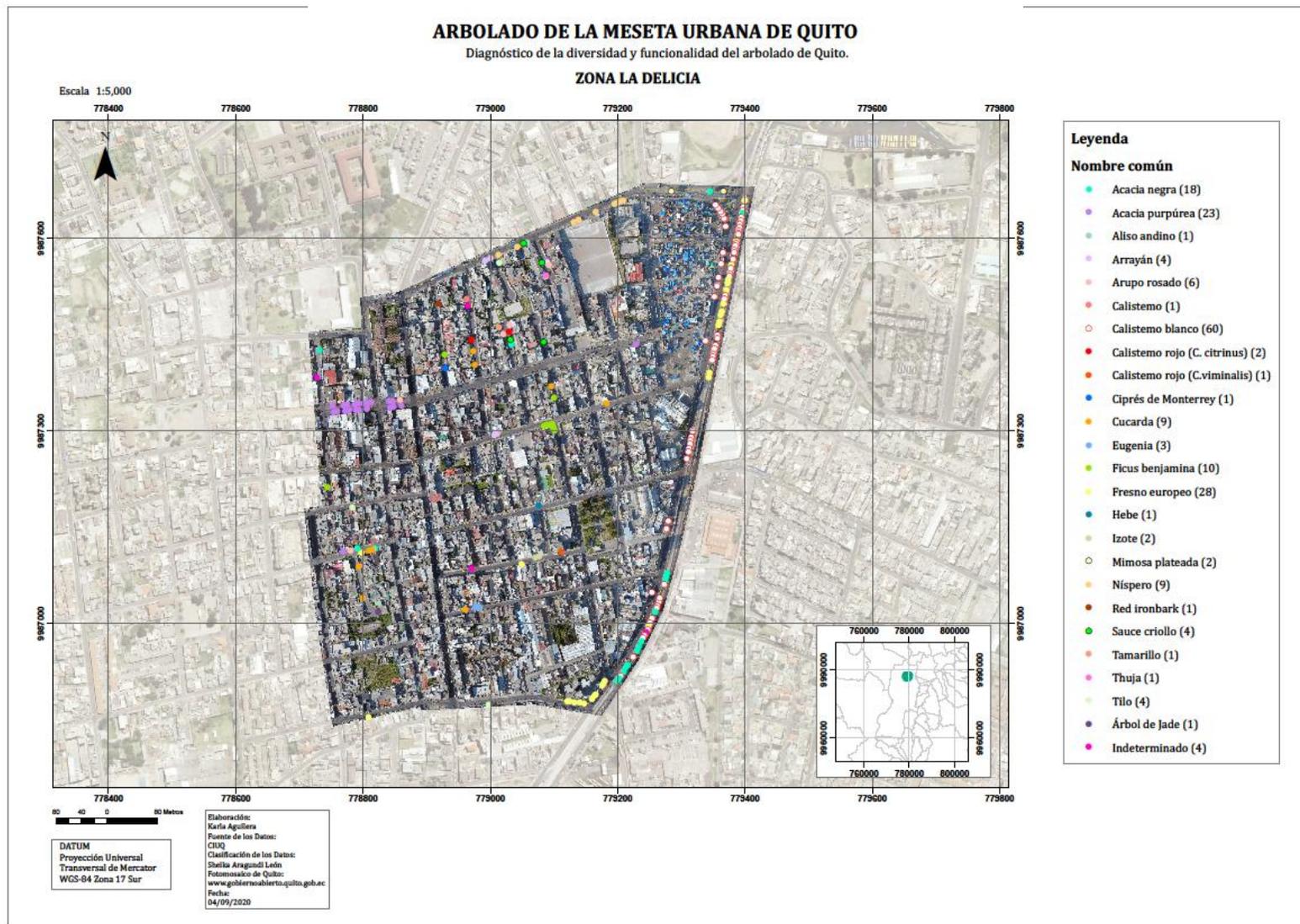


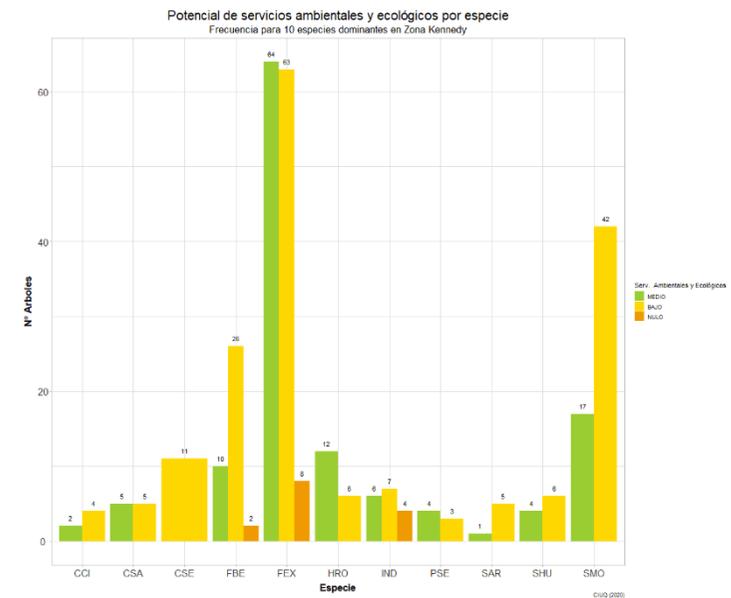
GRÁFICO 16: DIVERSIDAD Y FRECUENCIA DE ESPECIES DE ÁRBOLES EN LA ZONA KENNEDY (383 ÁRBOLES)



4.3.2. Zona Kennedy

A pesar de ser la segunda zona en términos de diversidad registrada de arbolado (39 especies, 46,43% de la diversidad total, Tabla 3), la Kennedy (36,46 ha) es una zona altamente monótona (después de Iñaquito), ya que la especie dominante, el Fresno europeo, duplica en abundancia a la segunda especie más frecuente (el Molle, predominantemente en parterre) y está homogéneamente distribuida en aceras y parterres (Mapa 3). Por otra parte 32 de las 36 especies están representadas por menos de 10 individuos (Gráfico 16) La funcionalidad ambiental y ecológica de la zona también presenta cierta monotonía en nivel medio y bajo de potencial de rendimiento ambiental y ecológico que corresponde a la frecuencia y distribución de los árboles de las especies dominantes en estos niveles de rendimiento (Gráfico 17).

GRÁFICO 17: FRECUENCIA DE ÁRBOLES POR ESPECIE Y POR POTENCIAL DE SERVICIOS AMBIENTALES Y ECOLÓGICOS ZONA KENNEDY



MAPA 3: DIVERSIDAD DEL ARBOLADO DE LA ZONA KENNEDY

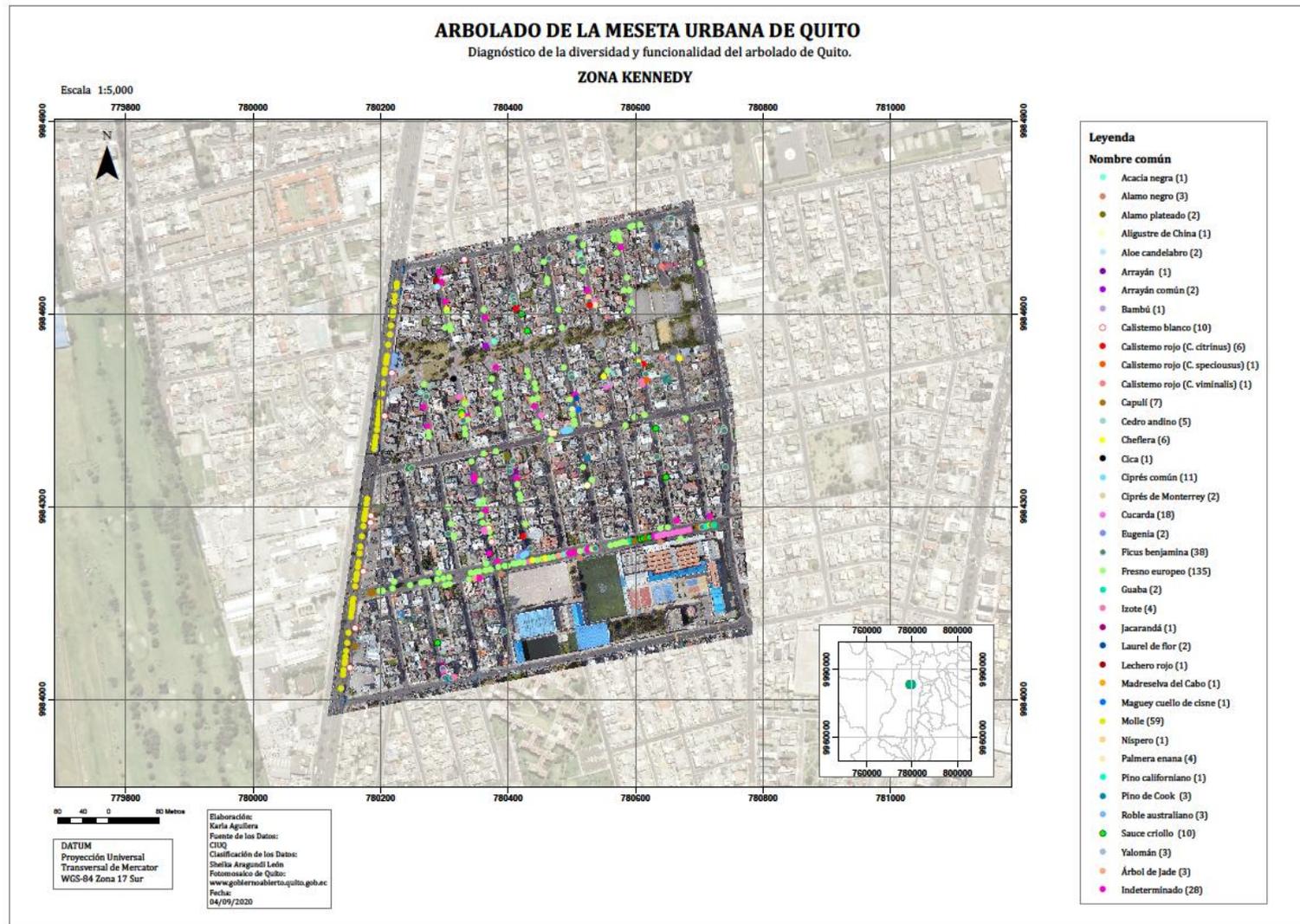
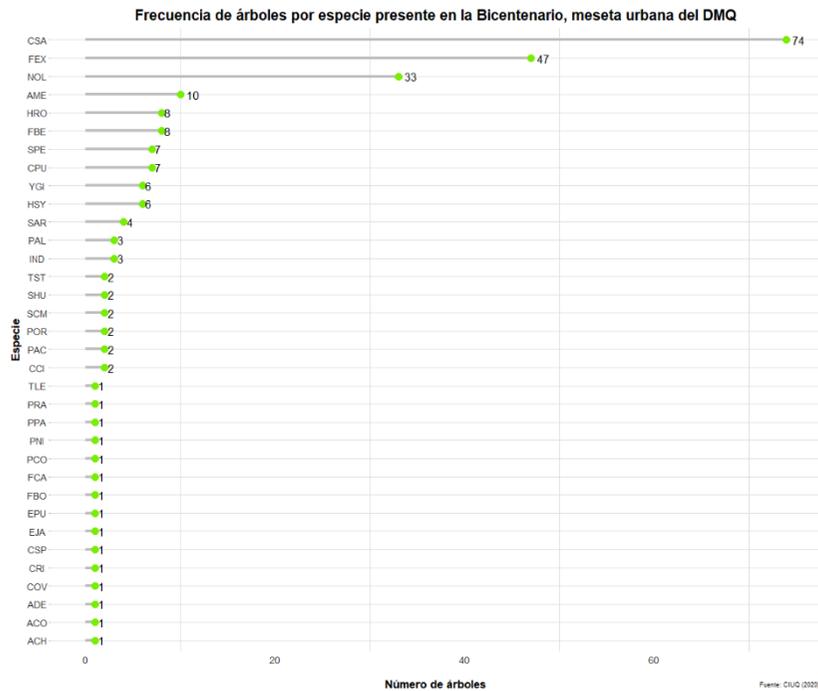


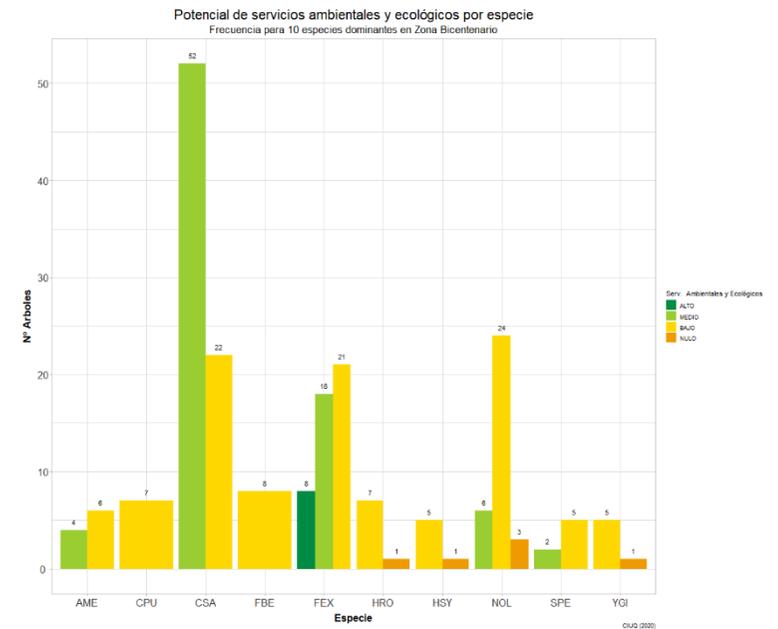
GRÁFICO 18: DIVERSIDAD Y FRECUENCIA DE ESPECIES DE ÁRBOLES EN LA ZONA BICENTENARIO (246 ÁRBOLES)



4.3.3. Zona Bicentenario

La zona del Bicentenario es la cuarta en número de especies identificadas (34, Tabla 3), sin embargo, al igual que las zonas anteriores presenta una baja equitabilidad, con 3 especies dominantes (Calistemo blanco, Fresno europeo y Laurel de flor, Gráfico 18) y 15 especies representadas por un solo árbol (Gráfico 18). En esta zona se puede observar gregarismo de las especies dominantes, formando alineamientos uniformes en acera y parterre de norte a sur (Calistemo blanco y Laurel de flor, Mapa 4) y de este a oeste (Fresno europeo, Mapa 4). El mayor potencial de funcionalidad ecológica y ambiental en esta zona corresponde a árboles de Fresno europeo y de Calistemo blanco en los bordes externos de esta zona de estudio (Mapa 4). La mayor parte de árboles nativos de Arupo rosado y Tilo en esta zona, presentan un bajo potencial de funcionalidad (Gráfico 19)

GRÁFICO 19: FRECUENCIA DE ÁRBOLES POR ESPECIE Y POR POTENCIAL DE FUNCIONALIDAD AMBIENTAL Y ECOLÓGICA ZONA BICENTENARIO



MAPA 4: DIVERSIDAD DEL ARBOLADO DE LA ZONA BICENTENARIO

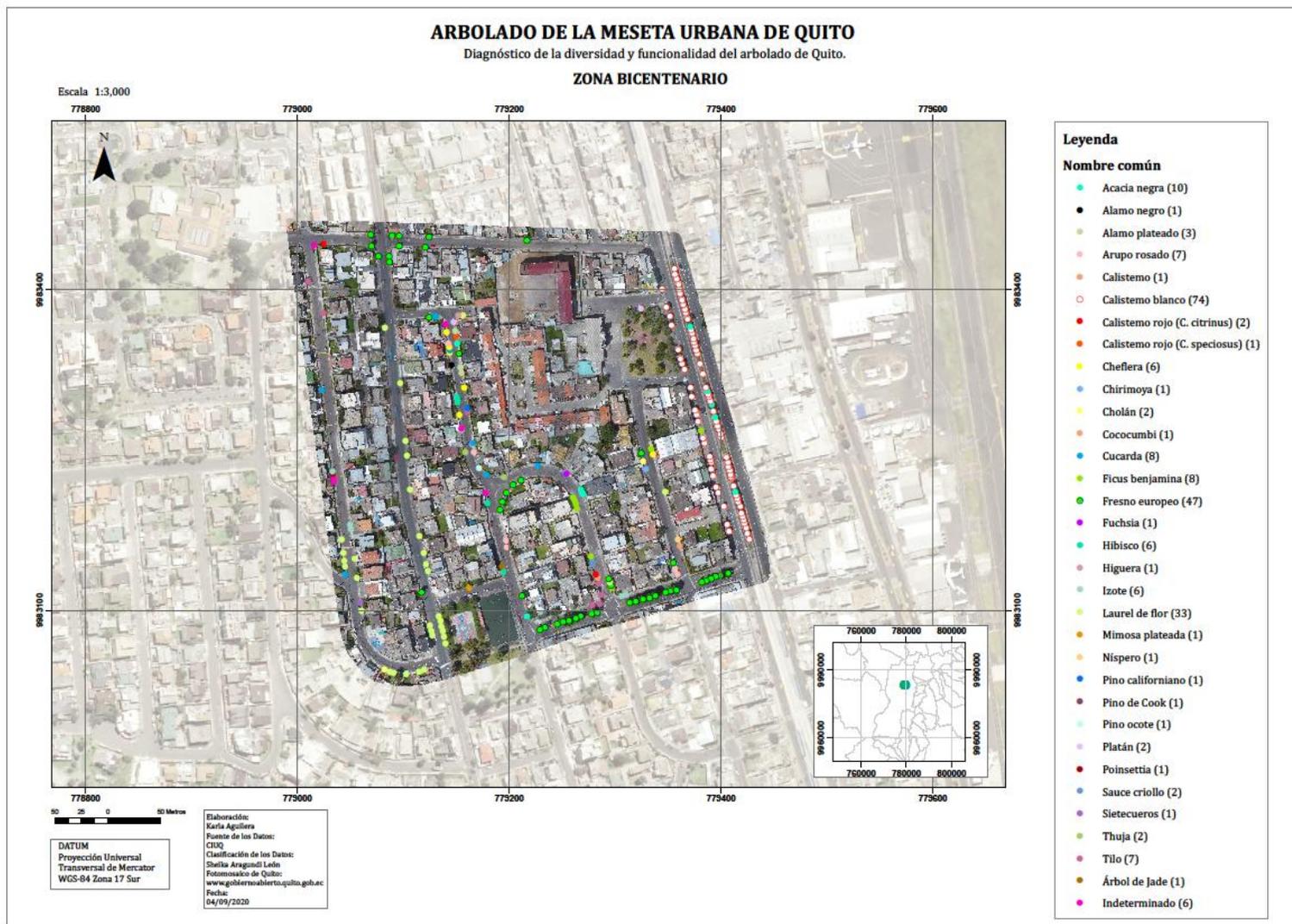
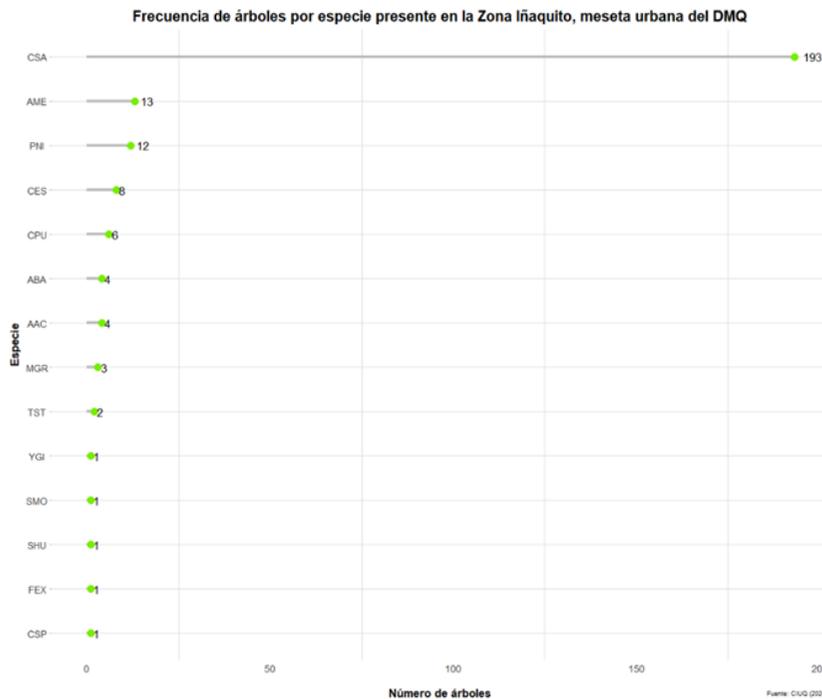


