

Cartago, 11 de diciembre 2015

4^{to} informe de la contratación por servicios profesionales

N° 2015Cd-000022-01

Informe final

Elaborado por:

Ing. John Solano Salmerón

Contenido

I Parte: Informe final del censo del arbolado urbano en vías públicas del cantón de Belén	3
Metodología utilizada para el desarrollo del censo del arbolado urbano	3
Resultados obtenidos.....	8
Composición florística	8
Análisis de riqueza.....	12
Estructura horizontal.....	12
Estructura vertical	14
Estado fitosanitario	16
Reservorio de carbono	17
Recomendaciones	19
Referencias bibliográficas	20
II Parte: Informe final de la propuesta para el plan de arborización de la finca municipal Los Mamines en La Asunción.	21
Metodología	21
Resultados	22
Diagnóstico general de la finca	22
Propuesta de arborización	24
Recomendaciones previas y durante la siembra.....	26
Recomendaciones de mantenimiento	26
Glosario	28
Apéndices	29

I Parte: Informe final del censo del arbolado urbano en vías públicas del cantón de Belén

Metodología utilizada para el desarrollo del censo del arbolado urbano

Se censaron los árboles, arbustos, palmas, enredaderas, hierbas y cactus ubicados en las aceras, parques y fincas municipales del cantón de Belén. El censo consistió en georeferenciar, determinar la especie y registrar las variables del cuadro 1. En los individuos con diámetros menores a 10 cm y alturas inferiores a 2 metros se tomó su posición geográfica y se determinó la especie, únicamente.

Cuadro 1. Variables registradas en el censo del arbolado urbano del cantón de Belén y su respectiva metodología. 2015.

Variables	Metodología
Diámetro	Se midió el diámetro a la altura del pecho (dap) de los individuos con un $dap \geq 10$ cm. Cuando se presentaron condiciones especiales a esta altura (p.ej: fuste bifurcado, abultamiento) la medición del dap se realizó según lo ilustrado por el apéndice 1.
Altura total	Se estimó la altura total de los todos los individuos encontradas, para ello se utilizó medidor laser (apéndice 2).
Estado fitosanitario	El estado fitosanitario se determinó en base a tres categorías (A, B y C), donde A es un árbol sin afectaciones, B un árbol con afectaciones leves y moderadas; y C un árbol con afectaciones graves o muerto. Para la asignación de estas categorías se evaluaron las siguientes cinco variables: 1) presencia de ramas muertas, 2) exudados en fuste, 3) Necrosis, 4) defoliación de la copa causada por zompopas; y 5) presencia de especies parásitas.
Número de ramas muertas	Adicionalmente al estado fitosanitario se realizó un conteo de las ramas muertas de los individuos, a partir de observaciones detalladas.
Toxicidad de la especie para los humanos	Se determinó la toxicidad en base a información publicada en artículos y documentos científicos y conocimientos propios.
Grado de inclinación del fuste	Se evaluó el grado de inclinación de los individuos con el fin de determinar si esta variable representa un riesgo para los transeúntes o bien impide el tránsito. Para ello, se establecieron tres categorías (A, B y C) donde A es un individuo totalmente recto, (90° con respecto al suelo), B es un individuo con inclinación de ligera a moderadamente inclinado (más de 45° con respecto al suelo, pero menos de 90°); y C es un individuo con inclinación fuerte (menos de 45° con respecto al suelo).
Pendiente del terreno donde se ubica el individuo	Para determinar si la pendiente del terreno ésta representa un elemento que agrave el riesgo de daños a los transeúntes, producto del arbolado urbano, se determinó si el porcentaje de la pendiente donde se encontraba el individuo era menor o mayor a 45%.

Cercanía del individuo al tendido eléctrico	La cercanía al tendido eléctrico se determinó con medidor laser, como la diferencia entre la altura de los cables del tendido eléctrico y la altura de los individuos.
Grado de afectación de la acera	El grado de afectación de las aceras se evaluó en función de tres categorías: A, B y C; donde A indica que no existe afectación, B indica afectación de leve o moderada y C afectación grave.
Nivel de obstrucción	El nivel de obstrucción del tránsito por las aceras y parques se evaluó en función de dos categorías: A y B; donde A indica que no hay impedimento y B que sí existe impedimento.

En base a la información obtenida del censo se realizó un análisis detallado de la información, además se generó una base de datos digital y se diseñaron 3 mapas de ubicación. El análisis de la información comprendió 5 elementos: 1- estudio de la composición florística, 2- análisis de riqueza de especies, 3- análisis de la estructura horizontal, 4- análisis de la estructura vertical; y 4- análisis del reservorio de carbono del arbolado. Por su parte, la base de datos digital consistió en la generación de un archivo *Excel* y un archivo *Shape* y los mapas diseñados corresponden a uno por distrito con la ubicación de los individuos de mayor prioridad a ser manejados (ver mapas adjuntos).

El estudio de composición florística consistió en evaluar las variables: número de individuos, número de especies, abundancia (relativa y absoluta) de las especies, composición morfológica, dimensiones de los individuos, estado fitosanitario, inclinación del fuste, procedencia de las especies, presencia de sustancias tóxicas, grado de afectación de las aceras y obstrucción del tránsito. El análisis sobre la riqueza de especies consistió en evaluar la biodiversidad alfa del sitio a través del índice de Shannon-Wiener (H' ; Halffter et al. 2001; Villareal et al. 2004; ecuación 1). El análisis de la estructura horizontal consistió en estudiar la distribución de los individuos en función del diámetro y el estudio de la distribución del área basal en función del diámetro. El cálculo del área basal se realizó por medio de la ecuación 2. El análisis de la estructura vertical consistió en estudiar el comportamiento de las alturas de los individuos en función del diámetro y de la clasificación morfológica de las especies. Por último, el análisis del reservorio de carbono consistió en cuantificar las existencias en la biomasa arriba del suelo del arbolado.

Ecuación 1. Índice de Shannon – Wiener (H')

$$H' = -\sum p_i * \ln p_i$$

Dónde: P_i es la abundancia relativa de la especie i , la cual se obtiene de dividir el número de individuos de la especie i entre el número total de individuos.

Ecuación 2. Estimación del área basal (G_i ; m²)

$$G_i = \frac{\pi}{4} * (dap)^2$$

Dónde: G_i es el área basal del individuo i , en m² y el dap : es el diámetro a la altura del pecho o el diámetro promedio del individuo i , cuanto representa más de un eje, en metros.

El cálculo del reservorio de carbono se realizó en base a los individuos de especies arbóreas, arbustivas, palmas y hierbas de la familia musáceas con dap mayor o igual a 10 cm. La metodología empleada para el cálculo del carbono se eligió tomando en consideración los lineamientos de las directrices del IPCC para los inventarios nacionales

Previo al cálculo de carbono del arbolado se tomaron las siguientes consideraciones:

1. Se utilizaron los datos del inventario (dap , altura total, volumen total) para estimar las existencias de carbono en la biomasa.