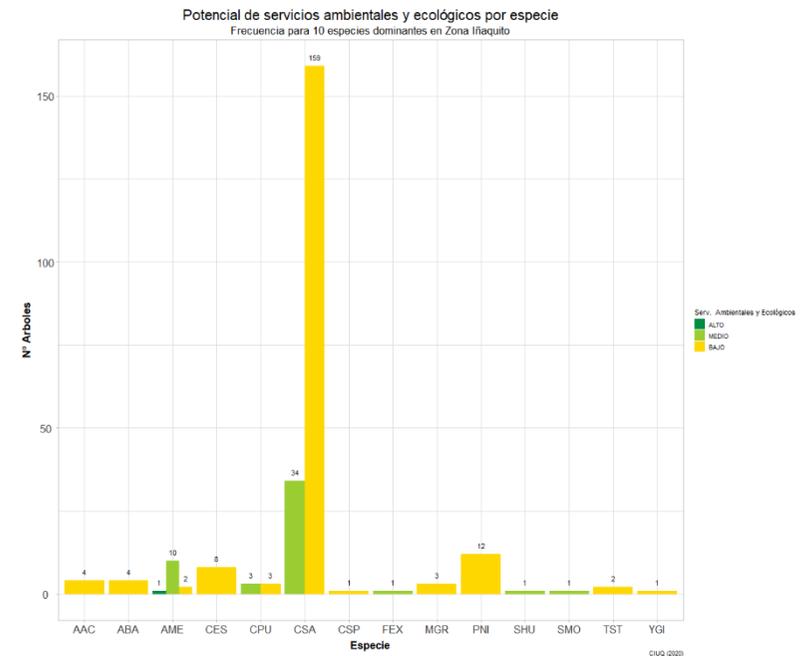
GRÁFICO 20: DIVERSIDAD Y FRECUENCIA DE ESPECIES DE ÁRBOLES EN LA ZONA IÑAQUITO (250 ÁRBOLES)



4.3.4. Zona Iñaquito

Iñaquito (18,76 ha) es una de las zonas con menor diversidad y menor equitabilidad de arbolado de las 13 zonas piloto (Tabla 3, Gráfico 20). Iñaquito posee un poco menos del 17% de la diversidad total y la especie dominante, el Calistemo blanco, tiene una frecuencia 15 veces mayor que la segunda especie más abundante (la Acacia negra; Gráfico 20) y está emplazada predominantemente en 2 de los 3 ejes norte sur de esta zona de estudio (Mapa 5). La mayoría de los árboles de Calistemo blanco presentan un bajo potencial de funcionalidad ambiental y ecológica Gráfico 21) que, dada la dominancia y disposición espacial de la especie, determinan bajas condiciones de termorregulación, intercepción e interacciones interespecíficas para toda la zona.

GRÁFICO 21: FRECUENCIA DE ÁRBOLES POR ESPECIE Y POR POTENCIAL DE FUNCIONALIDAD AMBIENTAL Y ECOLÓGICA ZONA IÑAQUITO



MAPA 5: DIVERSIDAD DEL ARBOLADO DE LA ZONA IÑAQUITO

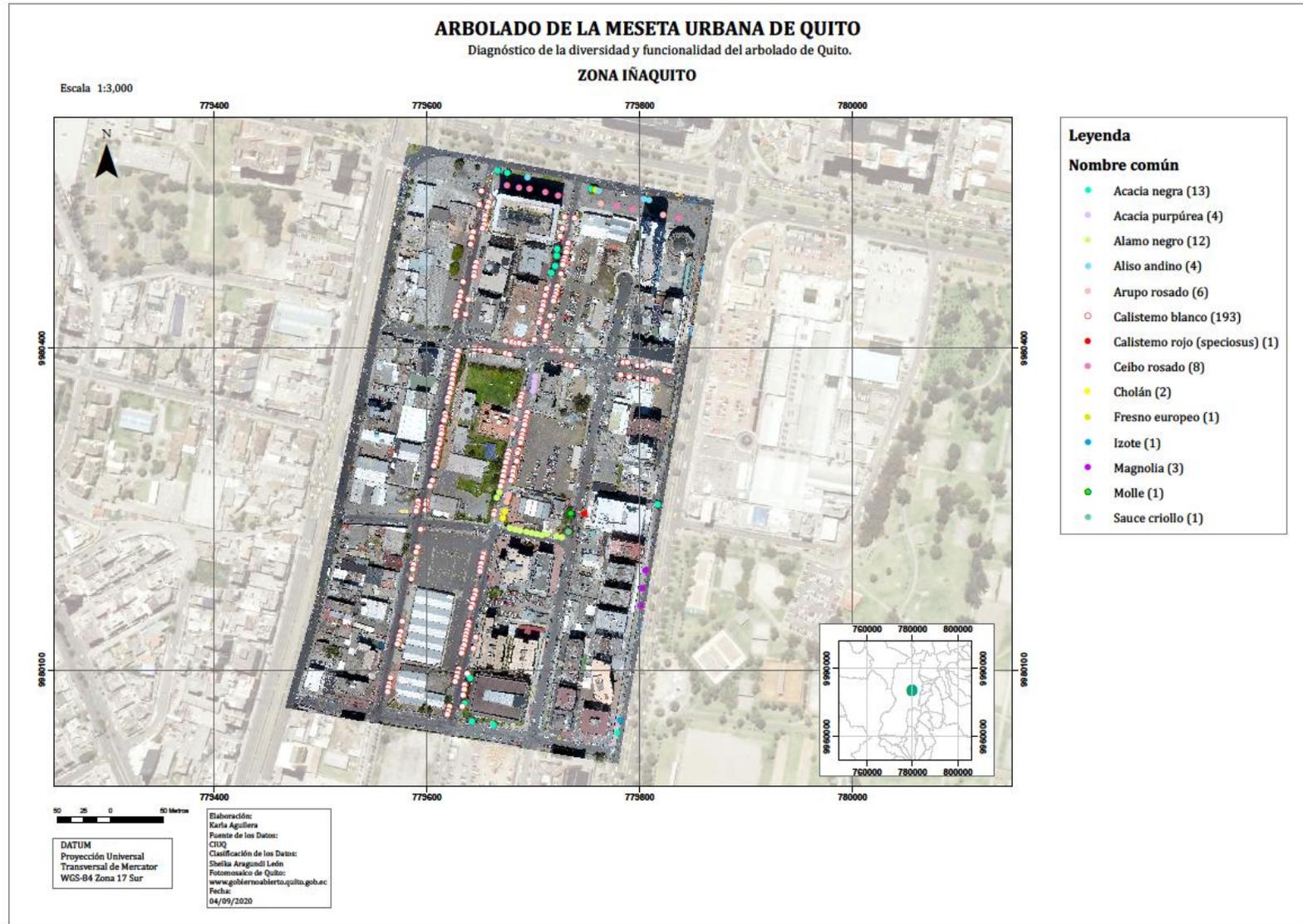
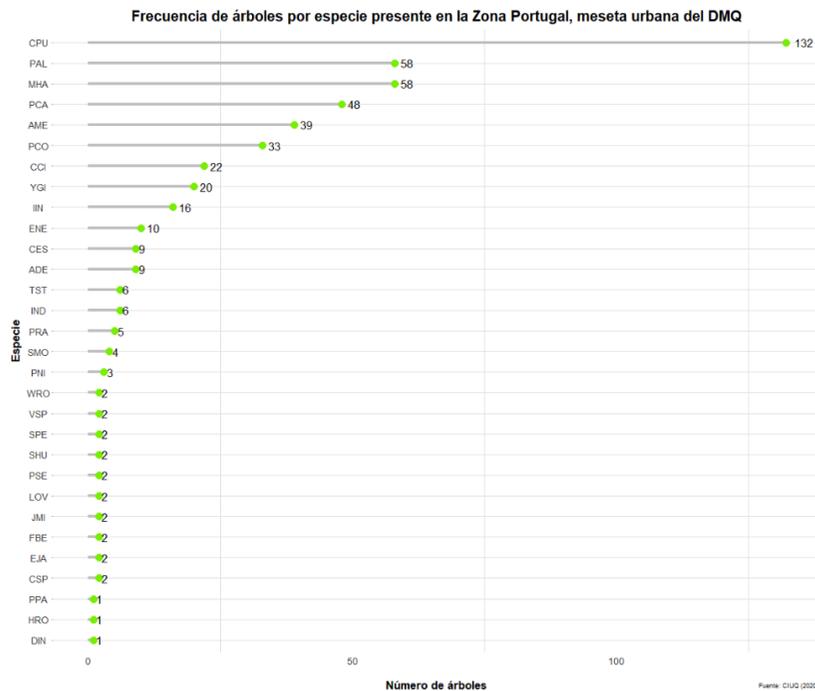


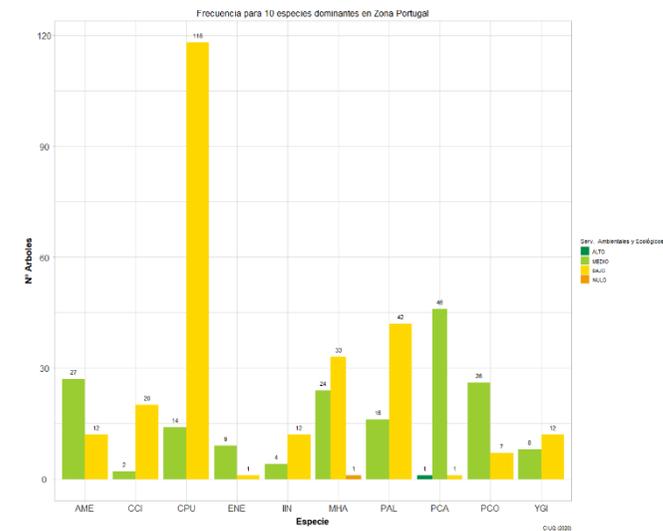
GRÁFICO 22: DIVERSIDAD Y FRECUENCIA DE ESPECIES DE ÁRBOLES EN LA ZONA PORTUGAL (501 ÁRBOLES)



4.3.5. Zona Portugal

En la Portugal (18.77ha) se registraron 30 especies de árboles, de las cuales 8 son nativas (Tabla 3, Grafico 20). De este último grupo, el Arupo rosado y el Arrayán son las especies en primero y tercer lugar de abundancia relativa en la zona (Gráfico 22) distribuyéndose en alineamientos paralelos de una misma especie en aceras de norte a sur y de este a oeste (Mapa 6). La Palma canaria y el izote presentan un patrón similar de distribución en parterres (Mapa 6). La mayoría de los árboles de Arupo rosado y de Arrayán son jóvenes por lo que su dosel es aún pequeño y poco denso lo que resulta en un potencial bajo de funcionalidad ambiental y ecológica para esta zona (Gráfico 23)

GRÁFICO 23: FRECUENCIA DE ÁRBOLES POR ESPECIE Y POR POTENCIAL DE FUNCIONALIDAD AMBIENTAL Y ECOLÓGICA ZONA PORTUGAL



MAPA 6: DIVERSIDAD DEL ARBOLADO DE LA ZONA PORTUGAL

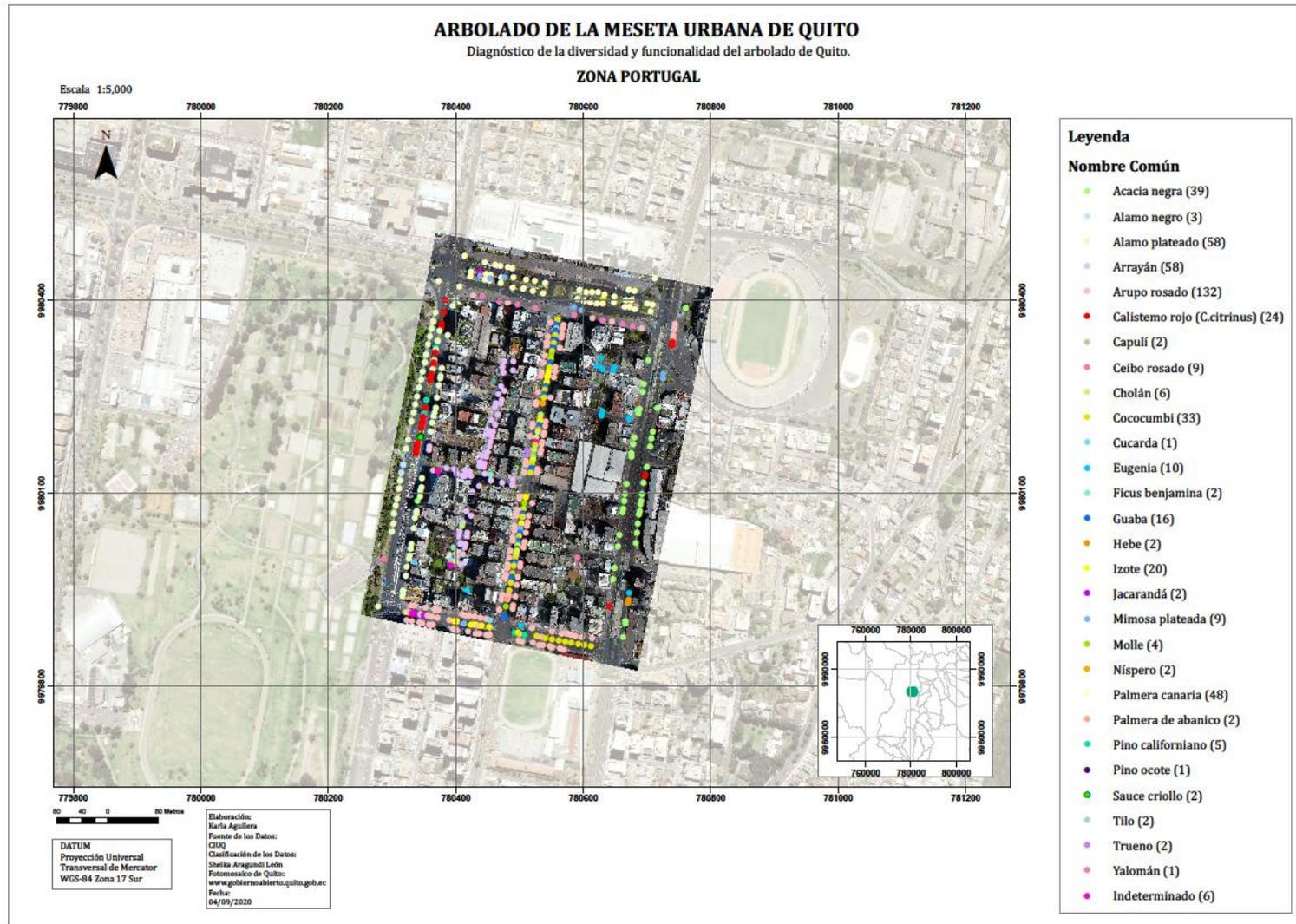
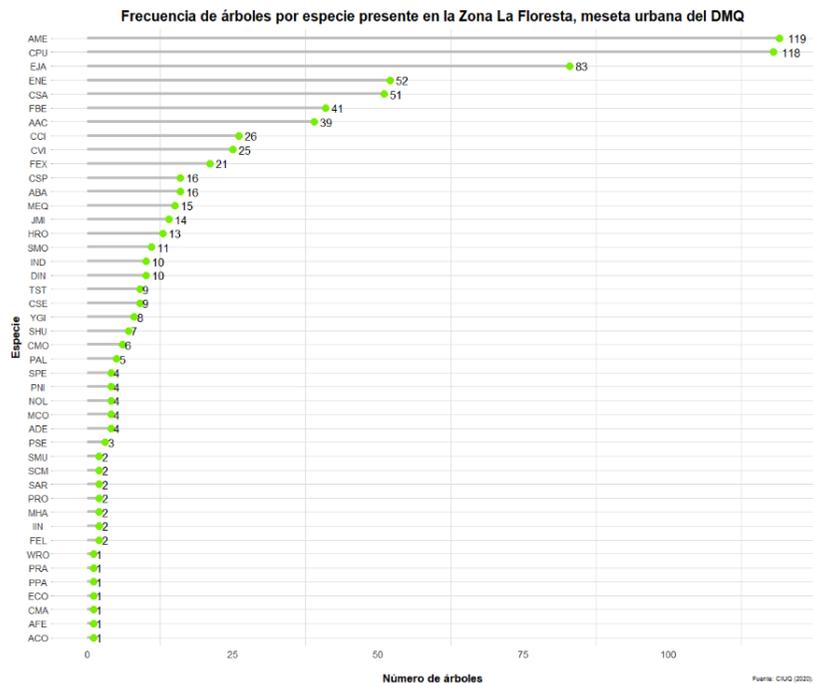


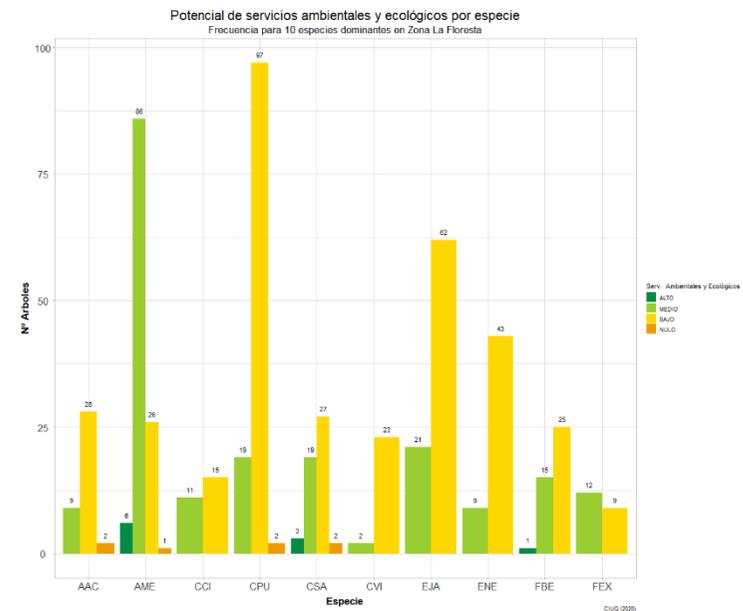
GRÁFICO 24: DIVERSIDAD Y FRECUENCIA DE ESPECIES DE ÁRBOLES EN LA ZONA LA FLORESTA (768 ÁRBOLES)



4.3.6. Zona La Floresta

En la zona de La Floresta (29,41 ha) se identificaron 44 especies, de las cuales 13 son nativas (Tabla 4). La distribución de las frecuencias de las especies en esta zona es relativamente gradual (Gráfico 24), y una de las especies dominantes, el Arupo rosado, esta homogéneamente distribuida en la zona, lo que le confiere cierta heterogeneidad (Mapa7). Aun así, se puede apreciar una dicotomía espacial con abundantes árboles de Acacia negra hacia el noroeste y nísperos hacia el sureste (Mapa 7). El mayor potencial de funcionalidad ambiental y ecológica reside en los árboles maduros de Acacia negra y nísperos (Gráfico 25). La mayor parte de árboles de Arupo rosado, son jóvenes, de ahí su bajo potencial de rendimiento ambiental y ecológico en la zona.

GRÁFICO 25: FRECUENCIA DE ÁRBOLES POR ESPECIE Y POR POTENCIAL DE FUNCIONALIDAD AMBIENTAL Y ECOLÓGICA ZONA LA FLORESTA



MAPA 7: DIVERSIDAD DEL ARBOLADO DE LA ZONA LA FLORESTA

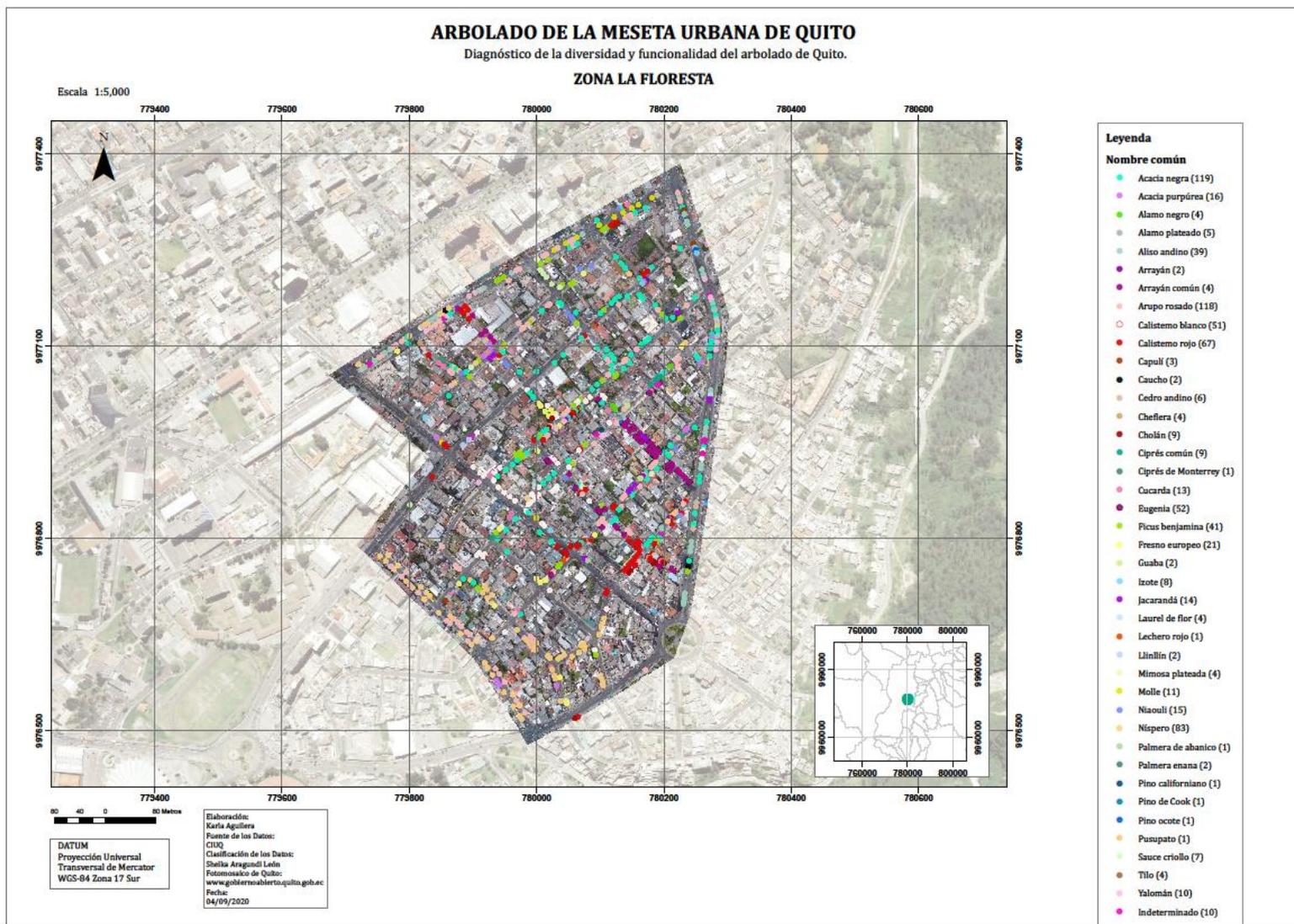
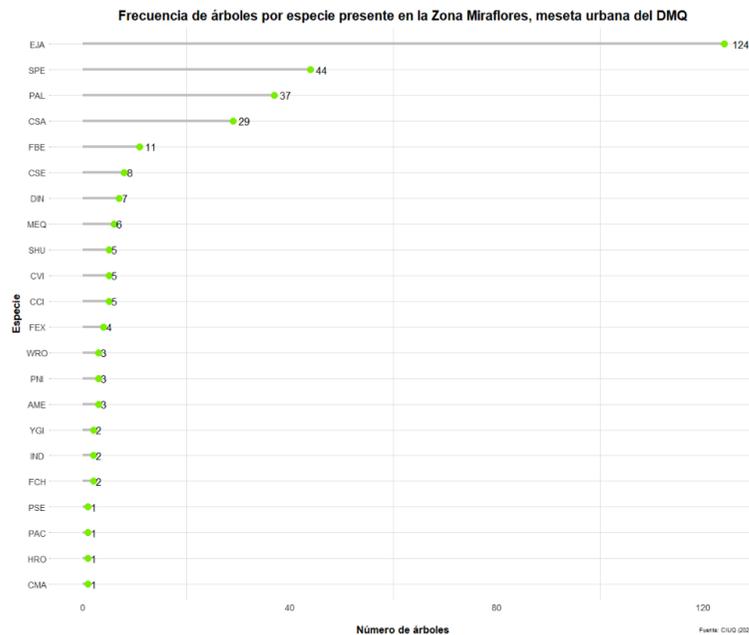


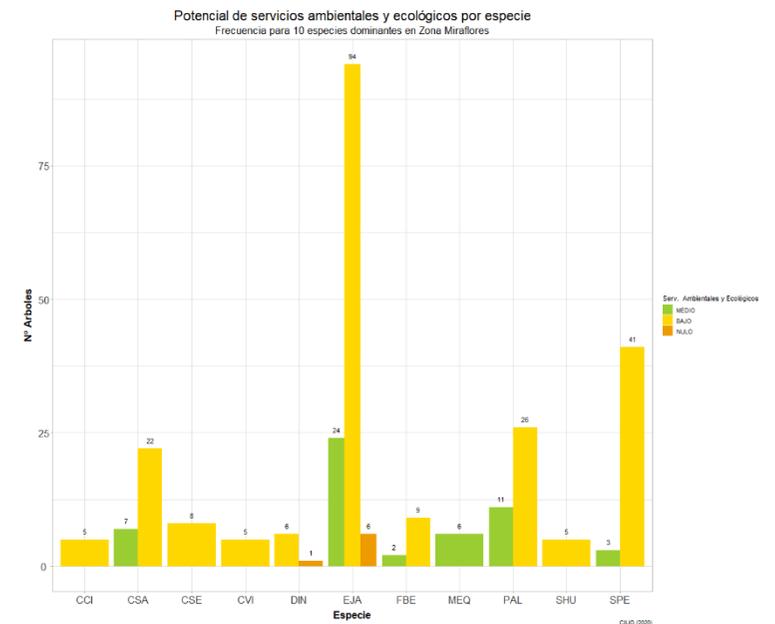
GRÁFICO 26: DIVERSIDAD Y FRECUENCIA DE ESPECIES DE ÁRBOLES EN LA ZONA MIRAFLORES (305 ÁRBOLES)



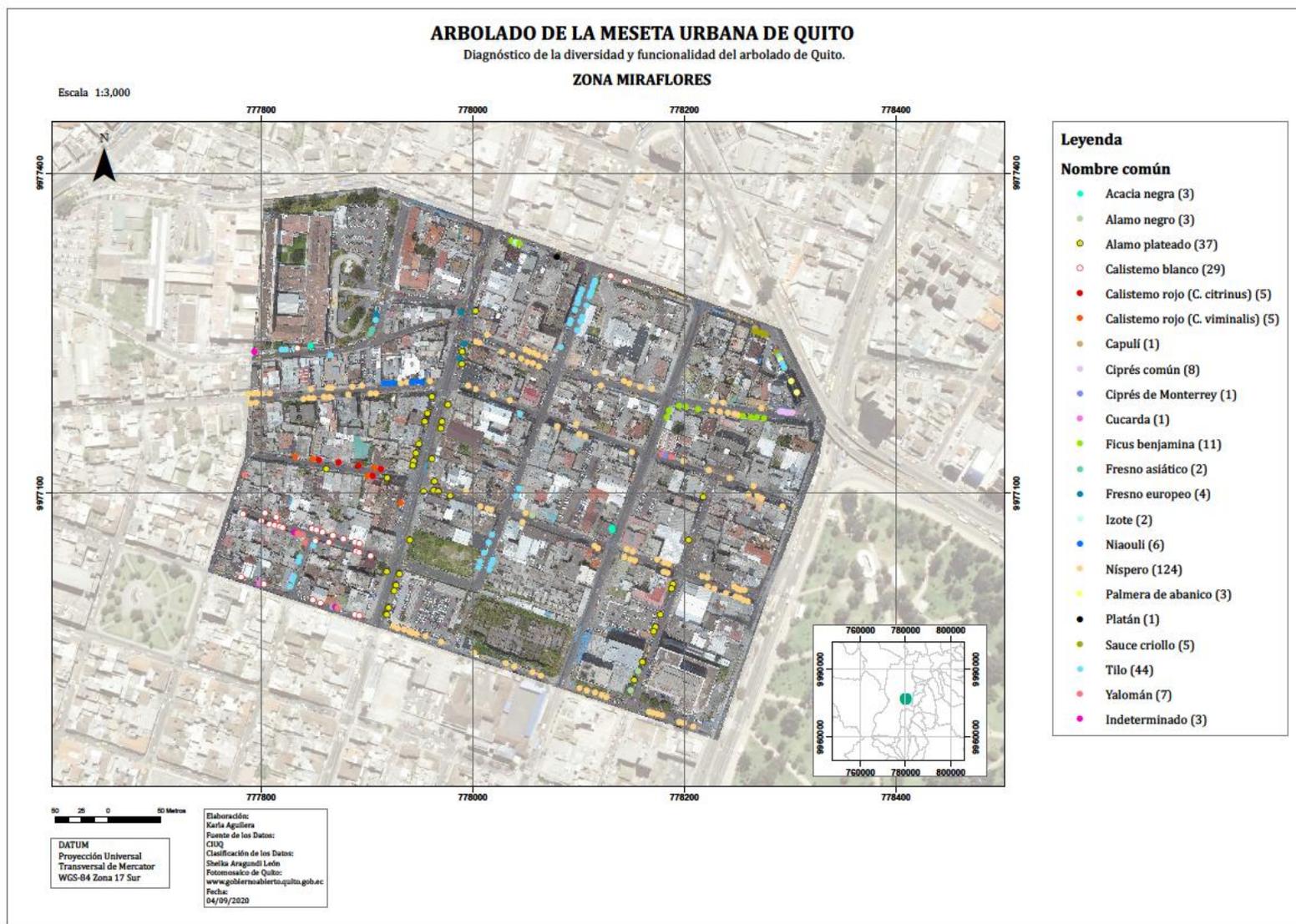
4.3.7. Zona Miraflores

Con 26 % de la diversidad total y baja equitabilidad, Miraflores (20.45 ha) es una de las zonas con menor diversificación del arbolado (Tabla 3, Gráfico 26). El Níspero, domina en 4 de los 6 ejes este-oeste en acera mientras que el Tilo, segunda especie más frecuente en la zona, predomina en el eje central norte-sur (Mapa 8). Las demás especies, de menor frecuencia, también forman alineamientos monótonos en aceras distinguiéndose una zona de Calistemos blancos y rojos en el extremo sureste y otra de Ficus benjamina al noroeste (Mapa 8). La mayoría de los árboles independientemente de la especie tienen un bajo potencial de funcionalidad ambiental y ecológica, con la excepción de los árboles maduros de Niaouli (MEQ) y algunos árboles de Níspero, Álamo plateado, Calistemo blanco y tilo cuya estatura y dosel les permite rendir en nivel medio (Gráfico 27)

GRÁFICO 27: FRECUENCIA DE ÁRBOLES POR ESPECIE Y POR POTENCIAL DE FUNCIONALIDAD AMBIENTAL Y ECOLÓGICA ZONA MIRAFLORES



MAPA 8: DIVERSIDAD DEL ARBOLADO DE LA ZONA MIRAFLORES



4.3.8. Zona San Blas

La zona de San Blas (29.88 ha) es excepcional en lo que respecta a la procedencia de las especies dominantes: las 3 especies de mayor abundancia en esta zona son nativas (Gráfico 28). En los demás aspectos de la diversidad y funcionalidad, San Blas guarda similitud con las zonas anteriormente descritas, es decir la equitabilidad es baja observándose alineamientos monótonos de las especies dominantes. La excepción a este patrón es la alternancia de Pusupatos y Nísperos en la acera que bordea el Parque Itchimbía (Mapa 9). La mayor parte de los árboles presentan bajo potencial de rendimiento ambiental y ecológico (Gráfico 29) ya sea porque se trata de árboles jóvenes (Pusupatos, Calistemos rojos y Sauces) o porque han sufrido podas severas (Tilos maduros).

GRÁFICO 28: DIVERSIDAD Y FRECUENCIA DE ESPECIES DE ÁRBOLES EN LA ZONA SAN BLAS (255 ÁRBOLES)

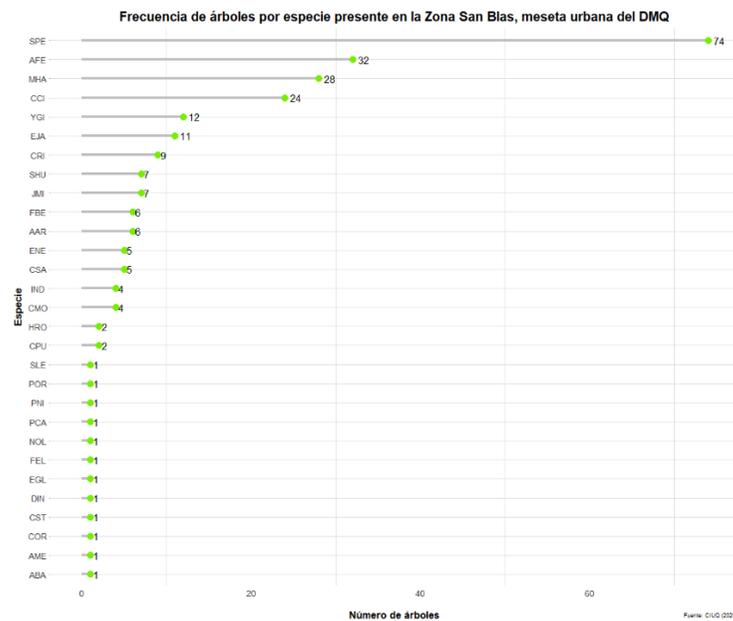
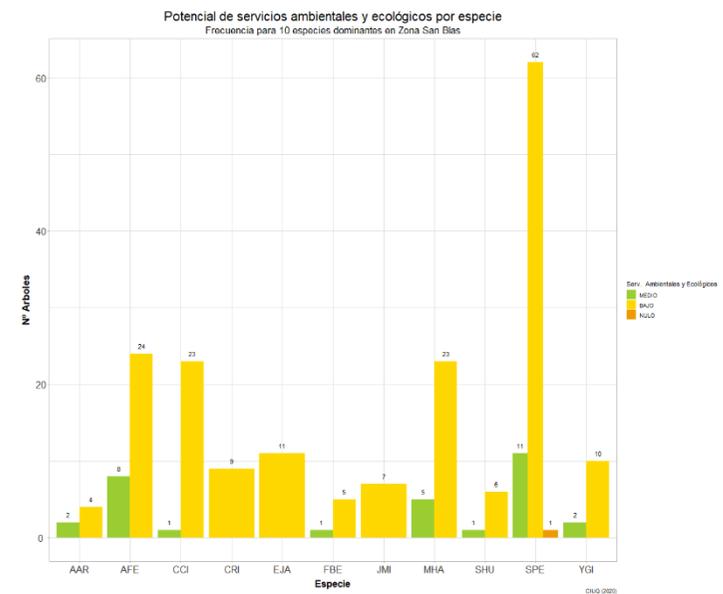
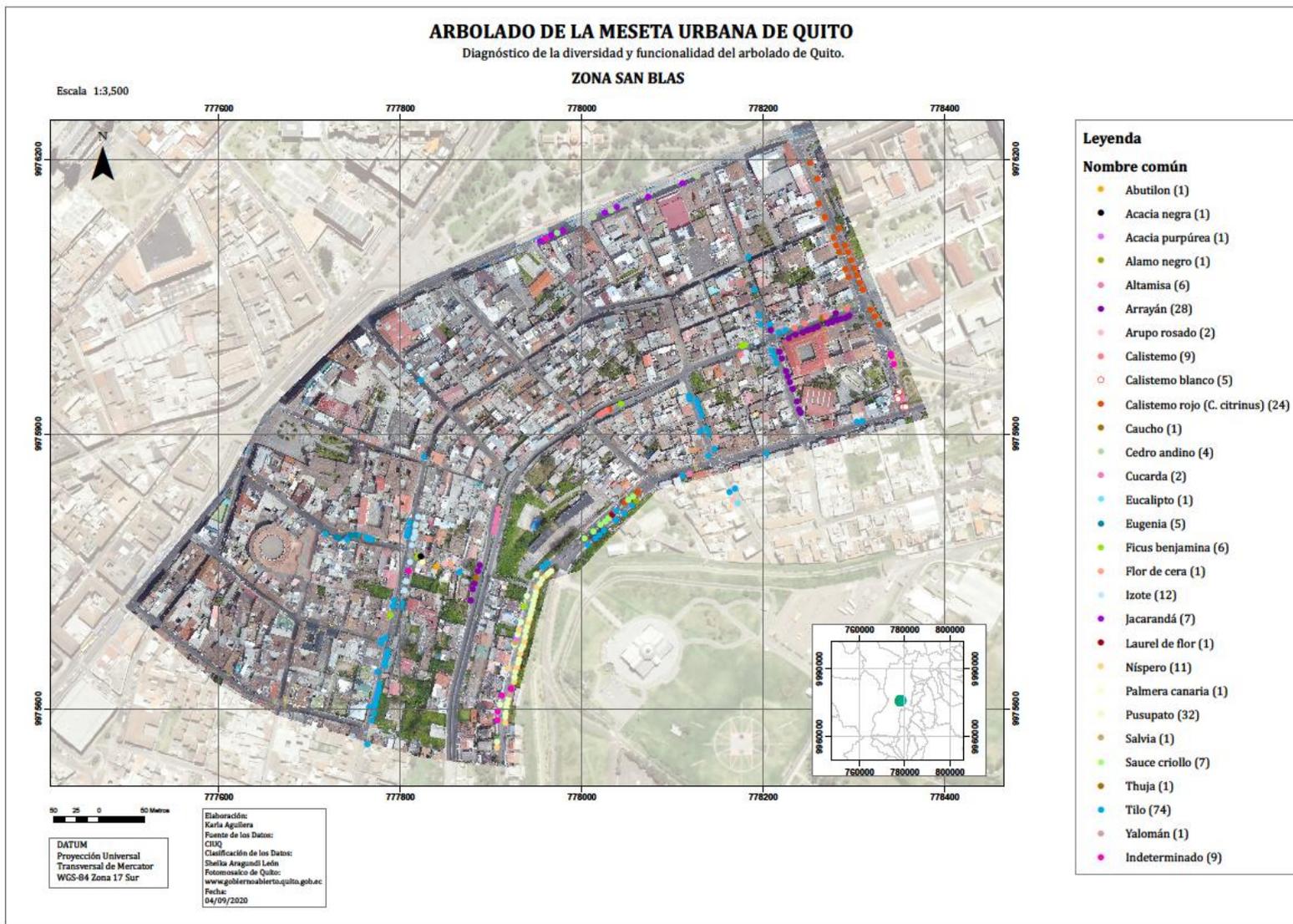


GRÁFICO 29: FRECUENCIA DE ÁRBOLES POR ESPECIE Y POR POTENCIAL DE FUNCIONALIDAD AMBIENTAL Y ECOLÓGICA ZONA SAN BLAS



MAPA 9: DIVERSIDAD DEL ARBOLADO DE LA ZONA SAN BLAS



4.3.9. Zona Rodrigo de Chávez

En la zona Rodrigo de Chávez (14.96 ha) se identificaron 28 especies, 6 de estas son nativas (Tabla 4). Si bien se observa dominancia de 2 especies, las diferencias en la abundancia relativa de las especies de este ensamblaje zonal son más bien paulatinas (Gráfico 30). Esta mayor equitabilidad no es evidente en el terreno ya que se observan ejes mono específicos de este a oeste (Acacia negra) y de norte a sur (Laurel de Flor y Níspero; Mapa 10). El mayor potencial de funcionalidad ambiental y ecológica en esta zona viene de la mayoría de individuos de Cocumbi y de árboles maduros de la Acacia negra (Gráfico 31). Aunque el Laurel de flor tiene alta frecuencia, la gran mayoría de los individuos de esta especie han sido mutilados, y su potencial de funcionalidad es consecuentemente bajo.