2. El volumen de madera de las especies arbóreas y arbustivas se estimó a partir de la siguiente ecuación:

Ecuación 3. Método de cubicación del árbol en pie

$$V_i = \frac{\pi}{4} * (dap)^2 * h * ff$$

Dónde: V_i es el volumen total de madera del individuo i , en m^3 ; dap : es el diámetro a la altura del pecho o el diámetro promedio del individuo i , cuanto representa más de un eje, en metros; h : es la altura total del individuo i , en metros; y ff : es el factor de forma ($ff=0.50$; ESNACIFOR/OIMT 2003 y Ojeda sf).

3. Las existencias de biomasa se realizó para el caso de las árboles y arbustos través del volumen total de madera por individuo, utilizando la densidad de la madera de la especie o grupos de especies¹ (Zanne et al. 2006) y un factor de extracción de biomasa (FEB) de 1,1 (Herrera y Herrera 2013; ecuación 4). Y para el caso de las palmas y de las hierbas de la familia musaceae la estimación de la biomasa se realizó por medio de ecuaciones alométricas (ecuación 5 y 6, repectivamente).

Ecuación 4. Cálculo de la biomasa arriba del suelo para las especies arbóreas y arbustias

$$B_j = V_j * \rho * FEB$$

Dónde: B_j es la biomasa arriba del suelo por individuo, en kg; V_i : volumen de madera del individuo j , en $m^3/\text{árbol}$; ρ : densidad básica de la madera; y FEB: factor de expansión de biomasa.

¹ Cuando no se halló publicada la densidad básica de la madera para una especie en específico se utilizó la densidad de la madera del grupo de especies del mismo generó o de la familia taxonómica.

Ecuación 5. Cálculo de la biomasa arriba del suelo para las palmas

$$Bp_j = 4,5 + 7,7 * Ht$$

Dónde: Bp_j es la biomasa de la palma para el individuo j, en kg; y Ht es la altura total del individuo.

Ecuación 6. Cálculo de la biomasa arriba del suelo

de las hierbas de la familia musaceae

$$Bm_j = 1,5 * Ht$$

Fuente: Cerdas et al. 2013

Dónde: Bp_j es la biomasa del individuo j de la familia musaceae, en kg/individuo; y Ht es la altura total del individuo.

4. Luego de estimada la biomasa total en los árboles, arbustos palmas y hierbas de la familia musaceae se estimó el reservorio de carbono utilizando un fracción de carbono (FC) de 0,45 (IPCC 2006, ecuación 7).

Ecuación 7. Estimación del reservorio de carbono en el

arbolado urbano

$$C_B = (\sum B_j + \sum Bp_j + \sum Bm_j) * FC/1000$$

Dónde: C_B es el reservorio de carbono en la biomasa, en toneladas de carbono (ton o Mg).

Resultados obtenidos

Composición florística

El arbolado urbano en el cantón de Belén se compone de 12 217 individuos entre árboles, arbustos, palmas, hierbas, cactus y enredaderas. De ellos, un 51% son individuos de *dimensiones pequeñas* y un 49% de *dimensiones grandes*. Por otra parte, el 39% (4 790) de los individuos encontrados son árboles, el 33% (4 041) son arbustos, el 15,7% (1 916) son palmas y el restante 12,3% (1 470) lo comprenden las hierbas, enredaderas, cactus y los no identificados (NI; figura 1).

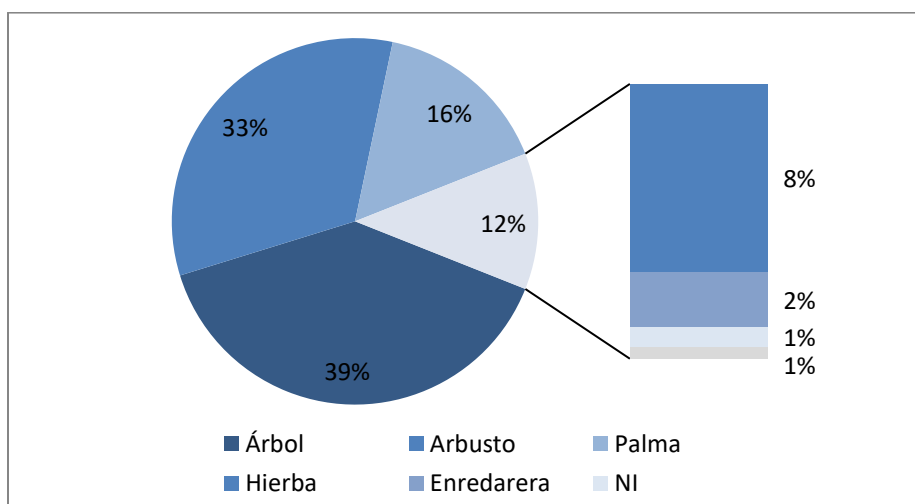


Figura 1. Abundancia relativa del arbolado urbano, según su clasificación en árbol, arbusto, palma, hierba, enredadera y cacto. Cantón de Belén, 2015.

El distrito de La Asunción es el distrito con mayor número de individuos, contiene el 48% (5 874) del total de los individuos censados. El distrito de San Antonio contiene el 34% de los individuos censados y el distrito de La Ribera 18%, siendo el distrito con menor número de individuos.

En relación al número de especies se encontraron 368 especies distribuidas de la siguiente manera: 42% son especies arbóreas; 33% son arbustos, 11% son hierbas, 8% son palmas, 2% son enredaderas y 1% es cactus; el 2% restante son especies indeterminadas (NI; figura 2). La especie con mayor abundancia es Croto (*Codiaeum variegatum*) con 732 individuos (6%), seguida de la palmera múltiple (*Chrysalidocarpus*

lutescenes) con 628 individuos (5%) y Pringo de oro (*Duranta erecta*) con 540 individuos (4,4%). También, se encontraron 341 especies con una abundancia menor al 1% (figura 3).

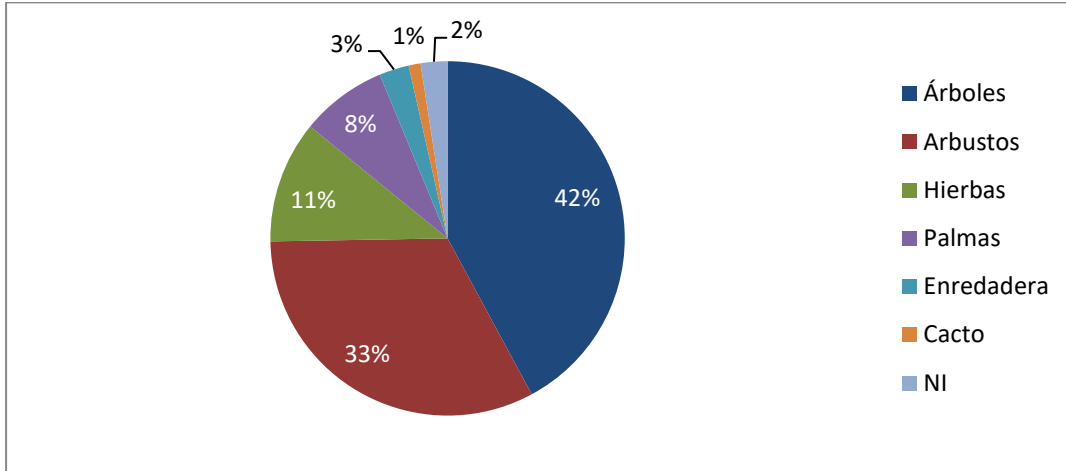


Figura 2. Distribución porcentual de la cantidad de especies, según su clasificación en árbol, arbusto, palma, hierba, enredadera y cacto. Cantón de Belén, 2015.