GRÁFICO 30: DIVERSIDAD Y FRECUENCIA DE ESPECIES DE ÁRBOLES EN LA ZONA RODRIGO DE CHÁVEZ (235 ÁRBOLES)

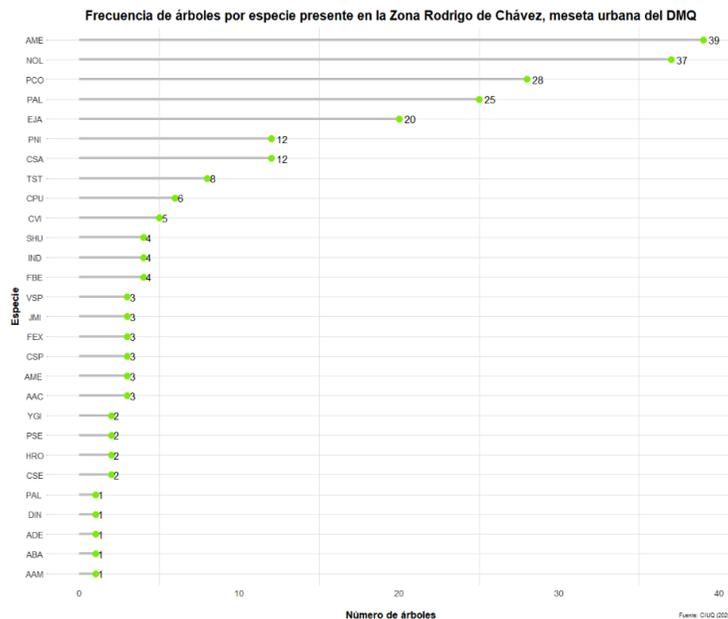
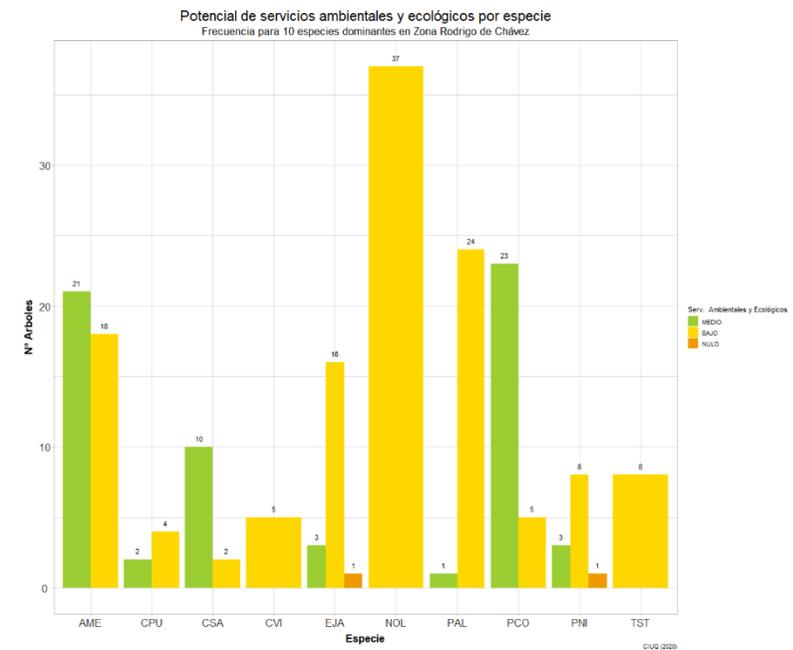


GRÁFICO 31: FRECUENCIA DE ÁRBOLES POR ESPECIE Y POR POTENCIAL DE FUNCIONALIDAD AMBIENTAL Y ECOLÓGICA ZONA RODRIGO DE CHÁVEZ



MAPA 10: DIVERSIDAD DEL ARBOLADO DE LA ZONA RODRIGO DE CHÁVEZ

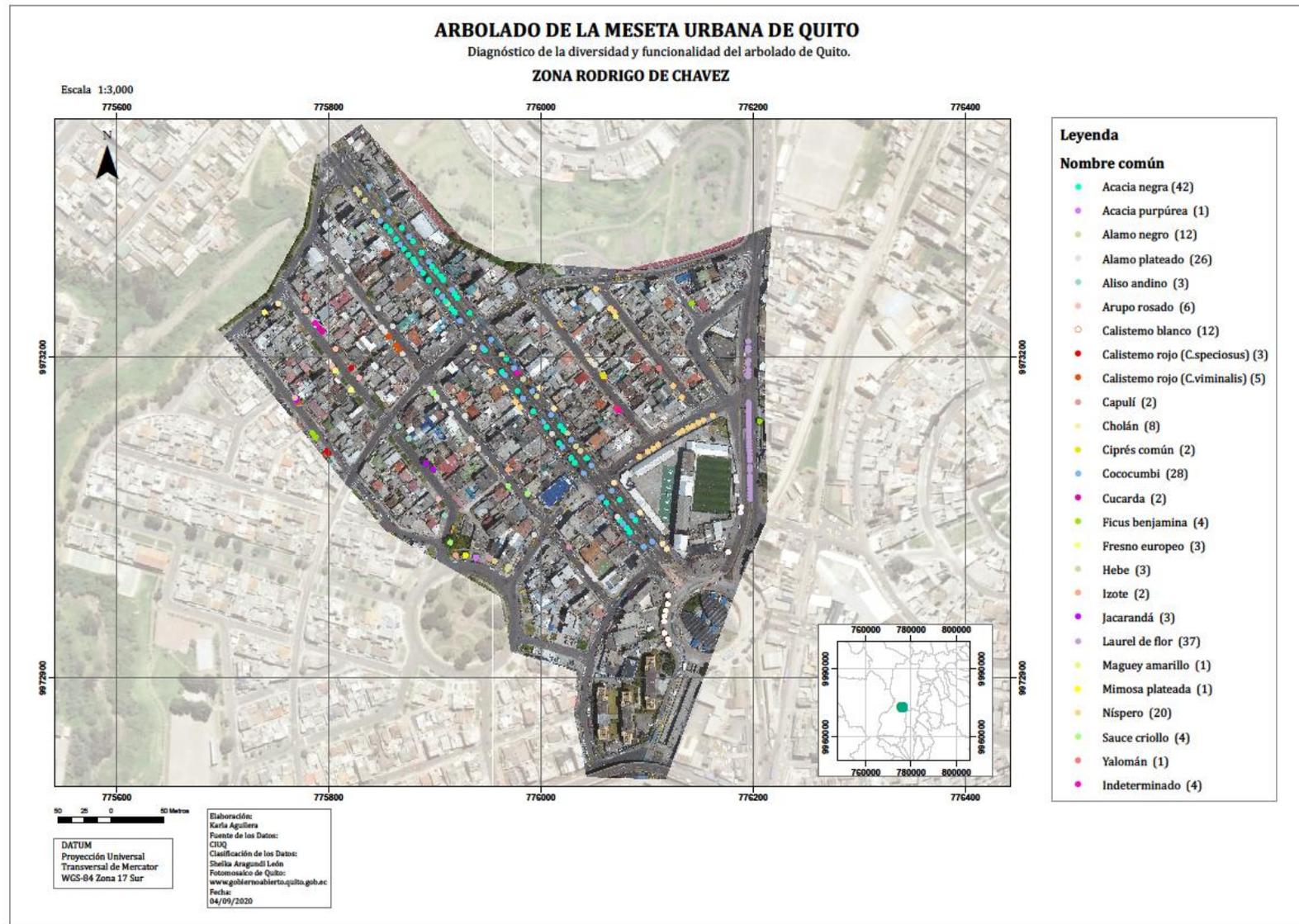
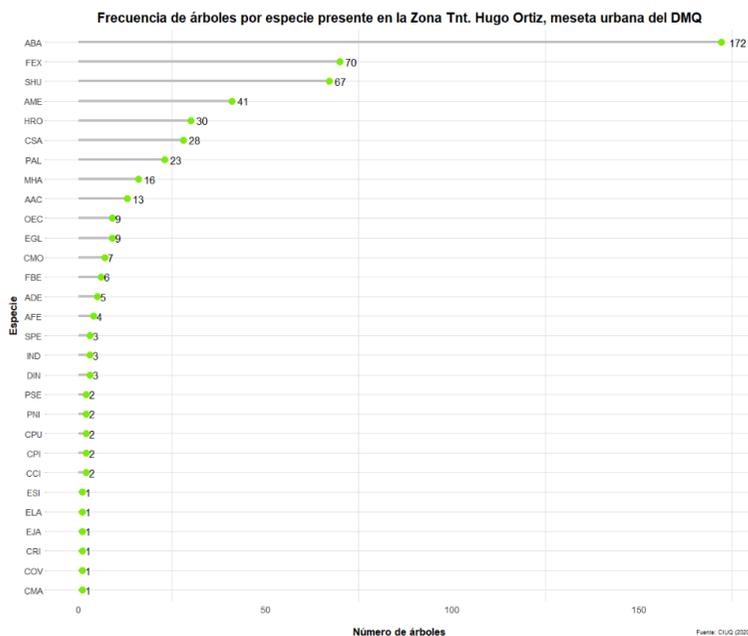


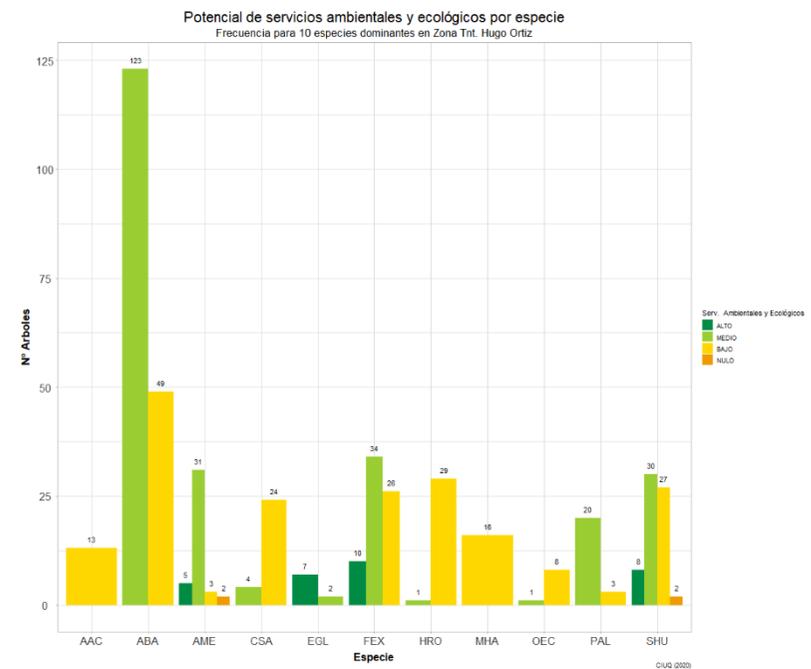
GRÁFICO 32: DIVERSIDAD Y FRECUENCIA DE ESPECIES DE ÁRBOLES EN LA ZONA TENIENTE HUGO ORTIZ (525 ÁRBOLES)



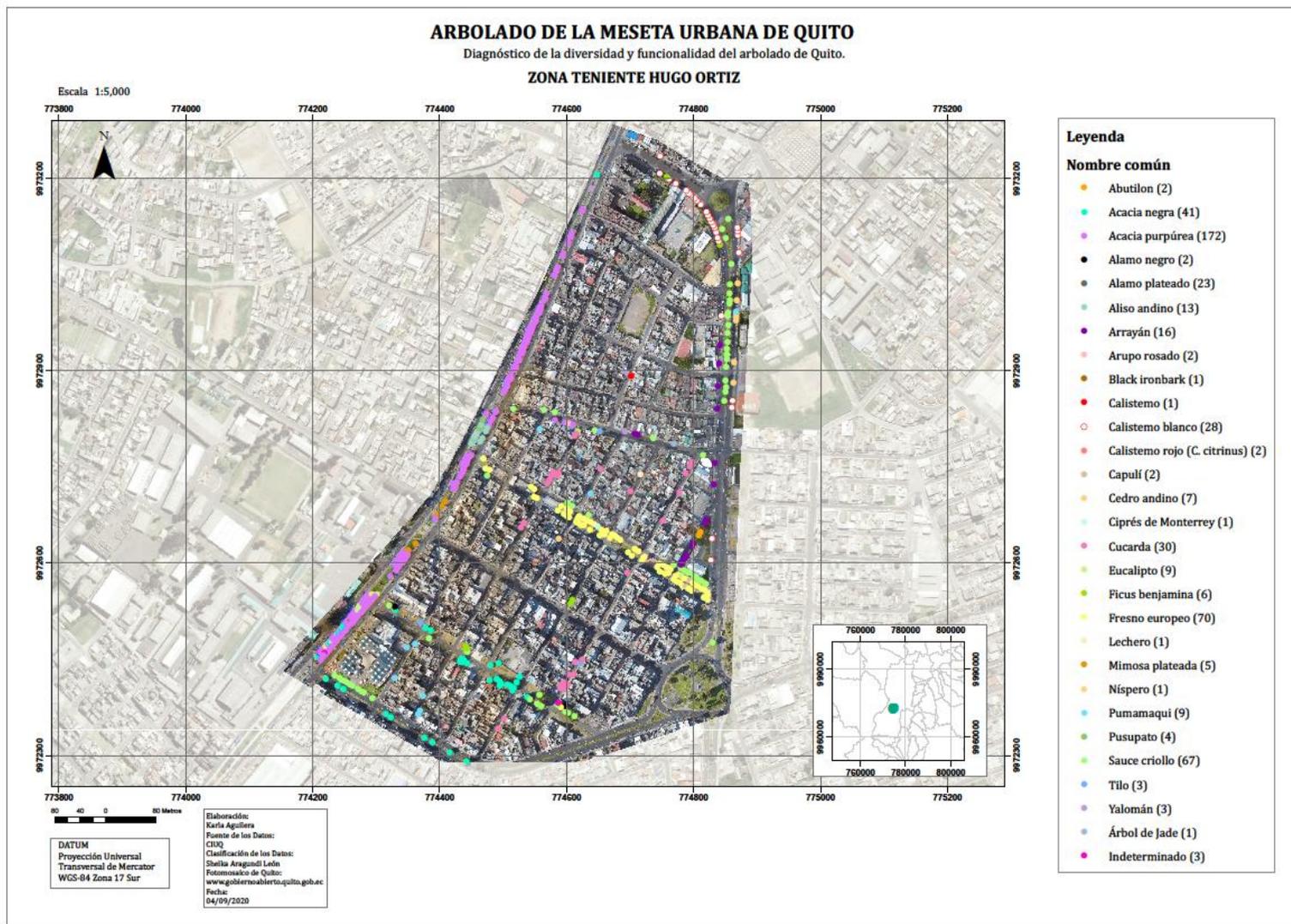
4.3.10. Zona Teniente Hugo Ortiz

Teniente Hugo Ortiz presenta dominancia de la Acacia purpurea y baja equitabilidad con frecuencias inferiores a 5 individuos por especie para 15 de las 29 especies registradas (Gráfico 32). Las especies dominantes forman alineamientos mono específicos de norte a sur (Acacia purpúrea y Ficus benjamina) y de este a oeste (Acacia negra y Fresno europeo; Mapa 11). Esta zona es excepcional en cuanto a la alta frecuencia de árboles adultos y maduros con potencial alto y medio de funcionalidad ambiental y ecológica, principalmente en las poblaciones de Acacia purpúrea, Acacia negra, Fresno europeo, Álamo plateado y Sauce criollo (Gráfico 33). La mayor parte de árboles de Aliso en la zona son jóvenes lo que se refleja en su bajo potencial de rendimiento ambiental y ecológico.

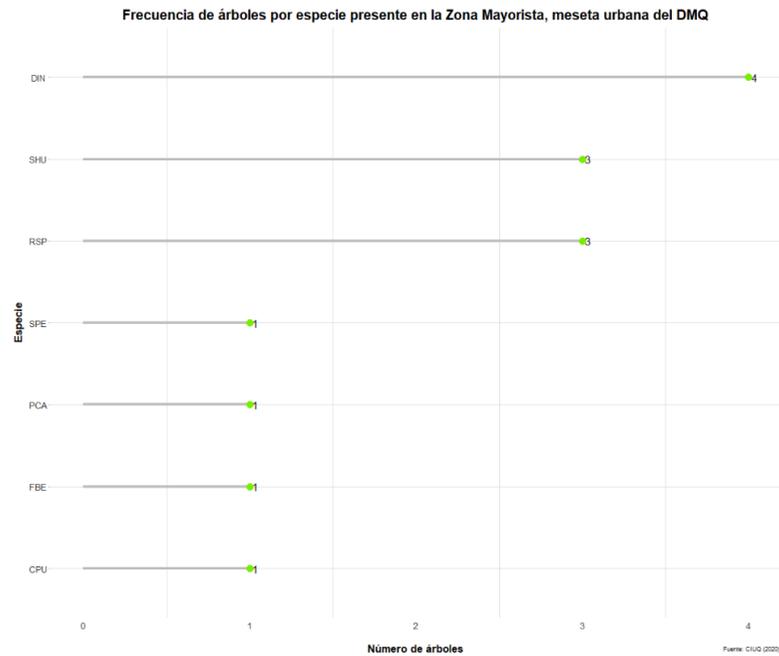
GRÁFICO 33: FRECUENCIA DE ÁRBOLES POR ESPECIE Y POR POTENCIAL DE FUNCIONALIDAD AMBIENTAL Y ECOLÓGICA ZONA TENIENTE HUGO ORTIZ



MAPA 11: DIVERSIDAD DEL ARBOLADO DE LA ZONA TENIENTE HUGO ORTIZ



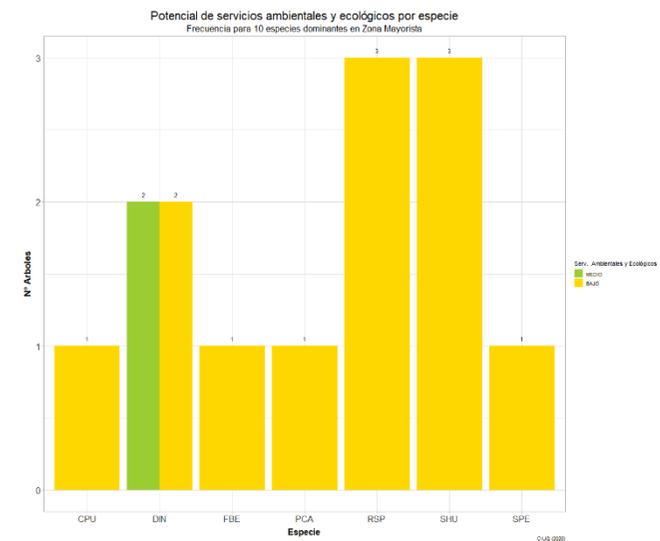
**GRÁFICO 34: DIVERSIDAD Y FRECUENCIA DE ESPECIES DE ÁRBOLES
EN LA ZONA EL MAYORISTA (14 ÁRBOLES)**



4.3.11. Zona El Mayorista

En la zona del Mayorista (13.98 ha) se identificaron 7 especies a pesar de la baja densidad de arbolado (Gráfico 34). Con excepción de los árboles de Sauce criollo y los rosales los demás árboles ocurren en forma dispersa en la zona (Mapa 12). La mayoría de los árboles son maduros o sobre maduros por lo que su bajo potencial de funcionalidad ambiental y ecológica (Gráfico 35) puede ser el resultado de podas severas o pérdida natural de ramas y densidad del follaje con la edad.

**GRÁFICO 35: FRECUENCIA DE ÁRBOLES POR ESPECIE Y POR
POTENCIAL DE FUNCIONALIDAD AMBIENTAL Y ECOLÓGICA
ZONA EL MAYORISTA**



MAPA 12: DIVERSIDAD DEL ARBOLADO DE LA ZONA EL MAYORISTA

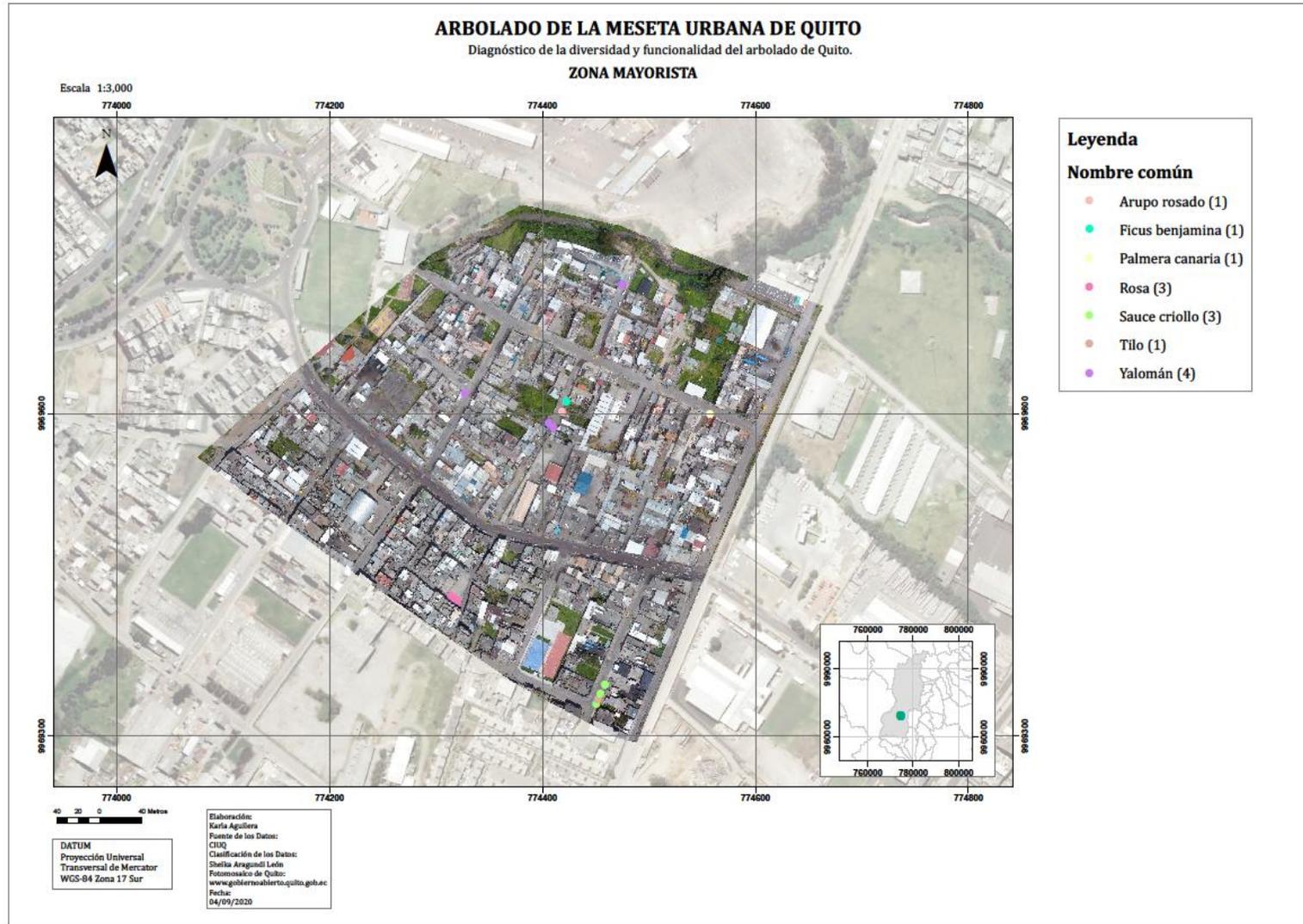
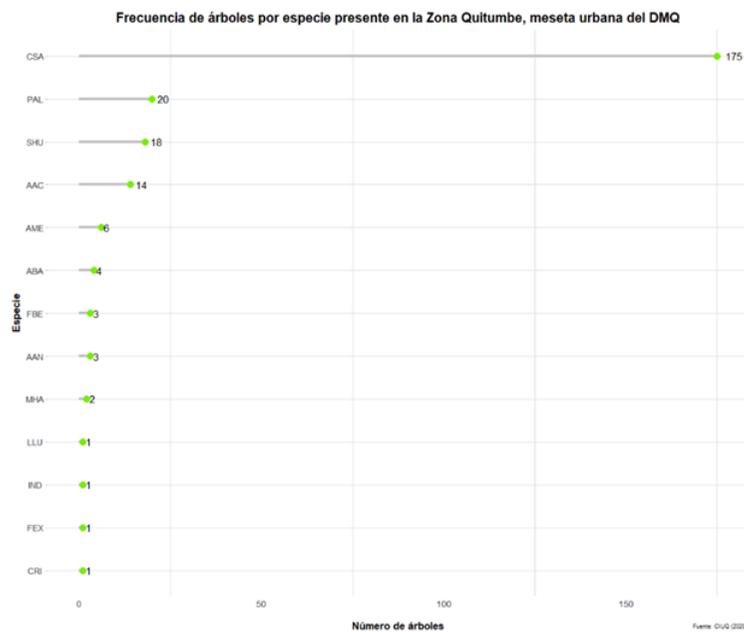


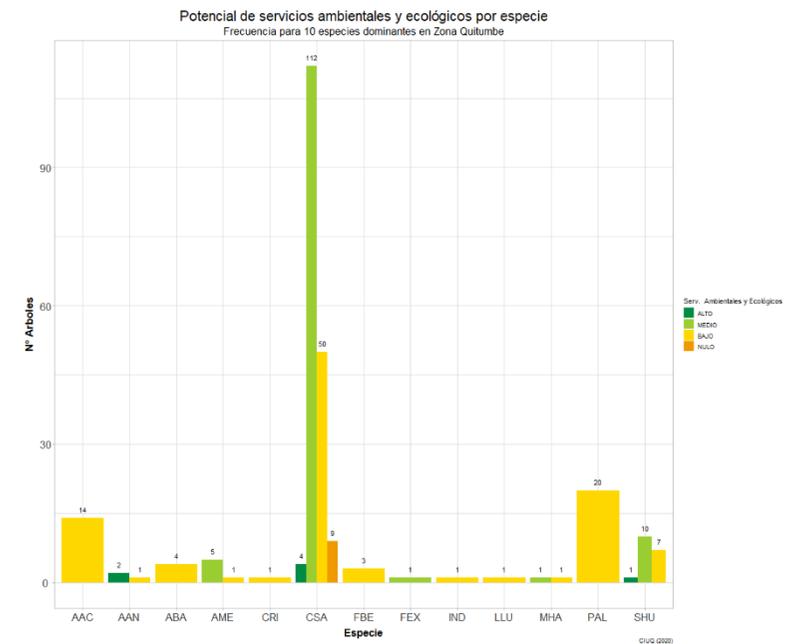
GRÁFICO 36: DIVERSIDAD Y FRECUENCIA DE ESPECIES DE ÁRBOLES EN LA ZONA QUITUMBE (250 ÁRBOLES)



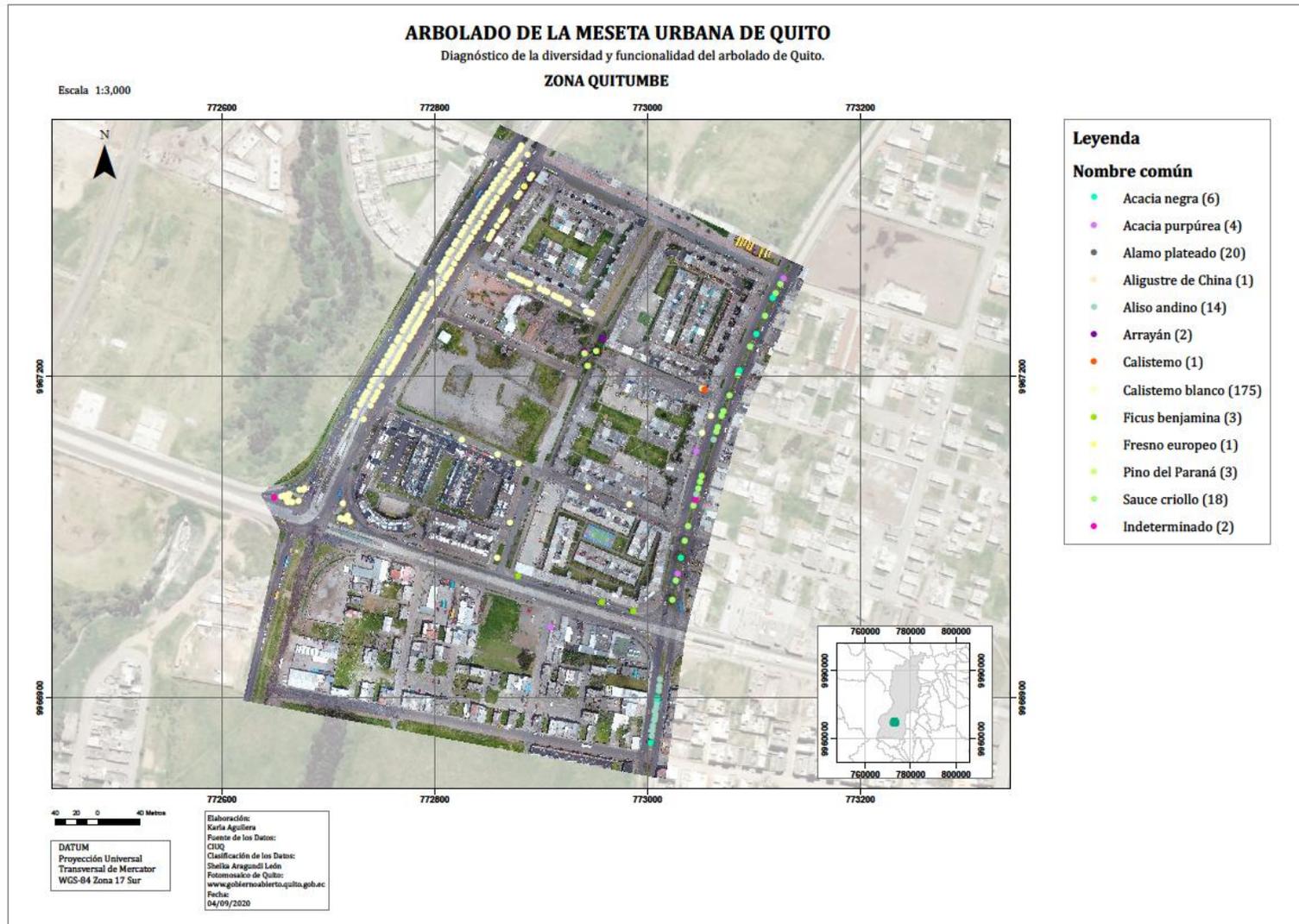
4.3.12. Zona Quitumbe

Quitumbe es una zona de escasa diversidad (Tabla 3) y altamente monótona (Gráfico 36). La especie dominante, el Calistemo blanco, es 9 veces más frecuente que la segunda especie más abundante y está restringido al parterre del extremo oeste (Mapa 13). Por otra parte, 9 de las 13 especies registradas son raras (Gráfico 36) y ocurren de forma agrupada en el parterre del extremo este (Mapa 13). Se observa gran heterogeneidad en la frecuencia del arbolado con parterres norte-sur densamente arborizados y aceras con escasos árboles espaciados. El mayor potencial de funcionalidad ambiental y ecológica está dado por los árboles adultos de Calistemo blanco en el lado oeste de la zona estudiada (Gráfico 37, Mapa 13). La mayoría de los árboles de las otras especies tienen un rendimiento ambiental bajo en razón de su corta edad (Alisos) o de mutilaciones de su copa (álamos plateados).

GRÁFICO 37: FRECUENCIA DE ÁRBOLES POR ESPECIE Y POR POTENCIAL DE FUNCIONALIDAD AMBIENTAL Y ECOLÓGICA ZONA QUITUMBE



MAPA 13: DIVERSIDAD DEL ARBOLADO DE LA ZONA QUITUMBE



4.3.13. Zona Nueva Aurora

La zona de Nueva Aurora posee una alta diversidad de árboles y baja equitabilidad, la Acacia negra duplica en frecuencia a la segunda especie más abundante, la Mimosa plateada, y 34 de las 39 especies identificadas tienen una frecuencia inferior a 10 individuos por especie (Gráfico 38). La diversidad de la zona se concentra en el parterre del margen oeste en dirección norte-sur mientras que el extremo este y norte están dominados por árboles de Acacia negra (Mapa 14). Los árboles maduros de Mimosa plateada y de Acacia negra son los que contribuyen con el más alto potencial de funcionalidad ecológica y ambiental en la zona (Gráfico 39)

GRÁFICO 38: DIVERSIDAD Y FRECUENCIA DE ESPECIES DE ÁRBOLES EN LA ZONA NUEVA AURORA (374 ÁRBOLES)

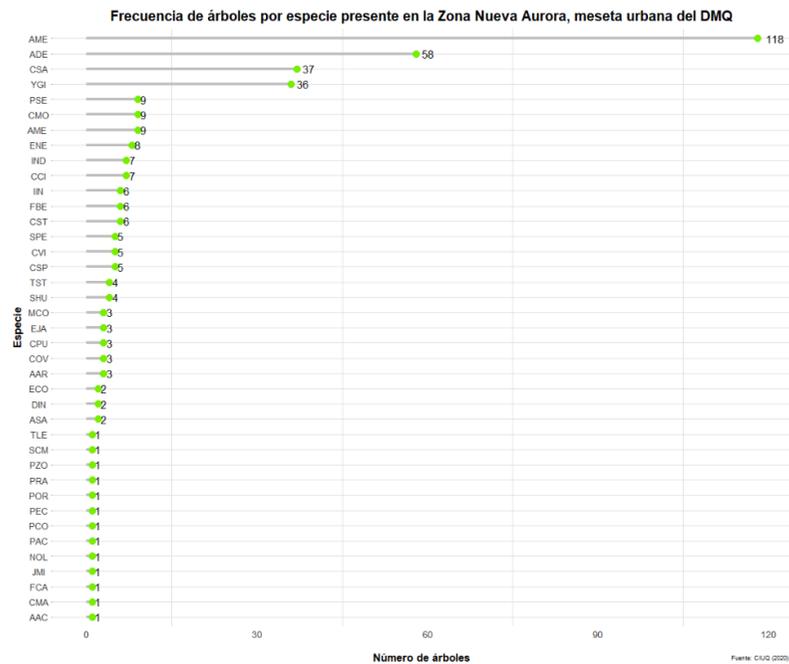
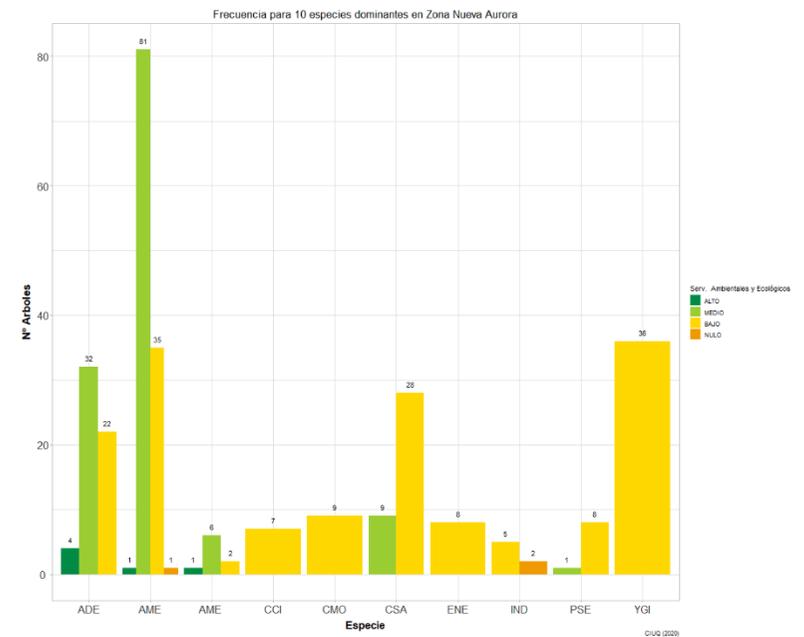