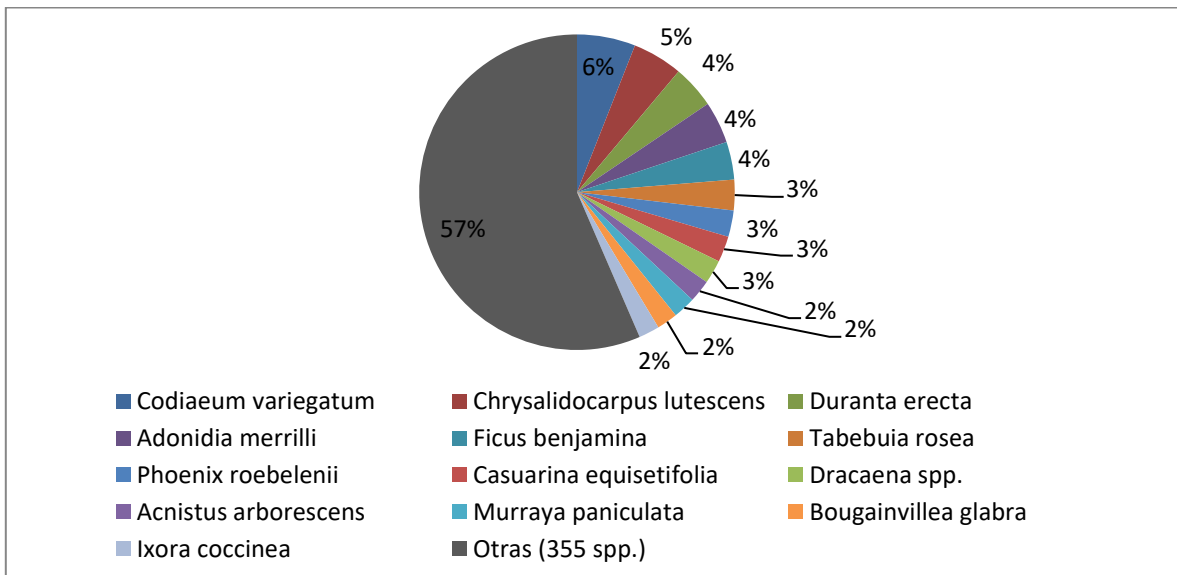


Figura 3. Abundancia relativa de las especies encontradas en el censo del arbolado urbano del distrito de San Antonio.

Según la clasificación de las especies en nativas o exóticas, se encontró que el 67% del arbolado lo comprenden especies exóticas (8 097) y el 33% son especies nativas (3 928)². En todos los distritos el número de exóticas supero en más del doble la cantidad de nativas. Las 4 especies exóticas con mayor abundancia son: Croto, la palmera múltiple, la palma navidad (*Adonidia merrilli*) y Laurel de la india (*Ficus benjamina*; cuadro 2); y las 4 especies nativas con mayor abundancia son: Pringo de oro, Roble de sabana (*Tabebuia rosea*), Güitite (*Acnistus arborescens*) y Nance (*Malpighia glabra*; cuadro 3).

Cuadro 2. Especies exóticas con mayor abundancia dentro del arbolado urbano. Cantón de Belén, 2015.

Nombre común	Nombre científico	Abundancia	
		Absoluta (individuos)	Relativa (%)
Croto	<i>Codiaeum variegatum</i>	732	6.0
Palmera múltiple	<i>Chrysalidocarpus lutescens</i>	628	5.1
Palma navidad	<i>Adonidia merrilli</i>	525	4.3
Laurel de la india	<i>Ficus benjamina</i>	473	3.9

En cuanto a la toxicidad se encontraron 56 especies que presentan sustancias tóxicas para el ser humano, representadas en 1 891 individuos. El distrito de San Antonio posee la mayor cantidad de individuos con sustancias tóxicas, seguido del distrito de La Asunción y el distrito de La Ribera con 48, 44 y 8%, respectivamente (figura 4). En términos absolutos, esto equivale a 909 individuos en San Antonio, 826 individuos en La Asunción y 156 individuos en La Ribera.

Cuadro 3. Especies nativas con mayor abundancia dentro del arbolado urbano. Cantón de Belén, 2015.

Nombre común	Nombre científico	Abundancia	
		Absoluta (individuos)	Relativa (%)
Pringo de oro	<i>Duranta erecta</i>	540	4.4
Roble de sabana	<i>Tabebuia rosea</i>	383	3.1
Güitite	<i>Acnistus arborescens</i>	281	2.3
Nance	<i>Malpighia glabra</i>	182	1.5

² Cabe destacar, que en esta estimación no se consideraron las especies que debido a su estado fitosanitario o a su dificultad taxonómica no pudieron ser identificadas (192 individuos; 1,6% de la población).

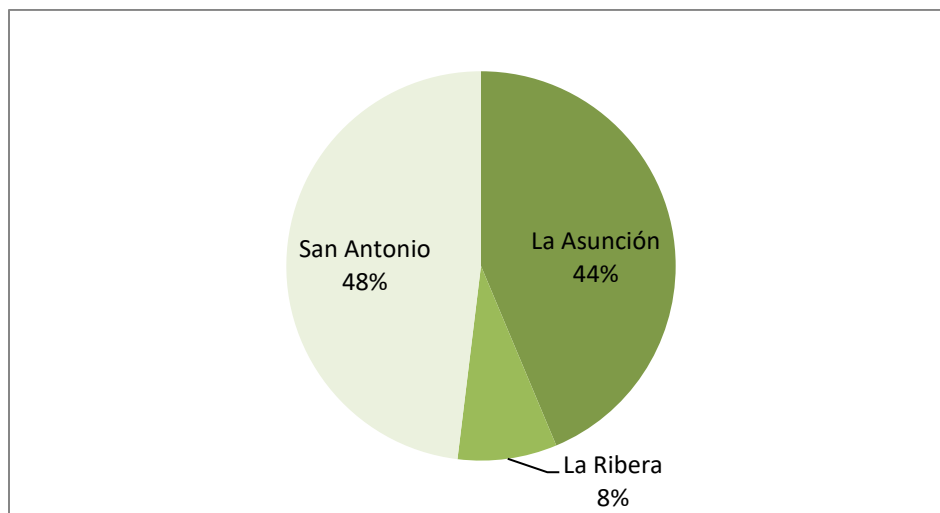


Figura 4. Distribución de los individuos que presentan sustancias tóxicas por distrito. Cantón de Belén. 2015.

Las 5 especies tóxicas con mayor abundancia son: Croto, Pringo de oro; hoy, mañana y siempre (*Brunfelsia pauciflora*) y flor blanca (*Plumeria rubra*) y San Juan (*Brunfelsia grandiflora*; cuadro 4 y apéndice 3).