GRÁFICO 39: FRECUENCIA DE ÁRBOLES POR ESPECIE Y POR POTENCIAL DE FUNCIONALIDAD AMBIENTAL Y ECOLÓGICA ZONA NUEVA AURORA



MAPA 14: DIVERSIDAD DEL ARBOLADO DE LA ZONA NUEVA AURORA

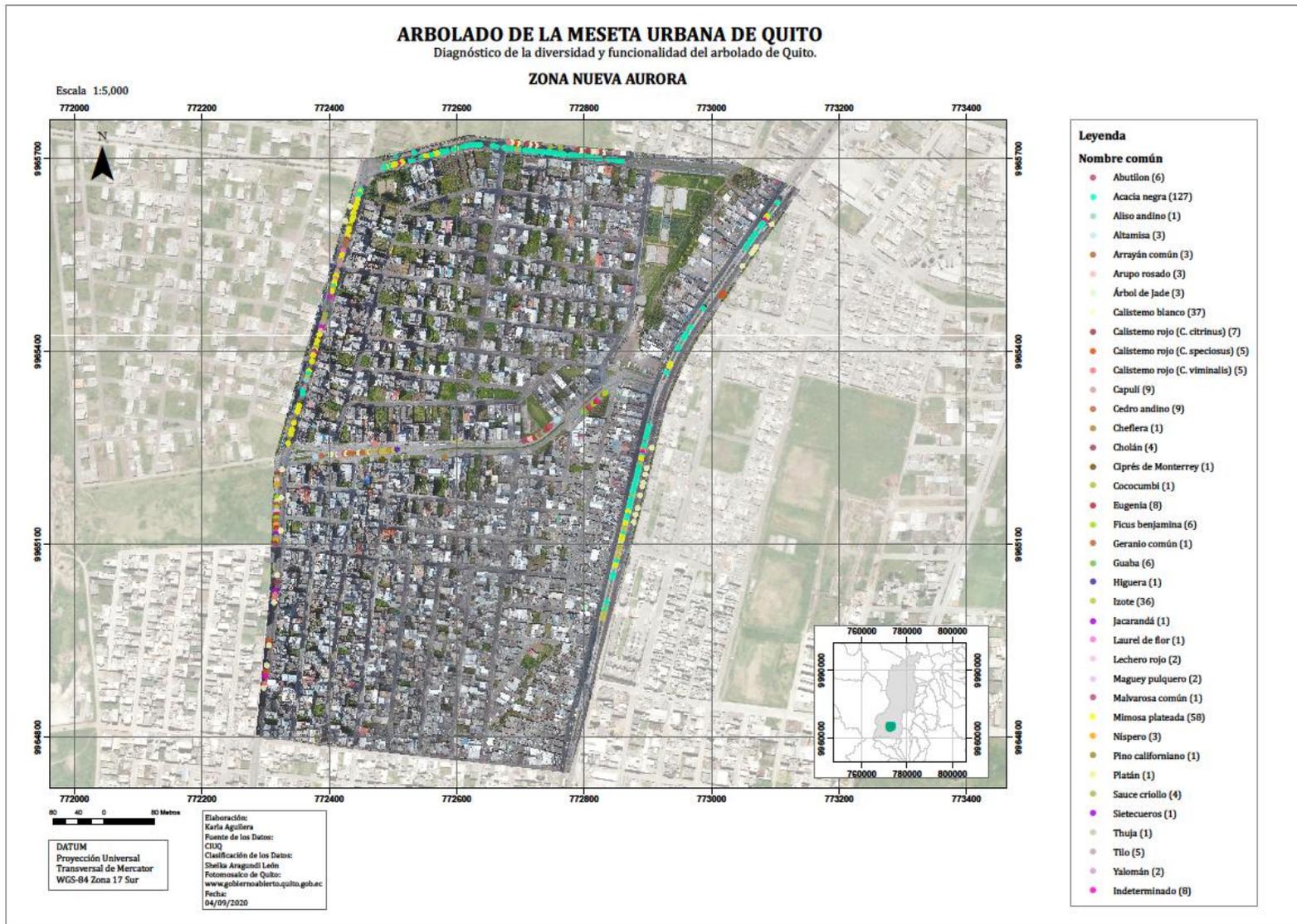


GRÁFICO 40: PORCENTAJE DE ÁRBOLES POR POTENCIAL DE FUNCIONALIDAD AMBIENTAL Y ECOLÓGICA POR ZONA PILOTO

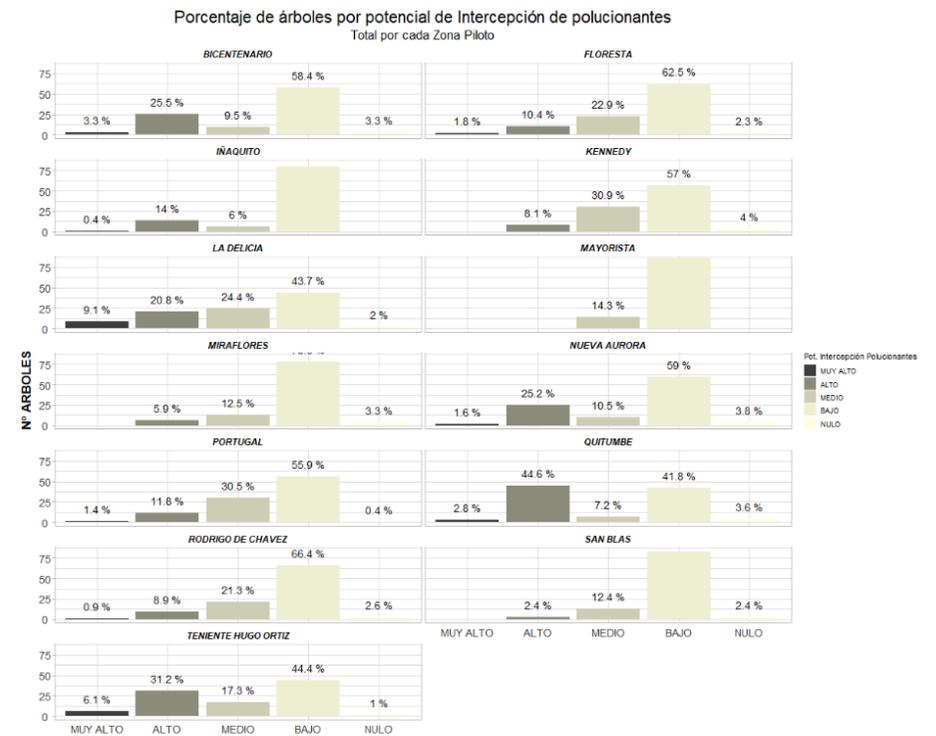
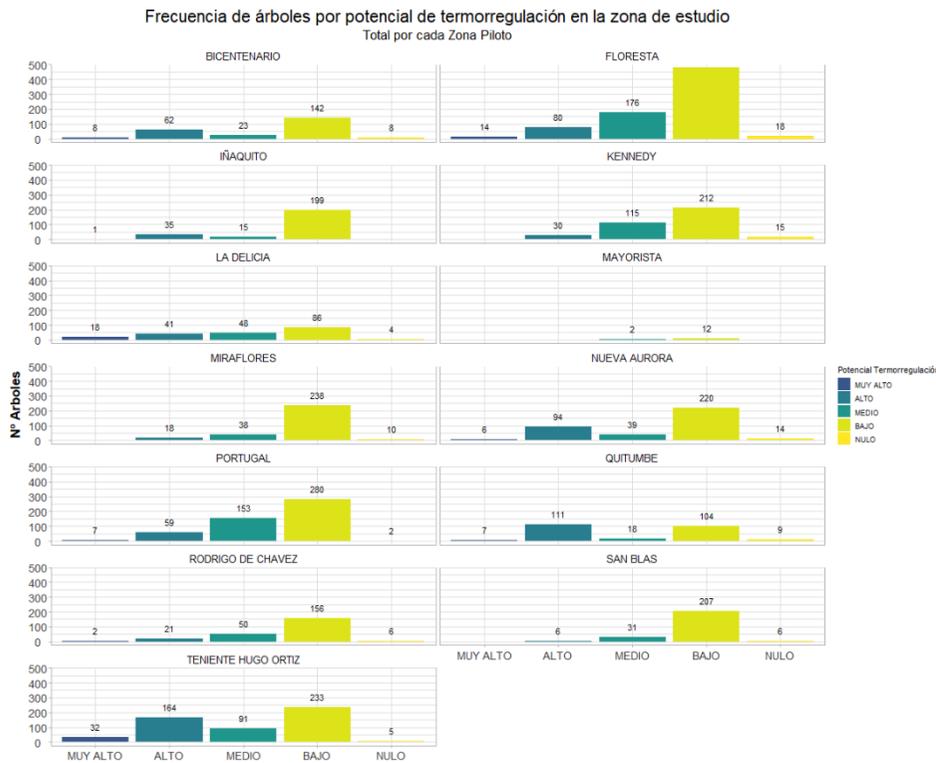


4.4. Análisis comparativo de la funcionalidad ambiental y ecológica del arbolado entre zonas piloto

En el gráfico 40 se muestra el potencial de funcionalidad ambiental y ecológica en las 13 zonas piloto de la meseta urbana del DMQ. Este potencial resulta de combinar la capacidad de termorregulación, de intercepción (lluvia y partículas contaminantes), de captura activa de carbono y de interacción con otras especies (Gráficos 41 y 42), todos parámetros positivamente correlacionados con la estura del árbol, el volumen del dosel y densidad del follaje.

De manera general, el potencial de funcionalidad ambiental y ecológico del arbolado es bastante heterogéneo entre las zonas piloto, no obstante, se pudo detectar ciertos patrones. Con la excepción de la zona de Teniente Hugo Ortiz, los árboles con potencial bajo de funcionalidad son los más frecuentes en la mayoría de las zonas (Gráficos 40, 41 y 42), independientemente de las características del ensamblaje de especies por zona (i.e. diversidad, proporción de especies nativas vs introducida y nivel de equitabilidad).

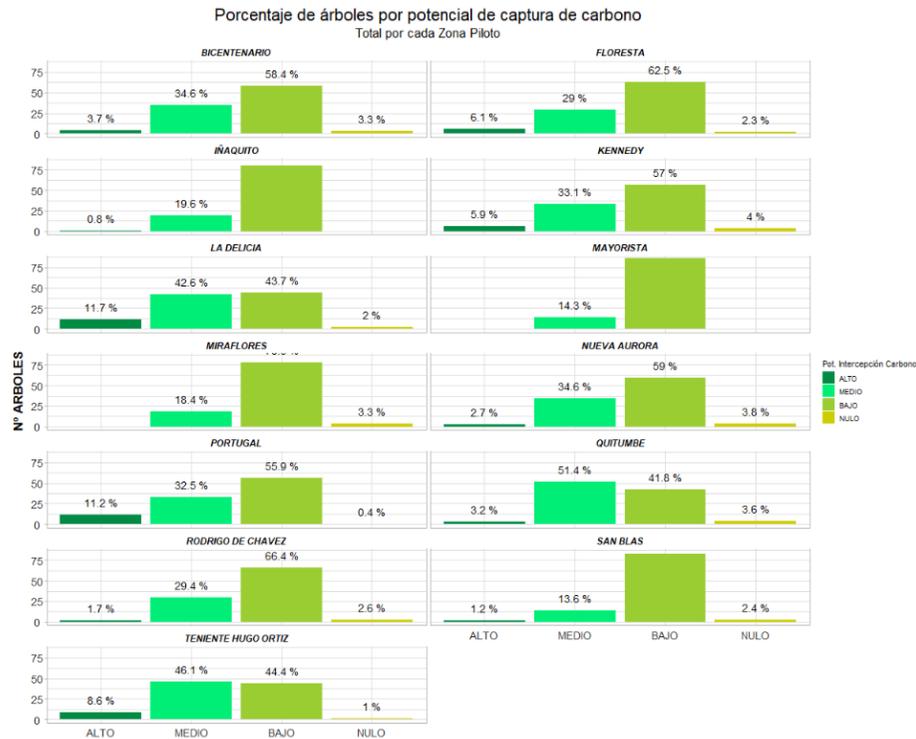
GRÁFICO 41: PORCENTAJE DE ÁRBOLES POR POTENCIAL DE TERMORREGULACIÓN E INTERCEPCIÓN Y POR ZONA PILOTO



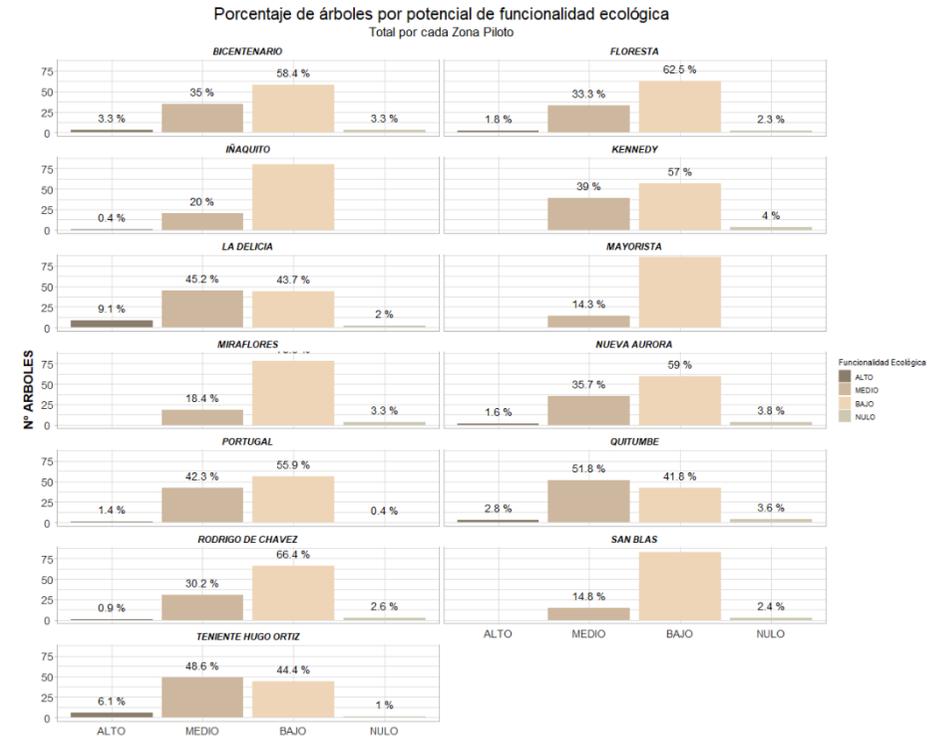
CIUQ (2020)

CIUQ (2020)

GRÁFICO 42: PORCENTAJE DE ÁRBOLES POR POTENCIAL DE CAPTURA DE CARBONO Y DE FUNCIONALIDAD ECOLÓGICA POR ZONA PILOTO

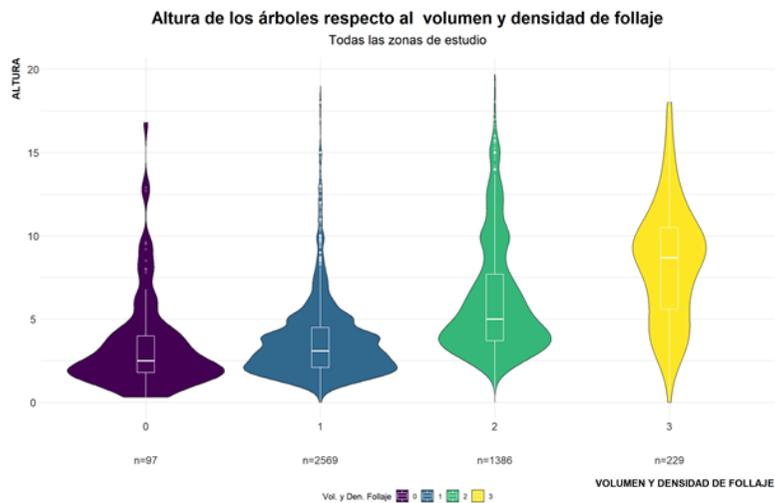


CIUQ (2020)



CIUQ (2020)

GRÁFICO 43: FRECUENCIA DE ÁRBOLES POR VOLUMEN DE DOSEL Y ESTATURA EN LA ZONA DE ESTUDIO



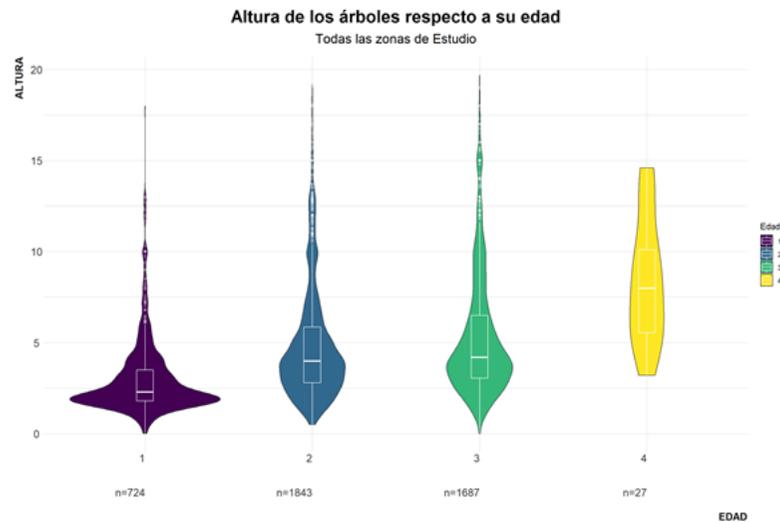
4.5. Alometría y funcionalidad del arbolado

El potencial de funcionalidad ambiental y ecológica observado en las zonas piloto está más relacionado con la edad de los árboles y con las intervenciones que afectan su alometría que con las características biológicas inherentes a las especies dominantes en las zonas estudiadas. Pocos árboles sobrepasan los 12m de altura y en general los árboles de menor estatura también presentan menor diámetro de dosel, aunque los árboles más bajos no necesariamente son árboles más jóvenes.

Solamente el 5.3 % de los árboles (i.e. 229 individuos) de entre 5.5 y 11m de altura poseen doseles que superan 1.5m de diámetro (Gráfico 43). La gran mayoría de los árboles de la muestra (2.569 individuos o 60%) posee un ancho de dosel inferior a 1m y una estatura de entre 2 y 4m; son pocos los individuos de altura mayor a los 10 m en este grupo (Gráfico 43). A este conjunto le sigue en frecuencia el de los árboles con diámetro de copa entre 1m y 1,5m, con 1.386 individuos o 32,4% de la muestra (Gráfico 43). La mayor parte de los árboles en esta categoría tiene una estatura de entre 4 y 7.5m, un número menor, aunque importante, se ubica entre los 7.5 a 12m, y relativamente pocos árboles llegan hasta los 19m. (Gráfico 43).

Finalmente, aunque son pocos los árboles completamente desprovistos de follaje (97 o 2.3%), un grupo numeroso de estos tiene estaturas de entre los 5m y 10m de altura (en menor cantidad entre los 10m y 17m de altura; Gráfico 43), lo que denota que disfuncionalidad en árboles maduros.

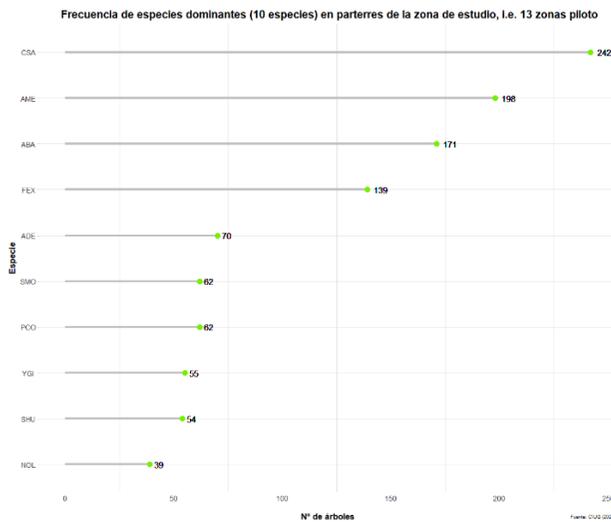
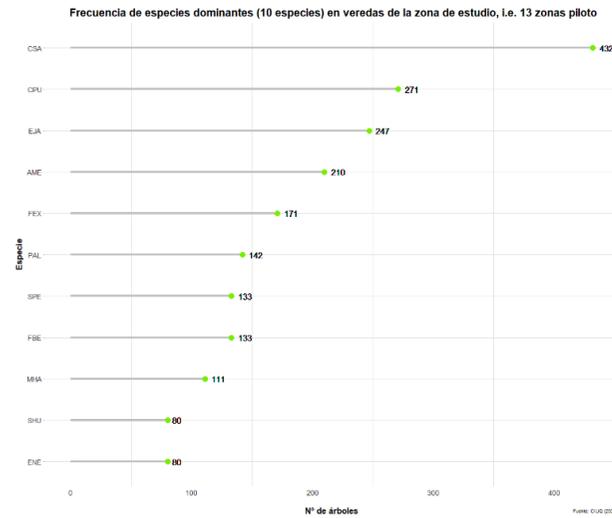
GRÁFICO 44: FRECUENCIA DE ÁRBOLES POR EDAD Y ESTATURA EN LA ZONA DE ESTUDIO



De la muestra de 4.281 árboles, el 16,9% (724 árboles) son árboles jóvenes, 43% (1.843 árboles) son adultos, 39,5% árboles son maduros (1.687) y el 0,6% (27 árboles) son sobre maduros. El Gráfico 44 muestra de forma general una débil correlación positiva entre la edad de los árboles muestreados y su estatura, lo que puede observarse en la estatura a la que se ensanchan los gráficos de violines en para cada rango de edad (Gráfico 44)

Así, los árboles jóvenes tienen un rango de altura predominante entre los 2m y 3m, registrándose muy pocos entre los 7 y 18m de estatura. Para los árboles adultos, el rango predominante de alturas va entre los 2,6m y 6m, aunque se han identificado también escasos árboles con alturas entre 10 y 19m. En el caso de los árboles maduros, la altura preponderante se ubica entre los 3m y 7m, identificándose un número menor de árboles que llegan casi a los 20m. Finalmente la mayoría de los árboles sobremaduros presentan estaturas de entre 6m y 10m, siendo 14 m la altura máxima alcanzada por un árbol sobremaduro (Gráfico 44). De manera general, son escasos los árboles de la muestra que presentan el desarrollo alométrico propio de su especie, para la categoría de edad que ostentan.

GRÁFICO 45: FRECUENCIA DE ESPECIES DOMINANTES EN VEREDAS Y PARTERRES DE LA ZONA DE ESTUDIO



4.6. Interacciones entre el arbolado y la acera

La exploración de las correlaciones entre las variables pertinentes al arbolado y las características evaluadas de acera y parterre (ancho y estado de mantenimiento) reveló que no hay diferencias significativas entre las especies que se utilizan para la arborización de veredas y de parterres, con la posible excepción del Arupo rosado y el Níspero, más comúnmente sembrados en acera (Gráfico 45; Mapas 2 a 14). No se observaron diferencias notables en la proporción de especies nativas vs introducidas en acera y parterre (Gráfico 46). Si bien se puede decir que ambas categorías adolecen de dominancia y baja equitabilidad, los alineamientos mono específicos ocurren con más frecuencia en parterres que en acera.

GRÁFICO 46 FRECUENCIA DE ÁRBOLES POR PROCEDENCIA (NATIVOS VS INTRODUCIDOS) EN VEREDAS Y PARTERRES DE LA ZONA DE ESTUDIO

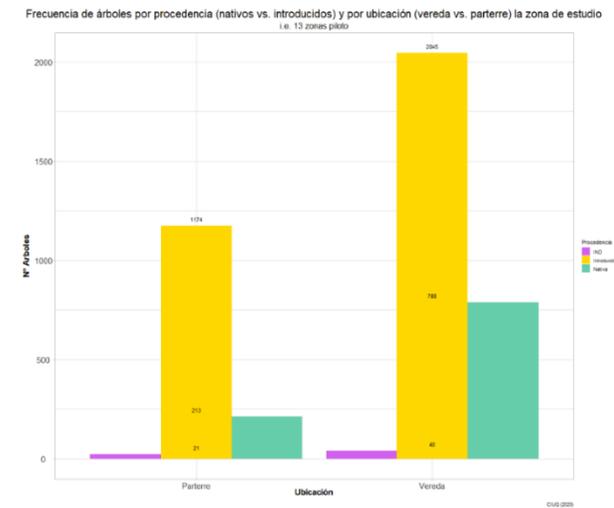
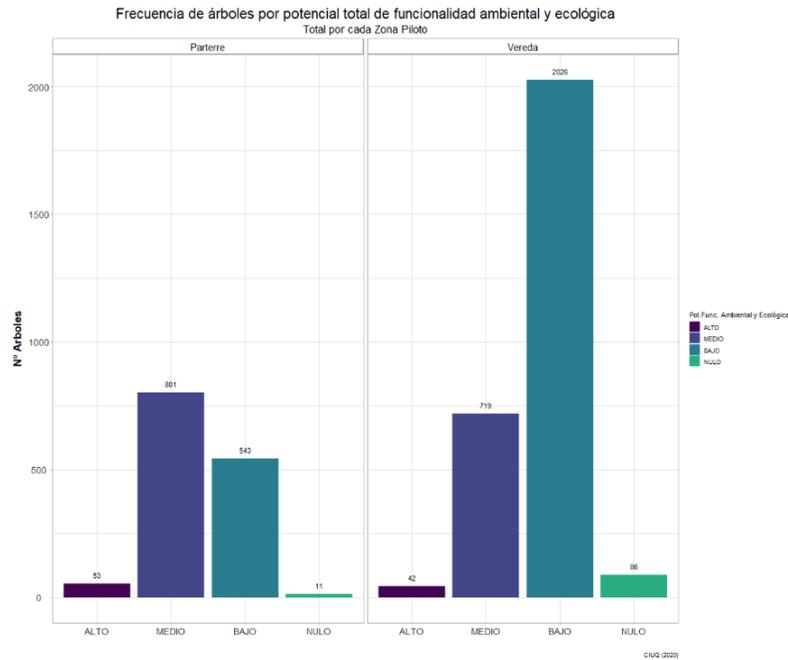


GRÁFICO 47: FRECUENCIA DE ÁRBOLES POR POTENCIAL DE FUNCIONALIDAD AMBIENTAL Y ECOLÓGICA EN VEREDAS Y PARTERRES



En lo que concierne el potencial de funcionalidad ambiental y ecológica del arbolado en acera y parterre, aunque la muestra es disímil en términos del número de árboles sobre parterre y sobre acera, en general se observa alta frecuencia de árboles con potencial medio y bajo en acera y parterre (Gráficos 47, 48 y 49)

Es notoria sin embargo la mayor proporción de árboles con potencial medio y alto de funcionalidad en parterres (Gráfico 47). Esto puede obedecer a un mayor nivel de desarrollo alométrico en árboles de parterre que, al contrario de los árboles de acera, tienen menos probabilidades de entrar en conflicto con cables y de servicios, ventanas y balcones viviendas y oficinas y por lo tanto no sufren intervenciones tan drásticas y/o frecuentes como sus congéneres de vereda.

GRÁFICO 48: FRECUENCIA DE ÁRBOLES POR POTENCIAL DE TERMOREGULACIÓN Y DE INTERCEPCIÓN EN VEREDAS Y PARTERRES

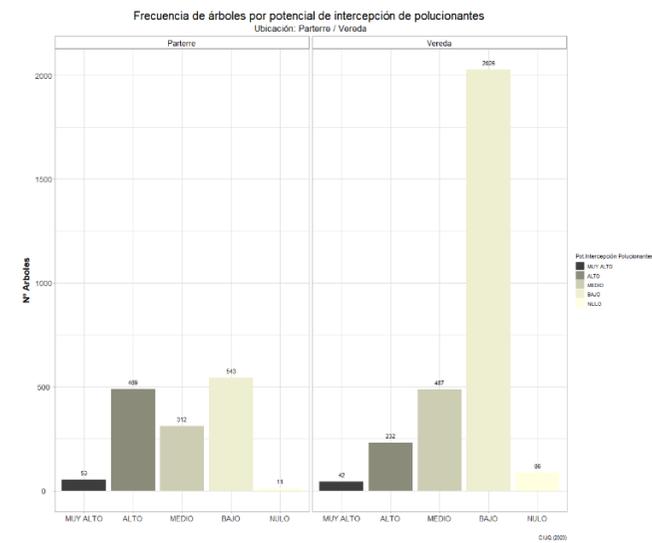
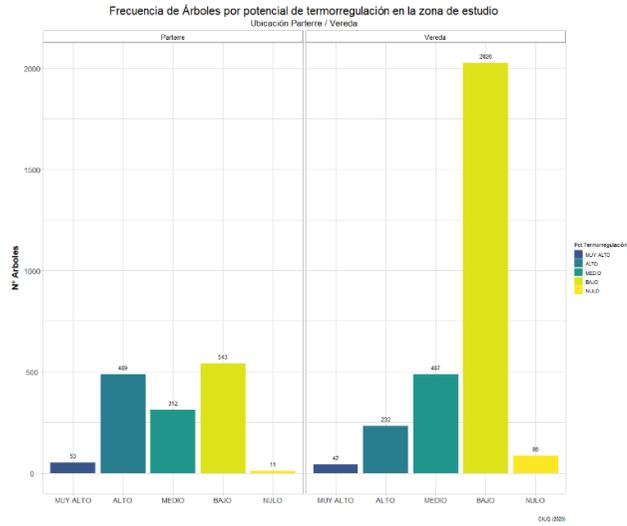


GRÁFICO 49: PORCENTAJE DE ÁRBOLES POR POTENCIAL DE CAPTURA DE CARBONO Y FUNCIONALIDAD ECOLÓGICA EN VEREDAS Y PARTERRES

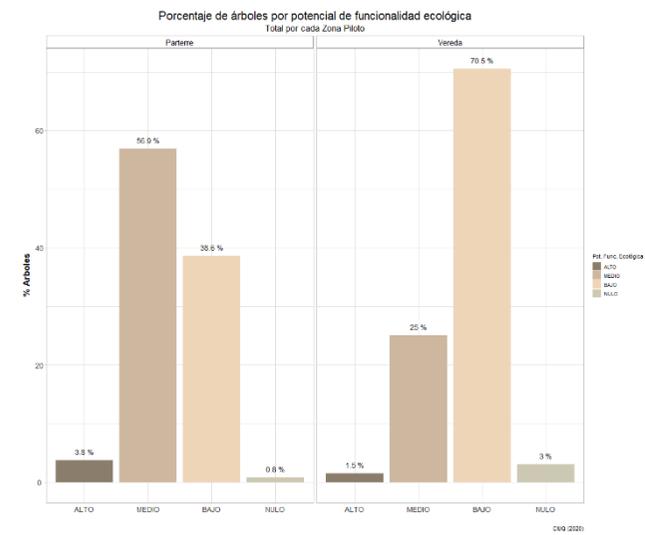
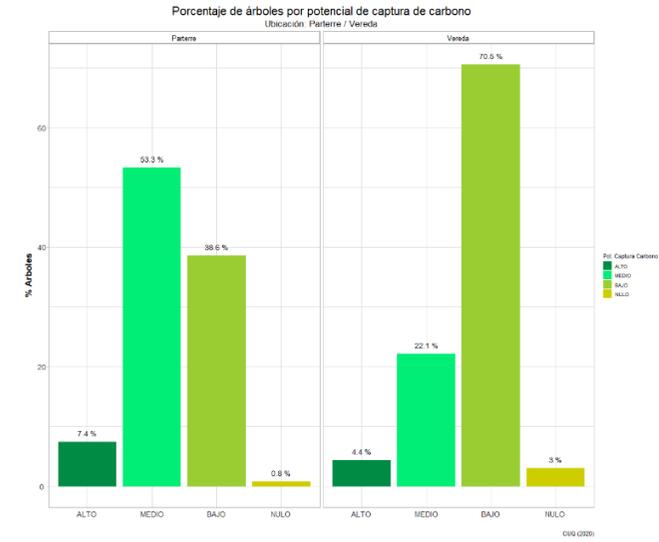
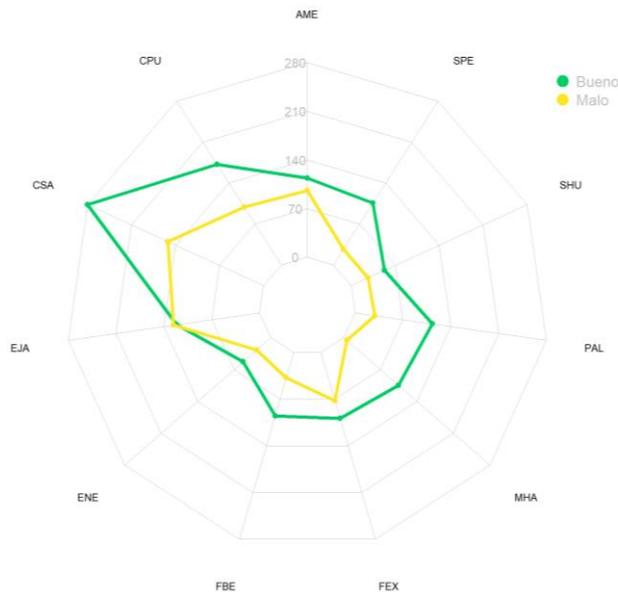


GRÁFICO 50: FRECUENCIA DE ÁRBOLES POR EDAD Y ESTATURA EN LA ZONA DE ESTUDIO

Estado de la vereda respecto a 10 especies dominantes - Total 13 Zonas de Estudio



Algunas de las especies dominantes del arbolado de Quito se reproducen vegetativamente y desarrollan sistemas radiculares densos que se cree pueden ser dañinos para las aceras, es el caso de la Acacia negra, el Ficus benjamina y el Calistemo blanco entre otras. En esta parte también se exploró la posible relación entre las especies dominantes y el estado de las aceras y entre la edad de los árboles y el estado de las aceras en las 13 zonas piloto. Los gráficos 50, 52 y 53, muestran una ocurrencia prácticamente aleatoria de las especies dominantes en aceras en buen estado y en aceras en mal estado, e individuos de la misma especie con similar frecuencia en aceras en mal estado y en buen estado, sugiriendo que no existe relación entre la presencia de especies consideradas dañinas y el deterioro de las aceras. En lo que respecta a la posible relación entre la edad del árbol y el deterioro de la acera tampoco se observó correlación alguna (gráfico 51)

GRÁFICO 51: FRECUENCIA DE ÁRBOLES POR EDAD Y ESTATURA EN LA ZONA DE ESTUDIO Y ESTADO DE LA VEREDA

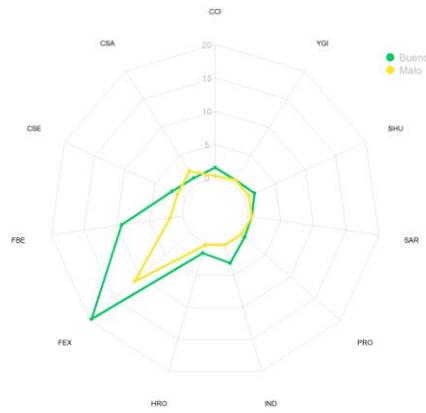


GRÁFICO 52: ESTADO DE LA ACERA RESPECTO A 10 ESPECIES DOMINANTES. ZONAS LA DELICIA, KENNEDY, BICENTENARIO, ÑAQUITO, PORTUGAL Y LA FLORESTA

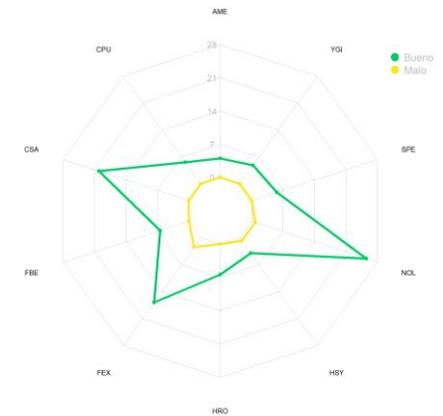
Estado de la vereda respecto a 10 especies dominantes - Zona La Delicia



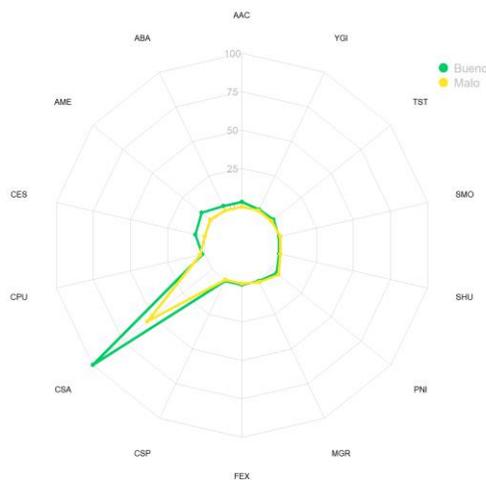
Estado de la vereda respecto a 10 especies dominantes - Zona Kennedy



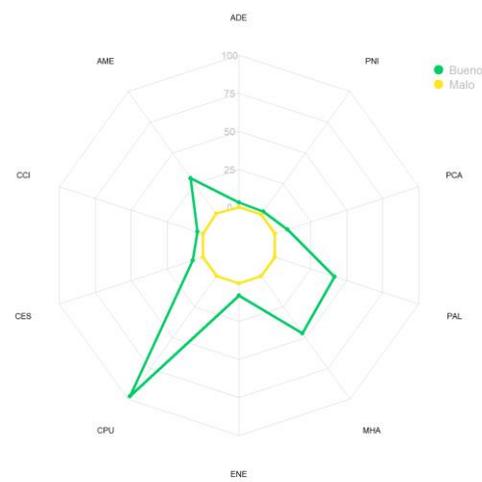
Estado de la vereda respecto a 10 especies dominantes - Zona Bicentenario



Estado de la vereda respecto a 10 especies dominantes - Zona Ñaquito



Estado de la vereda respecto a 10 especies dominantes - Zona Portugal



Estado de la vereda respecto a 10 especies dominantes - Zona La Floresta

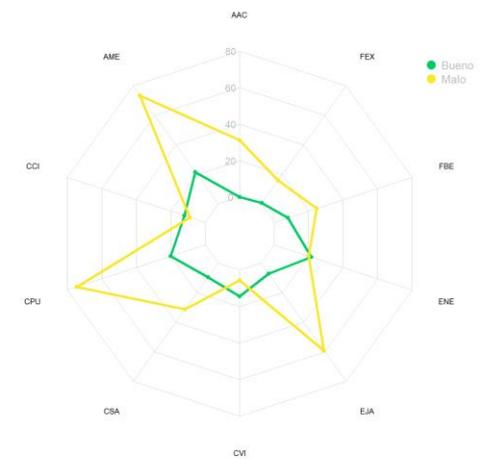
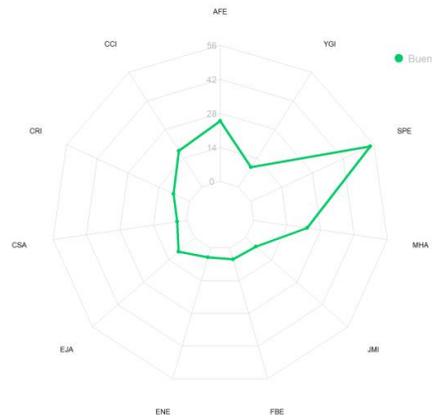


GRÁFICO 53: ESTADO DE LA ACERA RESPECTO A 10 ESPECIES DOMINANTES. ZONAS: MIRAFLORES, SAN BLAS, RODRIGO DE CHÁVEZ, Tnte. HUGO ORTIZ, QUITUMBE Y NUEVA AURORA

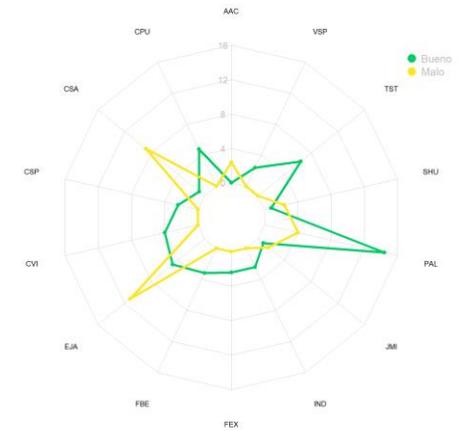
Estado de la vereda respecto a 10 especies dominantes - Zona Miraflores



Estado de la vereda respecto a 10 especies dominantes - Zona San Blas



Estado de la vereda respecto a 10 especies dominantes - Zona Rodrigo de Chávez



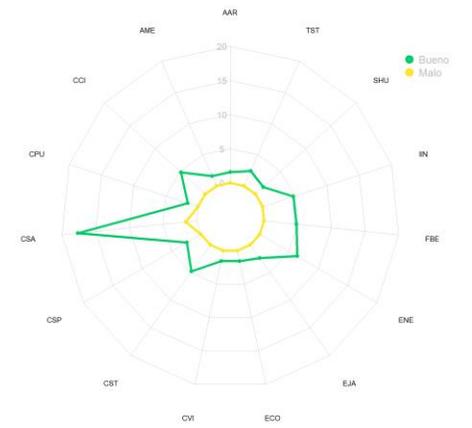
Estado de la vereda respecto a 10 especies dominantes - Zona Tnte. Hugo Ortiz



Estado de la vereda respecto a 10 especies dominantes - Zona Quitumbe



Estado de la vereda respecto a 10 especies dominantes - Zona Nueva Aurora





Abutilon en acera estrecha
Zona de San Blas,
Septiembre 2020. Foto: Sheika Aragundi

Finalmente, este diagnóstico indagó si existe un aprovechamiento idóneo de aceras amplias para arbolado, contrastando la estatura y volumen del dosel de los árboles de 11 especies dominantes con el ancho de la acera en las 13 zonas piloto. Los gráficos 54 y 55 muestran los resultados de este análisis: la distribución de los árboles de mayor estatura y volumen de dosel pertenecientes a las 11 especies dominantes ocupan con similar probabilidad aceras anchas y estrechas y lo propio se puede decir de árboles jóvenes de porte y volumen dosel menores. El Níspero, por ejemplo, una de las 11 especies dominantes estudiadas en relación al ancho de la acera, se encuentra distribuido casi uniformemente en varios rangos de ancho de vereda, desde 1m hasta 6m (Gráfico 54).

En general, la mayor parte de los árboles, independientemente de su estatura y volumen de dosel ocupan aceras de entre 1 y 3 metros de ancho (Gráficos 54 y 55) que probablemente son las más frecuentes en la zona de estudio. Casos particulares que difieren de este patrón general, son los de la Acacia negra y el Sauce Criollo, únicas dentro de este grupo de especies dominantes, que se encuentran en veredas con anchos de 7 y 8m y alcanzan gran volumen de copa (dosel 3, Gráficos 54 y 55)

En el extremo inferior del ancho de vereda, es decir 0m o vereda inexistente, se puede observar un rango relativamente amplio de especies (Calistemo blanco, Tilo, Acacia negra, Arupo rosado, Níspero, Ficus benjamina y Arrayán) y de volumen de dosel, si bien la ocurrencia del Calistemo blanco y el Tilo es más frecuente en esta condición (ancho 0m).

GRÁFICO 54: ALTURA DEL ÁRBOL, VOLUMEN DE DOSEL Y ANCHO DE VEREDA PARA 5 ESPECIES DOMINANTES DE LA ZONA DE ESTUDIO: CALISTEMO BLANCO (CSA), ARUPO ROSADO (CPU), NÍSPERO (EJA), ACACIA NEGRA (AME), FRESNO EUROPEO (FEX) Y ÁLAMO PLATEADO (PAL)



GRÁFICO 55: ALTURA DEL ÁRBOL, VOLUMEN DE DOSEL Y ANCHO DE VEREDA PARA 5 ESPECIES DOMINANTES DE LA ZONA DE ESTUDIO: TILO (SPE), FICUS BENJAMINA (FBE), ARRAYÁN (MHA), SAUCE CRIOLLO (SHU) Y EUGENIA (ENE)



5. Discusión y propuesta de indicadores

En febrero de 2020 Quito fue nombrada una las 59 ciudades más arboladas del mundo, lo cual más que meta alcanzada es un reto a largo plazo. Este nombramiento se fundamenta en 5 estándares más relacionados a la gestión del arbolado urbano por parte de la autoridad municipal que a la funcionalidad y los servicios ambientales y ecológicos de los árboles en la ciudad (Cf. <https://www.arborday.org/>). Por lo tanto, este nombramiento llama también a una reflexión sobre lo que entendemos por “ciudad arbolada” más allá de la existencia de instrumentos legales y monetarios para la gestión y protección de los árboles en la urbe. En este sentido, el presente diagnóstico de la diversidad y funcionalidad del arbolado de Quito se propuso conceptualizar la ciudad arbolada desde la capacidad de los árboles para mejorar la calidad ambiental de urbe desde los espacios públicos de mayor uso por parte de la ciudadanía, la veredas y parterres.