Cuadro 4. Abundancia absoluta y relativa de las 5 especies con mayor abundancia que presentan sustancias tóxicas. Cantón de Belén, 2015.

Nombre común	Especie	Abundancia	
		Absoluta (individuos)	Relativa (%)
Croto	<i>Codiaeum variegatum</i>	564	29.8
Pringo de oro	<i>Duranta erecta</i>	540	28.6
Hoy, mañana y siempre	<i>Brunfelsia pauciflora</i>	75	4.0
Flor blanca	<i>Plumeria rubra</i>	75	4.0
San Juan	<i>Brunfelsia grandiflora</i>	65	3.4
Otras (51 spp.)	Otras (51 spp.)	572	30.2
Total		1891	100.0

Con relación a la inclinación del fuste se encontraron 1 465 individuos con un grado de inclinación de leve a moderada (categoría B), lo que representa el 12% del arbolado del cantón y 41 individuos (0,3%) con inclinación fuerte (categoría C). Por su parte, la afectación de aceras de forma leve a modera (categoría B) estuvo presente en 322 individuos (2,6%) y en forma grave (categoría C) estuvo presente en 45 individuos (0,4%).

La obstrucción del tránsito producto del arbolado urbano se encontró en 221 individuos (1,8%) del arbolado. Finalmente es importante destacar que del total de individuos que componen el arbolado urbano del cantón un 81% no poseen sustancias tóxicas para el ser humano. Existe solo un 15,5% que posee sustancias tóxicas, el cual se ubica principalmente en el distrito de San Antonio y La Asunción; y un 1,6% que quedó indeterminado.

Análisis de riqueza

Para el arbolado de todo el cantón se obtuvo un valor de riqueza de especies es de 7,75; lo que representa una muy alta biodiversidad, incluso más alta de lo normal. De forma individual, el distrito de La Asunción presenta un valor índice de riqueza de 4,39; el distrito de San Antonio un valor de 4,32 y el distrito de La Ribera un valor de 4,19. Por otro lado, el valor de riqueza de las especies exóticas es de 3,9 y el valor de biodiversidad de las especies nativas es de 3,8.

Usualmente el valor de índice de Shannon-Wiener varía entre 1,5 y 3,5. Sin embargo, tal como lo señala Morera (2011) en algunas oportunidades se alcanzan valores superiores a 5 cuando el componente arbóreo está compuesto de muchas especies. La relativamente alta riqueza del arbolado del cantón está estrictamente relacionada con el número de especies y la abundancia de cada uno de ellos, lo que evidencia la gran diversidad de especies que existe en el arbolado urbano en vías públicas tanto por la municipalidad, en las jornadas de arborización, como los habitantes del cantón que plantan de forma independiente.

Estructura horizontal

En términos generales la distribución horizontal es en forma de “J invertida” con un amplio número de individuos en la clase menor a 10 cm de dap (figura 7). Esto significa un mayor número de individuos en las clases diamétricas inferiores, especialmente la clase menor a 10 cm la cual contiene el 75% de los individuos; y una disminución progresiva del número de individuos conforme aumenta el diámetro.

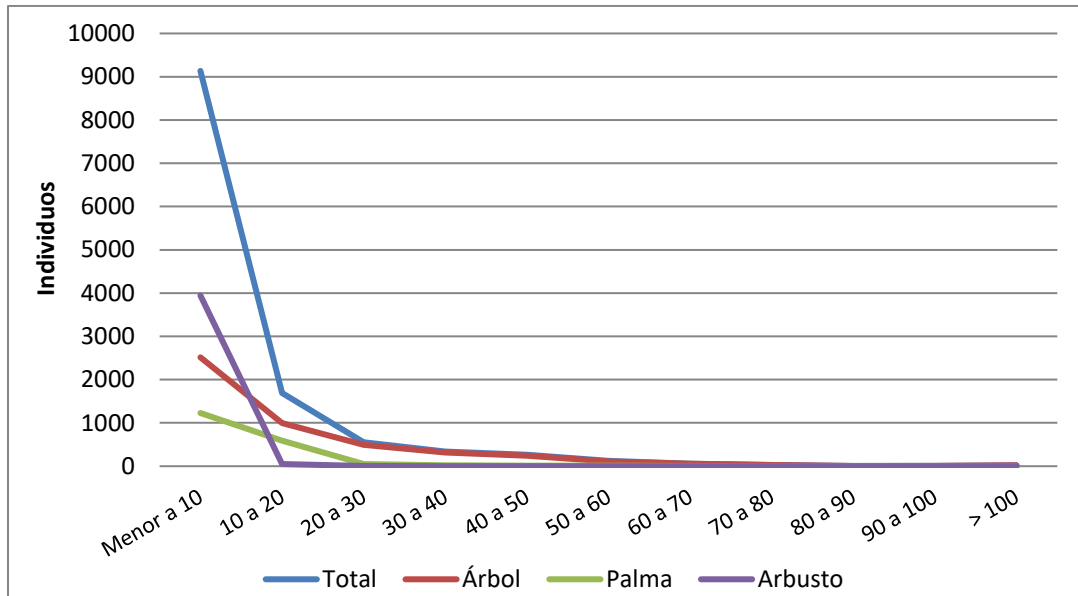


Figura 7. Distribución diamétrica del número de individuos del arbolado urbano en vía pública del cantón del Belén. 2015.

Por su parte, el área basal del arbolado es de 212,1 m², lo que equivale a 1,67 m²/ha de área efectiva. El área basal se encuentra concentrado principalmente en las primeras 5 clases diamétricas (de 10 a 60 cm de dap; figura 8). En su conjunto estas 5 clases el 72% del área basal (153,3 m²).

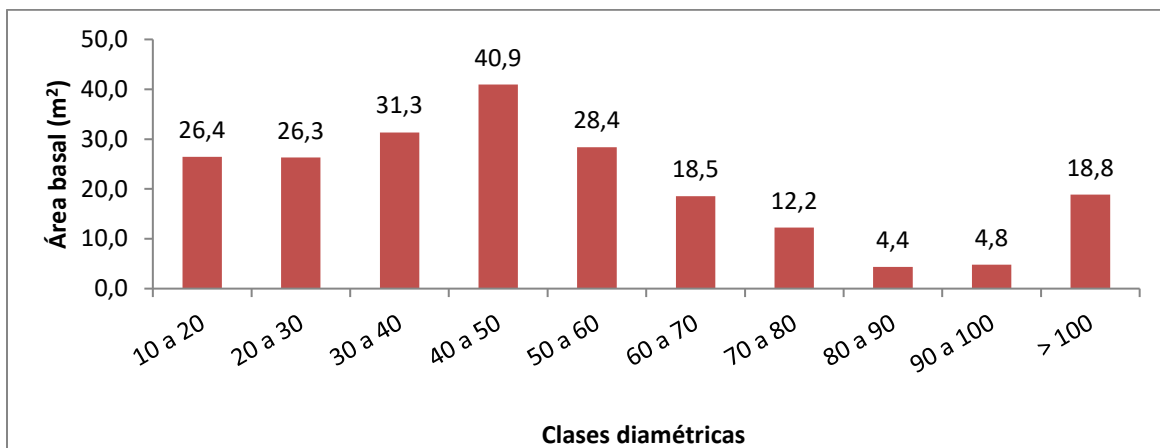


Figura 8. Distribución diamétrica del área basal (m²) del arbolado urbano en vía pública del cantón del Belén. 2015.