El registro del arbolado de la meseta urbana del Distrito Metropolitano de Quito mediante foto interpretación del mosaico de ortofotos del 2011, permitió detectar vacíos de arbolado y ausencia de una estrategia de arborización. El arbolado de extensos tramos de la meseta urbana de Quito da la impresión de ser esencialmente un “arbolado de oportunidad” que emplea especies de bajos requerimientos ambientales donde la evolución, escasamente regulada, de la infraestructura gris lo permite y con escasa atención a las interacciones entre el desarrollo alométrico del árbol y el ancho de la acera.

Entre los principales rasgos que comparten las especies más utilizadas en la arborización de la urbe están: tolerancia a sequías prolongadas y a poda severa, alta tasa de crecimiento, reproducción vegetativa y en algunos casos floración profusa. Con la excepción de la frecuencia de floración que, en contexto urbano, es un atributo netamente estético, el resto de los rasgos compartidos constituyen ventajas para aclimatarse a condiciones distintas y sobrevivir en ambiente urbano. Los atributos mencionados son probablemente la razón fundamental por la que las especies exóticas predominan en el arbolado de Quito y es claro que no es recomendable prescindir de ellas, mientras no se conozca equivalentes nativos en términos de resiliencia (Sjöman et al., 2016). Importantes como son estos rasgos, no deberían ser los únicos a considerar cuando el objetivo primordial es mejorar la calidad ambiental de la urbe (Cf. Cameron & Blanusa, 2016; Langenheim et al. 2020; Speak et al., 2020).



Acacia negra y Cococumbi reflejándose en los ventanales
Zona Rodrigo de Chávez
Agosto 2020. Foto: Archivo fotográfico CIUQ



Alineamiento de Cococumbi en parterre
 Zona La Portugal
 Agosto 2020. Foto: Archivo fotográfico CIUQ

Por otra parte, si bien no es aconsejable erradicar las especies introducidas, algunas de estas están catalogadas como invasivas y su vecindad con sistemas antropizados inherentemente empobrecidos de diversidad biológica como son los remanentes verdes dentro y en los alrededores de la urbe, en lo que se conoce como conectividad de la red verde urbana, constituye una amenaza para la capacidad de autoregeneración de estos sistemas. La biodiversidad de sistemas periurbanos es importante no solamente en términos servicios ambientales y ecológicos, es también relevante para la prevención de zoonosis y epidemias (Cf. Ostfeld & Keesing, 1999; Keesing, Holt & Ostfeld, 2006; Cabello & Cabello, 2008; Keesing et al., 2010). La presencia de especies invasivas dentro o cerca de remanentes naturales periurbanos es por lo tanto una situación que demanda políticas y estrategias de control de la distribución y auto propagación de estas especies en quebradas, riberas, laderas y bosques protectores en el DMQ.

En los últimos años, se ha intensificado el uso de especies nativas en el arbolado de espacios públicos, sin embargo, esta práctica también merece reconsideración. La procedencia de las especies utilizadas por sí sola no asegura mayor funcionalidad ecológica y ambiental en contexto urbano ya que en muchos casos se desconoce sobre la resiliencia de especies nativas en sistemas ambientalmente degradados (Cf. Sjöman et al., 2016). Además, la “dominancia” de unas pocas especies, aunque sean nativas, conforma sistemas monótonos, inconsistentes con la resiliencia que se requiere de la integración orgánica del verde en la urbe. Se ha observado, por ejemplo, que, en condiciones naturales, árboles de la misma especie evitan el contacto, incluso tangencial, de sus copas en lo que se conoce como “timidez de dosel”, para prevenir el contagio de plagas (Wu, 2020).

Además, importante como es incrementar la diversidad nativa en el arbolado, esta, *per se*, no resuelve la disfuncionalidad de una gran parte del arbolado de Quito. A pesar que existe una resolución aprobada en 2016 para el Distrito Metropolitano de Quito, que regula el mantenimiento de los árboles en la ciudad, el desempeño mermado de árboles en aceras y, en menor grado, en parterres obedece en gran medida a la mutilación de la que son objeto la mayoría de ellos. Menos del 1% de los árboles de la muestra ha desarrollado la alometría, es decir la forma y estructura que corresponde a su especie en edad madura (Gráfico 7) y que es la esencia de sus funciones. La función está “atada” a la forma (Huxley & Tessier, 1936; Pretzsch et al. 2015), y la forma de la gran mayoría de los árboles de este estudio carece de simetría y proporción haciéndolos disfuncionales.



Eugenia en acera estrecha
Zona La Portugal
Agosto 2020. Foto: Archivo fotográfico CIUQ

Del análisis de esta sección deriva la siguiente propuesta de indicadores sugerentes de salud, sostenibilidad y multifuncionalidad del arbolado urbano:

- (1) El porcentaje de árboles maduros con adecuado desarrollo alométrico
- (2) La correlación entre el desarrollo alométrico de la especie y el ancho de la acera
- (3) El nivel de congruencia entre la ubicación de los cables de servicios y la disposición y desarrollo alométrico del arbolado en acera
- (4) La equitabilidad del ensamblaje de especies a nivel de barrio o zona
- (5) La equitabilidad a nivel de hábito (árboles, arbustos) en aceras y parterres
- (6) La alternancia de especies en los alineamientos de árboles tanto en acera como en parterre.
- (7) La frecuencia de especies plantadas por especificidad funcional vs la frecuencia de especies plantadas en razón de sus bajos requerimientos de mantenimiento
- (8) La proporción de especies invasivas y su distribución
- (9) La proporción de especies nativas vs especies introducidas en la diversidad global del arbolado urbano

6. Consideraciones finales

Las investigaciones de las últimas 2 décadas sobre el desempeño ambiental y ecológico del arbolado urbano, han sido muy fructíferas y a la fecha ya se dispone de revisiones prolijas de resultados. Estas revisiones concuerdan en la necesidad de replantear la planificación urbana de forma que integre sistémicamente la infraestructura gris, el verde urbano y el paisaje hídrico. Esto supone un nuevo paradigma en las estrategias de re inserción del árbol en la ciudad fundamentado en el rendimiento multifuncional y costo eficiente del arbolado.

El árbol en la urbe debe funcionar individualmente y dentro de un ensamblaje de especies articulado a la estructura urbana. De manera individual el árbol no está en la posibilidad de proporcionar todos los servicios ambientales y ecológicos que se esperan de un sistema. Así, el árbol que intercepta contaminantes, está limitado para prestar funciones de regulación térmica y almacenamiento de carbono, ya que la intercepción de partículas contaminantes interfiere con la evapotranspiración y la captura activa de carbono por parte de la planta. Bajo esta misma premisa, en la medida que su potencial de crecer y florar es bajo, este árbol tiene escasa utilidad inmediata para a la avifauna y entomofauna de la urbe, aunque su



Tilo mutilado
Mirador de la Zona de San Blas
Agosto 2020. Foto: Archivo fotográfico CIUQ

importancia en el mejoramiento de la calidad del aire beneficia grandemente a la avifauna urbana también. Este árbol podría ser un Podocarpus o un Algarrobo de los que se ven pocos en Quito.

El árbol urbano que está en capacidad de regular térmicamente un ambiente a través de la evapotranspiración y servir a la avifauna y entomofauna urbanas, es un árbol preferentemente nativo, alto en su madurez, estratificado, de dosel voluminoso, floración frecuente y adecuadamente posicionado como enlace ecológico en el paisaje urbano (que incluye parques, jardines privados y/o remanentes naturales cercanos). Este árbol está “escoltado” por arbustos y herbáceas que forman un segundo y tercer estrato que se acercan gradualmente al suelo mientras aseguran el aislamiento del dosel para la avifauna. Un Guabo o un Porotón bien podrían ser este árbol. A diferencia del árbol expuesto a contaminantes atmosféricos, este árbol ecológicamente funcional también tiene un alto potencial de captura y almacenamiento de carbono.

El árbol que coadyuve a regular la escorrentía de la urbe es, en cambio, un árbol, alto, de dosel preferentemente piramidal y de hojas lanceoladas, lisas, con punta en forma de gotero, follaje relativamente denso y raíces profundas. Este árbol convive con arbustos que le asisten en sus funciones formando un segundo estrato de lado y lado en acera o parterre y con herbáceas rastreras que tapizan densamente el suelo sus raíces. Por sus características morfológicas este árbol es además un almacenador de carbono y puede contribuir también a la regulación térmica, pero su capacidad de interceptación de polucionantes es baja, y es mejor que así sea ya que ello interfiere con la escorrentía del agua en la hoja. Es muy lógico ver a un Aliso, un Cedro o un Tocte sirviendo en esta manera.

La sombra del árbol, tan necesaria en aceras, parterres y calzadas, varía mucho dependiendo de la estatura, forma de ramificación y densidad de follaje del árbol. El árbol que provee sombra en las aceras de la urbe es relativamente alto y optimiza el uso de la luz que evade los edificios y llega a su copa gradualmente. El dosel de este árbol se proyecta sobre el espacio de mayor tránsito peatonal en las horas de mayor insolación filtrando al menos el 75 % de la luz. La sombra en línea continua se puede lograr mediante otros árboles de menor estatura alternados entre los más altos evitando que las copas se toquen. Tilos y Arrayanes, entre otros, se desempeñarían muy bien en estas funciones en las aceras de Quito.

7. Referencias bibliográficas

1. Alonzo, M., Bookhagen, B. & Roberts, D.A., 2014. Urban tree species mapping using hyperspectral and lidar data fusion. *Remote Sensing of Environment* 148, pp. 70-83
2. Aval, J., Demuyneck, J., Zenou, E., Fabre, S., Sheeren, D., Fauvel, M., Adeline, K., & Briottet, X., 2018. Detection of individual trees in urban alignment from airborne data and contextual information A marked point process approach. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, pp 146, pp. 197-210
3. Bai, X., Balk, D., Braga, T., Douglas, I., Elmqvist, T., Rees W., Satterthwaite, D., Songsore J., Zlotnik, T., 2005. Urban Systems. En: Hassan, R., Scholes, R., Ash, N. (Eds.), *Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends*, vol 1, Millenium Assessment Series. Island Press, Washington, pp. 795-895D
4. Campbell, D.H. 1892. A Vacation in the Hawaiian Islands, *Botanical Gazette*, 17: 411-416
5. Cabello, C. & Cabello F. 2008. Zoonosis con reservorios silvestres: Amenazas a la salud pública y a la economía, *Revista Médica de Chile*, 136: 385-393
6. Cameron, R.W.F. & Blanusa, T. 2016. Green infrastructure and edosystem services-is the devil in the detail? *Annals of Botany*, 118: 377-391
7. Cavelier J. 1995. Reforestation with the Native Tree *Alnus acuminata*: Effects on Phytodiversity and Species Richness in an Upper Montane Rain Forest Area of Colombia. In: Hamilton L.S., Juvik J.O., Scatena F.N. (eds) *Tropical Montane Cloud Forests. Ecological Studies (Analysis and Synthesis)*, vol 110. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-2500-3_7
8. Chavez Carvajal, P., Coppo, E., Di Lorenzo, A., Gozzini, D., Bracco, F., Zanoni, G., & Daglia, M. 2016. Chemical characterization and in vitro antibacterial activity of *Myrcianthes hallii* (O. Berg) McVaugh (Myrtaceae), a traditional plant growing in Ecuador, *Materials* 9: E454
9. Chirino, E., Ruiz-Yanetti, S., Vilagrosa, A., Mera, X., Espinoza, M. & Lozano, P. 2017. Morpho-functional traits and plant response to drought conditions in seedlings of six native species of Ecuadorian Ecosystems. *Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 233:58-67. <http://dx.doi.org/10.1016/j.flora.2017.05.012>
10. Coupin, H., 1905. *Les Plantes Originales*. Vuibert e Nony Eds., Paris, pp. 33-38
11. Escobedo, F.J., Vincenzo, G., C.Y. J., Sanesi, G. & Laforteza, R., 2018. Urban Forest Ecosystem Services, Green Infrastructure and Nature based solutions: Nexus or Evolving Metaphors? *Urban Forestry and Urban Greening*. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.02.011>

12. Feest, A., Alfred, T.D. & Jedamzik, K. 2010. Biodiversity quality: a paradigm for Biodiversity. *Journal of Ecological Indicators* 10, pp.1077-1082
13. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2020. Trees in the city – plaudits for sustainable urban forestry trailblazers, recuperado el 1 de septiembre 2020 de:
<http://www.fao.org/news/story/en/item/1259576/icode/>
14. Gerstenberg, T. & Hoffman, M., 2016. Perception and preference of trees: A psychological contribution to tree species selection in urban areas. *Urban Forestry and Urban Greening*, 15, pp. 103-111.
15. Gomes, M.P., Marques, T.C.L.L.S.M., Silva, G.H., Soares, A.M. 2011. Utilization of Willow (*Salix humboldtiana* Willd) as a phytoremediator species of zinc industry waste. *Scientia Forestalis*. 39, pp. 117-123.
16. Gwedla, N. & Shackleton, C., 2019. Perception and preference for urban trees across multiple socioeconomic contexts in the eastern Cape, South Africa. *Landscape and Urban Planning*, 189, pp. 225-234
17. Huxley, J. S. & Tessier, G. Terminology of relative growth. *Nature* 137, 780-781 (1936).
18. Ingen-Housz, J., 1779. Experiments upon Vegetables, Discovering Their Great Power of Purifying the Common Air in Sun-shine, and of Injuring It in the Shade and at Night to what is joined, A new method of examining the accurate degree of salubrity of the atmosphere, P. Elmsly in the Strand and H. Payne, in Pall., London, pp. 207-251
19. Jalkanen, J., Vierikko, K. & Moilanen, A., 2020. Spatial prioritization for urban Biodiversity Quality using Biotope maps and expert opinion. *Urban Forestry and Urban Greening*, 49: 1-11
20. Keesing, F. Belden, L.K., Daszak, P., Dobson, A., Harvell, C.D., Holt, R.D., Hudson, P., Jolles, A., Jones, K.E., Mitchell, C.E., Myers, S.S., Bogich, T., Ostfeld, R.S. 2010. Impacts of biodiversity on the transmission and emergence of Infectious diseases, *Nature*, 468: 647-652
21. Keesing, F., Holt, R.D. & Ostfeld, R.S. 2006. Effect of species diversity on disease risk. *Ecology Letters*, 9: 285-298
22. Koeser, A., Klein, R., Hasing, G. & Northrop, R., 2015. Factors driving professional and public urban tree risk perception. *Urban Forestry and Urban Greening*. 14, pp. 968-974
23. Langenheim, N., White, M., Tapper, N., & Livesley, S.J., Ramirez-Lovering, D., 2020. Right tree, right place, right time: A visual-functional design approach to select and place trees for optimal shade benefit to community pedestrians. *Sustainable Cities and Society*, 52, pp.

24. López-Pujol, J.; Guillot, D. 2014. *Yucca gigantea* Lem., primeras citas en Cataluña, y área potencial de naturalización en la Península Ibérica e Islas Baleares. *Bouteloua* 19: 212- 220
25. Meerow, S. & Newell, J., 2017. Spatial Planning for Multifunctional Green infrastructure: Growing Resilience in Detroit, *Landscape and Urban Planning*, 159, pp. 62-75
26. Meyer, E., 2008. Sustainable beauty, The performance of appearance. *Journal of Landscape Architecture*. pp. 1-22
27. Morakinyo, T., Ouyang, W., Lau, K., Ren, C. & Ng, E., 2020. Right tree, right place (urban canyon): Tree species selection approach for optimum urban heat mitigation - development and evaluation. *Science of The Total Environment*. 719, doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137461>.
28. Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. 2014. Los Árboles Patrimoniales de Quito. Textos de J. Polo y S. Paredes. Quito, pp.215
29. Murray, S., 1998. Silvicultura urbana y periurbana en Quito: estudio de caso. Departamento de Montes, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, pp. 1-50
30. Naciones Unidas, 1992. Convenio de Diversidad Biológica
31. Newman, C., 2017. The wisdom of trees. *National Geographic*, 231 (3): 52-73
32. Ordoñez Barona, C., Devisscher, T., Dobbs, C., Orozco Aguilar, L., Días Baptista, M., Navarro, N., Ferreira da SilvaFilho, D., & Escobedo, F.J. 2020. Trends in Urban Forestry Research in Latin America & the Caribbean: A Systematic Literature Review and Synthesis. *Urban Forestry and Urban Greening* 47, pp.1-10
33. Ostfeld, R.S. & Keeesing, F. 2000. Biodiversity and Disease Risk: The case of Lyme disease, *Conservation Biology*, 14: 722-728
34. Pincell, S., Gillespie, T., Pataki, D.E., Saatchi, S. & Saphores JD., 2012. Urban tree planting programs, function or fashion? Los Angeles and urban tree planting campaigns
35. Pretzsch, H., Biber, P., Uhl, E., Dahlhausen, J., Rötzer, T., Caldentey, J., Koike, T., Van Con, T., Chavanne, A., Seifert, T., du Toit, B., Farnden, C. & Pauleit, S., 2015. Crown size and growing space requirement of common tree species in urban centres, parks and forests. *Urban Forestry and Urban Greening*, 14, pp. 466-479
36. Pulighe, G., Fava, F. & Lupias, F., 2016. Insights and opportunities from mapping ecosystem services of urban green spaces and potentials in planning, *Ecosystem Services* 22, pp.1-10
37. Rauch, J., 1869. Public Parks: Their effects upon the moral, physical and sanitary conditions of the inhabitants of large cities, S.C. Griggs & Co., Chicago.

38. Ríos, M., M.J.Kozioł, H. Borgtoft Pedersen & G. Granda (Eds.).2007. Plantas útiles del Ecuador: Aplicaciones, retos y perspectivas/Useful Plants of Ecuador: Applications, challenges and Perspectives. Ediciones Abya Yala, Quito Ecuador, pp. 652.
39. Ruales, C.2013. Las colecciones botánicas de Joseph Jussieu (1736-1747). Serie Monográfica “Plantas de Quito-La vegetación original de una ciudad siempre verde”, volumen 1, pp. 2
40. Secretaría del Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito, 2016. Resolución No SA-PN-2016-001, Resolución de Protección del Arbolado Urbano.
41. Sjöman, H., Morgenroth, J., Sjöman, J.D., Sæbø, A. Kowarik, I. 2016. Diversification of the urban forest-Can we afford to exclude exotic tree species? *Urban Forestr & Urban Greening* 18: 237-241
42. Smetana, S.M. & Crittenden, J., 2014. Sustainable plants in urban parks: A life cycle analysis of traditional and alternative lawns in Georgia, USA. *Landscape and Urban Planning*, 122, pp. 140-151
43. Speak, A., Montagnani, L., Wellstein, C. & Zerbe, S., 2020. The influence of tree traits on urban ground surface shade cooling, *Landscape and Urban Planning*, 197, pp. 1-11
44. Tedersoo L., Suvi, T., Jairus, T., Ostonen, I., Polme, S. 2009. Revisiting ectomycorrhizal fungi of the genus *Alnus*: differential host specificity, diversity and determinants of the fungal community. *New Phytologist* 182: 727-735.
45. Thorpe, T.E., 1906. Joseph Priestley. JM Dent & Co., London, pp 167
46. Tudge, C., 2006. The Tree. Three Rivers Press, NY, pp. xi-xix
47. Van der Laan, W. & Dorr Legg, W. 1926. florida plants. II. Shrubs, *Landscape Architecture Magazine* 17: 40-47
48. Wu, H., Xiang, W., Fang, X., Lei, P., Ouyang, S., & Deng, X., 2017. Tree functional types simplify forest carbon stock estimates induced by carbon concentration variations among species in a subtropical area. *Scientific Reports*, 7, pp. 1-11
49. Wu, K.J.2020. Some trees may ‘social distance’ to avoid disease. National Geographic Society, Science. 2015-2020 National Geographic Partners.
50. Xing, Y., & Brimblecombe, P., 2019. Trees and Parks as the “lungs of cities”, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.126552>

8. Bibliotecas y centros de información digitales

<http://anpsa.org.au/>

<https://archive.org/>

<https://www.arborday.org/>

<https://www.cabi.org/ISC>

<http://www.catalogueoflife.org/>

<https://www.cbd.int/information/>

<http://www.fao.org/home/stories-archive/es/>

<https://www.gbif.org/species/>

<https://www.iucnredlist.org/species/>

<http://www.plantsoftheworldonline.org/>

<http://www.quitoinforma.gob.ec/>

<http://www.worldfloraonline.org/>