En función de los distritos el 63% del área basal se encuentra en el distrito de La Asunción, el 20% en San Antonio y el 17% en la Ribera. Mientras que en función del sitio donde se encuentra concentrada el área basal, el área verde concentra el 54% del área basal, las aceras el 36%, los parques el 9,7% y los pozos el 0,3%.

Estructura vertical

La altura total promedio de los árboles es de 6,9 m ($\pm 5,5$ m de desviación estándar), la de los arbustos es de 2,9 m ($\pm 1,49$ m), la de las palmas de 4,1 m ($\pm 2,6$ m) la de las enredaderas de 2,7 m ($\pm 0,9$ m), la de las hierbas de 3,4 ($\pm 1,7$ m), y la de los cactus de 3 m ($\pm 1,2$ m; figura 9).

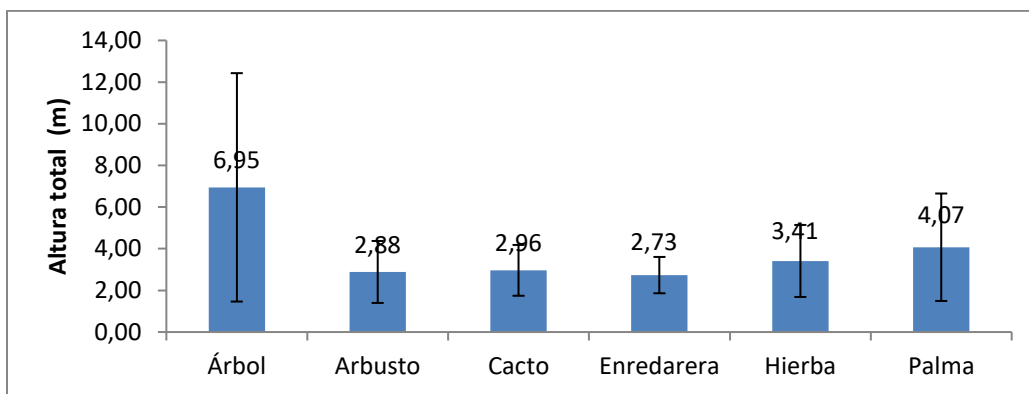


Figura 9. Altura total promedio y desviación estándar de los individuos del arbolado urbano público según su clasificación morfológica. Cantón de Belén. 2015.

La altura del arbolado tiende a aumentar conforme aumenta el diámetro a pesar que de factores como la infraestructura y el tendido eléctrico limitan el desarrollo vertical de los individuos. Situación que se refleja con mayor claridad en las clases de menor a 10 cm hasta la clase de 50-60. En la clase menor a 10 cm de dap la altura total promedio es de 3,25 m ($\pm 1,84$ m), en la clase de 50-60 la altura promedio es de 16,15 m ($\pm 5,4$ m) y en las clase mayor a 100 cm de dap la altura promedio es de 15,9 m ($\pm 5,5$ m; figura 10)

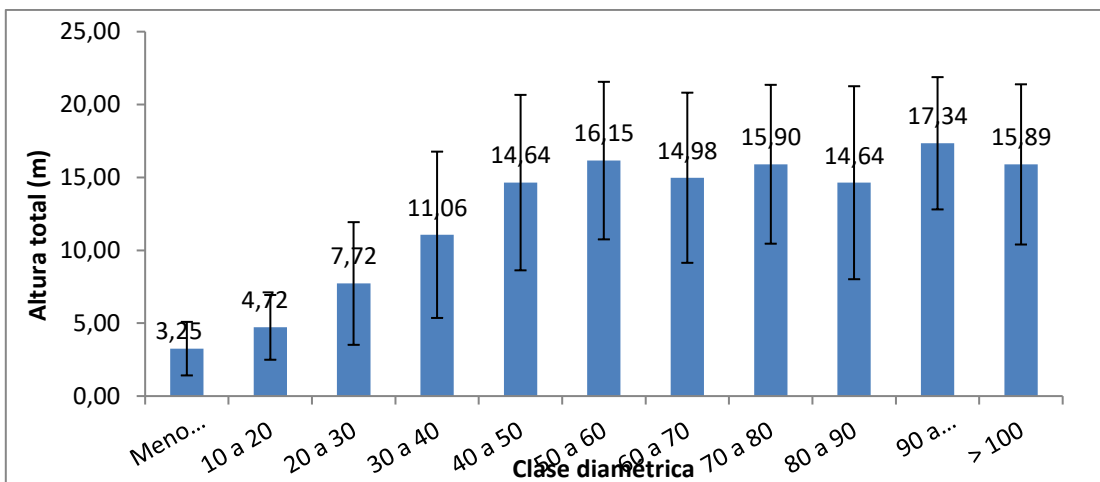


Figura 10. Altura total promedio y desviación estándar de los individuos del arbolado urbano en función del diámetro. Cantón de Belén, 2015.

En términos generales se evidencia que la altura del arbolado es relativamente baja, lo cual está fuertemente vinculado a las labores de podas que realiza la municipalidad y los vecinos del cantón. Lo que garantizan que el arbolado se mantenga en una altura media y no provoque alteraciones.

En relación con la cercanía al tendido eléctrico se encontraron 379 individuos que están pegando al tendido eléctrico, 263 individuos que se encuentran entre 0,1 y 0,5 metros del tendido y 253 individuos entre 0,6 y 1 metros (cuadro 5). Si bien, es relativamente alto el número de individuos que se encuentran pegando y cerca a pegar al tendido eléctrico, estas 3 clases representan el 7,3% del arbolado. Mientras que 4 053 individuos (33%) se ubican en sitio donde no pasa el tendido (clase NA; cuadro 5). Además a 6 178 individuos (51%) no se les registró la cercanía al tendido eléctrico (clase NR, cuadro 5), ya que eran individuos con una altura menor a 2 metros.

Cuadro 5. Distribución del arbolado urbano en vía pública en función de la cercanía del tendido eléctrico, cantón de Belén. 2015.

Cercanía al tendido eléctrico							
	Pegando al tendido	De 0,1 a 0,5 m	De 0,6 a 1 m	De 1,1 a 2 m	Mayor a 2 m	NA	NR
Número de individuos	379	263	253	469	622	4053	6178

Estado fitosanitario

Con respecto al estado fitosanitario, el 70% se encuentra en buenas condiciones (categoría A), el 26% en condiciones regulares (categoría B) y el 4% en malas condiciones (categoría C; figura 5)³.

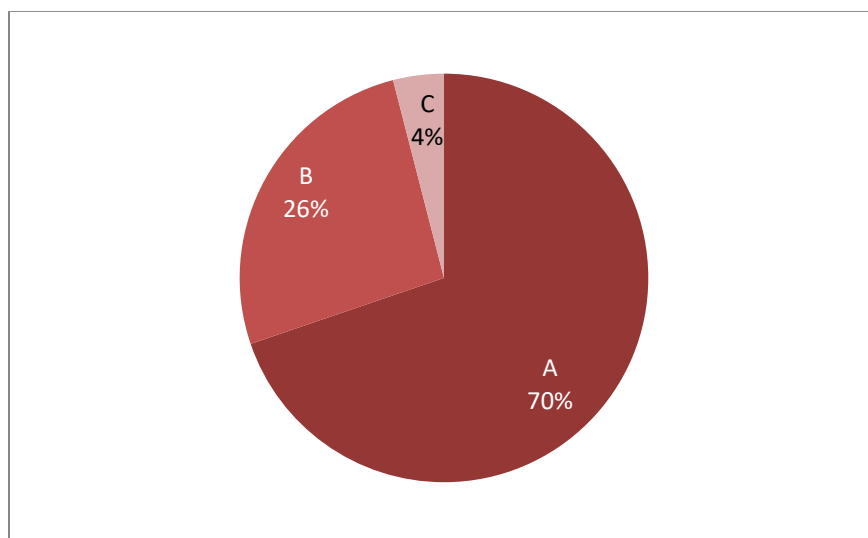


Figura 5. Distribución porcentual de las categorías del estado fitosanitario del arbolado urbano. Cantón de belén. 2015

El distrito de la Ribera es el distrito que contiene la mayor proporción individuos en buen estado fitosanitario (categoría A) y la mayor proporción de individuos con daño grave o muertos (categoría C), con un 46% y 3%, respectivamente; mientras que el distrito de la Asunción es el distrito con mayor proporción de individuos con estado fitosanitario regular (categoría B) con 15,2% (figura 6).

³ Se registró el estado fitosanitario en 6 719 individuos.

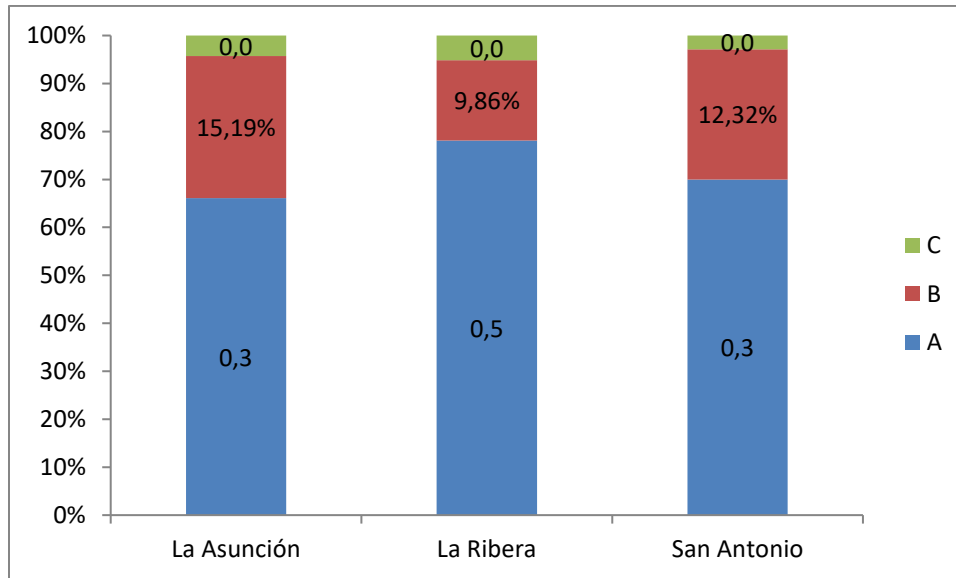


Figura 6. Distribución porcentual de las categorías del estado fitosanitario del arbolado urbano según el distrito en el que se encuentra. Cantón de Belén. 2015.

Reservorio de carbono

El reservorio de carbono del arbolado urbano en vías públicas del cantón de Belén es de 385,76 toneladas, lo que equivale a 1 414,47 t CO₂-eq. El distrito de La Asunción contiene el 79% del reservorio de carbono, el distrito de San Antonio el 12% y el distrito de La Ribera el 9% (figura 11).

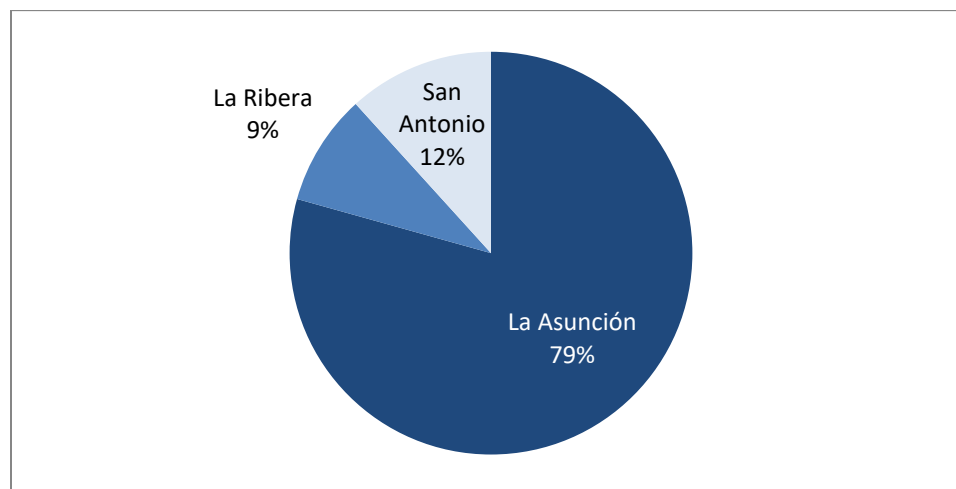


Figura 11. Distribución del reservorio de carbono arriba del suelo del arbolado urbano por distrito. Cantón de Belén, 2015.

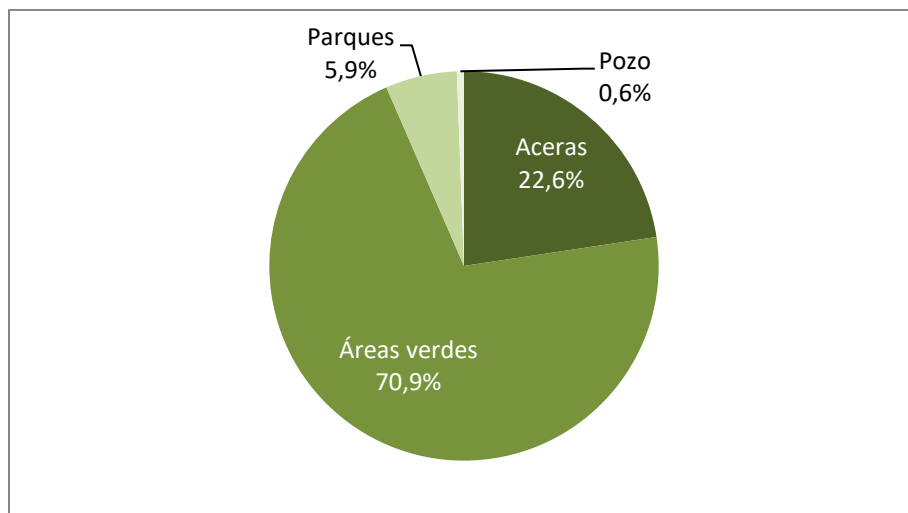


Figura 12. Distribución porcentual del reservorio de carbono del arbolado urbano en vía pública según su ubicación dentro del cantón. 2015.

El 70,9% (273,3 t) se encuentra en las áreas verdes, el 22,6% (87,3 t) en las aceras, el 5,9% (22,9 t) en los parques y el 0,6% (2,3 t) en el pozo (La Asunción; figura 12).

Por otro lado, los árboles son el principal reservorio de carbono en el cantón con 372,14 t de carbono (96,5%). Las palmas aportan 3,08% del carbono forestal, las hierbas de la familia musaceae el 0,25% y los arbustos el 0,20% carbono (figura 13).

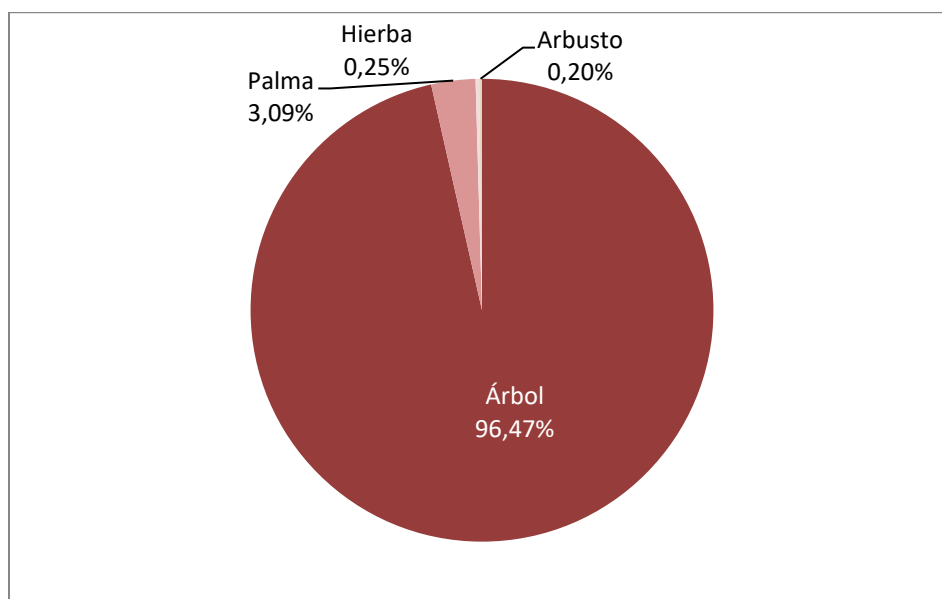


Figura 13. Distribución del reservorio de carbono del arbolado en vía pública según su clasificación morfológica. Cantón de Belén, 2015.

Recomendaciones

- Realizar un manejo integrado en los árboles y arbustos de dimensiones pequeñas y grandes (los últimos con estados fitosanitarios B y C) para potenciar la sobrevivencia de estos y reducir los índices de mortalidad. Esto sin dejar de lado a los individuos que se encuentran en buenas condiciones.
- Sustituir los árboles y palmas de dimensiones pequeñas que actualmente están bajo tendido eléctrico o en áreas verdes de aceras con espacio estrello, para reducir los costos futuros por podas, arreglo de aceras, calles y vía férrea, y por la afectación al tendido eléctrico. Asimismo para cumplir con lo dictado por el Reglamento de Arborización del Cantón Belén.
- Incluir más especies nativas en las jornadas de arborización urbana y reforestación de áreas verdes y parques, para incrementar la resiliencia del ecosistema natural de la zona, y hacer de Belén una ciudad más acorde con la biodiversidad local.
- Valorar la posibilidad de convertir las áreas verdes que se encuentran exentas de las limitaciones ambientales definidas por la legislación nacional vigente en áreas de producción de madera para el aprovisionamiento de institucional o interinstitucional. Esto tanto para hacer productivas dichas tierras como para potenciar el uso de madera dentro de la municipalidad, y con ello acuerpar las iniciativas de locales y nacionales de cambio climático.

Referencias bibliográficas

Blanco, ML; Carpio, I; Muñoz, F. 2005. Fichas técnicas de veinte especies maderables de importancia en Costa Rica. 1 ed. San José, CR. Editorial de la Universidad de Costa Rica. 106 p.

Cerdas Bustillo, R; Espin Chion, T; Cifuentes M. 2013. Carbono en ecosistemas agroforestales de cacao de la Reserva Indígena Bribri de Talamanca, Costa Rica. *Agroforestería de las Américas*. No. 49: 33-41.

Chacón Araya, AR; Montenegro Ballester, J; Sasa Marín, J. 2009. Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero y absorción de carbono de Costa Rica. San José, CR. MINAET-IMN. 78p.

Herrera, E; Herrera, ME. 2013. Comercialización del servicio de mitigación de gases de efecto invernadero (GEI): generado en fincas con contrato de PSA Área del Proyecto Zona Atlántica. San José, CR. FONAFIFO-MINAET. 33p.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2006. Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra: asentamientos. Eds. S Eggleston; JC Jenkins; HD Ginzo; SM Ogle; LV Verchot; M Handa y A Tsunekawa. sl.34p

León Arguedas, J; Poveda, JL . 2008: Los nombres comunes de las plantas en Costa Rica. Ed. P Sánchez Vindas. Editorial Guayacán. San José, CR. 870 p.

Morera. 2011. Antología del Curso de Ecología Forestal: I, II Parte. Heredia, CR. Universidad Nacional. 27p.

Rojas Rodríguez, F; Bermúdez Cruz, G; Jiménez Madrigal, Q. 2006. Plantas ornamentales del trópico. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Cartago, CR. 697p.

Zanne, A.E., Lopez-Gonzalez, G.*, Coomes, D.A., Ilic, J., Jansen, S., Lewis, S.L., Miller, R.B., Swenson, N.G., Wiemann, M.C., and Chave, J. 2009. Global wood density database. Dryad. Identifier: <http://hdl.handle.net/10255/dryad.235>.

II Parte: Informe final de la propuesta para el plan de arborización de la finca municipal Los Mamines en La Asunción.

El plan de arborización que aquí se presenta se limita a diseñar una propuesta de reforestación. Por lo que no considera la ejecución del mismo. Sin embargo, se presentan recomendaciones previas a la siembra y recomendaciones de manejo para el adecuado mantenimiento de los árboles a sembrar.

Metodología

Para iniciar un plan de reforestación se deben tomar en cuenta las condiciones propias del sitio a reforestar. De este modo, se analizaron, las variables del cuadro 6 y se realizó un diagnóstico general de la finca. A partir de esta diagnóstico se identificaron los factores que podrían afectar la ejecución de la arborización.

Posteriormente, se zonificó la finca según los elementos encontrados en el caracterización inicial. En base a esta zonificación se realizó una distribución de los posibles árboles y arbustos a sembrar y se realizó un listado de especies con potenciales a plantar. Este listado toma en cuenta tanto las condiciones propias de la finca como la morfología de la especie y distribución su natural.

Cuadro 6. Parámetros y variables a analizar para la elaboración del plan de forestación de la finca municipal.

Parámetro	Variable	Metodología
<i>Biológico</i>	Composición de la vegetación arbórea y arbustiva de la finca Los Mamines.	Censar los individuos de la finca Los Mamines. Cada individuo fue identificado taxonómicamente, se le obtuvo el dap y la altura, se clasificó en nativo o exótico. Además se determinó si la especie posee alguna propiedad física o química que puede llegar a representar un riesgo para la salud humana.
<i>Ambiental</i>	Área dentro y fuera de zonas de protección.	Se delimitaron las áreas con afectaciones ambientales en la finca Los Mamines mediante la información suministrada por la Municipalidad de Belén.

<i>Socioeconómicos</i>	Uso del suelo de las fincas aledañas a la finca Los Mamines y riesgos asociados para la arborización de la finca	Se determinaron los usos de la tierra colindantes a la finca (urbanos, cultivos, pastizal, bosque) y se identificaron posibles riesgos que podría afectar la arborización. Para ello se realizaron observaciones de campo.
<i>Físicos</i>	Pendiente	Se midió la pendiente de Finca Los Mamines en porcentaje utilizando un medidor laser.
	Pedregosidad del suelo	Se determinó mediante una calicata de 20 cm de diámetro y 30 cm de profundidad. Dicho procedimiento se realizó mediante un sistema de muestreo en zig-zag con inicio aleatorio que comprendió 49 puntos de muestreo distribuidos en toda la finca.
	Nivel freático	
	Presencia de cuerpos superficiales de agua	Se evaluó la presencia de cuerpos de agua que pudieran afectar la arborización, así como la presencia drenajes naturales para el flujo de las agua de las lluvias. Esto se realizó a partir d observaciones de campo.
	Presencia de drenajes naturales	

Resultados

Diagnóstico general de la finca

La finca posee una regeneración natural de 411 individuos entre árboles y arbustos. El 86% de ellos son individuos con diámetros menores a los 10 cm y alturas que oscilan entre los 0,5 y 3,1 m. Además posee 58 individuos con diámetros de 37 cm y altura promedio de 7,40 m.

Cerca de un 45% de los individuos de dimensiones pequeñas son árboles en desarrollo, principalmente de Güitite y Madero negro. El 65% restante son arbustos, representados principalmente por una especie de asterácea y la salvia virgen. Se encontraron 20 especies entre árboles y arbustos, de los cuales únicamente Jacaranda es una especie exótica (apéndice 4 y 5).

En cuanto a la distribución de los individuos, ésta es heterogénea. Sin embargo se evidencian dos patrones bien marcados: 1- los individuos de dimensiones medias se ubican en la parte noreste de la finca, cerca del tubo de flujo; y 2- los individuos de dimensiones pequeñas se encuentran dispersos por toda la finca, formando agrupaciones

de 3, 4, 5 o más individuos. En este caso los distanciamientos entre individuos pueden llegar a ser inferiores a los 0,5 m.

Por su parte el riesgo de daño a las personas por propiedades físicas o químicas de los árboles y arbustos actuales es de bajo a muy bajo, ya que no se encontraron grandes hallazgos en este sentido, solamente la presencia de 8 individuos de Lagartillo, cuyo fuste poseen agujones, y 11 individuos muertos de diámetros cercanos a los 37 cm y altura promedio de 7,4 m.

A nivel de suelo, no se encontraron problemas. Las características físicas (e.g. pedregosidad, compactación, pendiente, tabla de agua) no presentan limitantes para el desarrollo de los futuros árboles y arbustos a reforestar. Esto, a pesar de que el terreno de la finca se haya sido utilizado para otros usos en épocas recientes.

Desde el punto de vista social existe la evidencia del uso recreativo del sitio dado por miembros de la comunidad belemita, dicho uso no necesariamente es diario, depende de la época del año (en verano se tiende a frecuentar más), y es realizado por lo general en horas de la noche. Mientras que el uso de la tierra de la zonas colindantes está representado principalmente por infraestructura habitacional (e.g. casas y patios). Dicha característica fue tomada en cuenta para realizar la distribución de los árboles a plantar de tal manera de que en un futuro no se generen conflictos con la administración municipal por la destrucción de infraestructura. Se encontró que la vegetación arbustiva es la que se encuentra más cerca de infraestructuras colindantes, lo cual no representa un peligro futuro para la misma.

Propuesta de arborización

Se propone sembrar 1 166 individuos, en toda la finca, utilizando tanto árboles, arbusto y sufrútices. Esto implica un distanciamiento promedio entre individuos de 3,75 m. Sin embargo, es posible jugar con los distanciamientos según el tipo de árbol y los individuos circundantes. En todo caso no es aconsejable un distanciamiento menor a los 2,5 m cuando se trata de arbustos y de 3 m cuando son árboles de porte medio y alto.

La distribución de los individuos puede ser al azar, siempre y cuando se consideren aspectos como: la cercanía con otros individuos, la morfología de las especies cuando esté adulta; y la cercanía a la infraestructura. En relación con la cercanía a la infraestructura es aconseja dejar una distancia mínima de 2,5 m de distancia con respecto al lindero de la propiedad.

Por otro lado, según las características de la finca se identificar 10 zonas bien definidas, a saber: *áreas de protección de nacientes* (3668,02 m²), *tubo de flujo* (5020,44 m²), *mirador* (312,07 m²), *costado noroeste* (624,94 m²), *el quemado* (2012,15 m²), *zona plana* (2033,64 m²), *pendiente* (1609,56 m²), *el parque* (1087,47 m²), y *camino principal* sur (246,89 m²) y norte (159,39 m²). De modo que, las posibles especies a plantar y la densidad de siembra se ven condicionada a las características de cada zona, como se presenta a continuación:

La zona del *tubo de flujo* corresponde a aquella área por donde se determinó que pasa el agua que alimenta las nacientes de San Antonio, en ella se pretende sembrar 227 árboles entre árboles y arbusto. La limitante en es esta zona es el tubo de flujo por que se recomienda evitar el uso de especies con raíz pivotante como pinos y Ciprés.

En la zona denominada *plana* se pretende plantar 210 individuos. En esta zona no se encontró ninguna limitante, por lo que se pueden plantar cualquier especie, siempre considerando los elementos antes descritos. No obstante, sembrar árboles de porte alto y frondoso en esta zona generará un mayor impacto visual.

En las zonas de áreas de protección de nacientes se pueden sembrar hasta 220 individuos. En esta zona se pueden plantar árboles, arbustos. Sin embargo, se recomienda utilizar especies sufrútices, que no poseen un alto crecimiento, en las orillas del futuro mirador, para evitar perjudicar el disfrute del paisaje hacia las montañas.

Además otra limitante es no plantar muchos individuos cerca de los tres árboles adultos de higuerón, esto para no interrumpir el crecimiento de estos árboles y para evitar un posible alto grado de mortalidad de los nuevos individuos debido a la sombra que dejan los higuerones.

El quemado posee limitantes de pendiente lo que hace diferenciarse de las demás zonas. En esta zona se aprecia una parte llana y otra parte con pendiente. En la parte llana se proponen sembrar árboles altos y arbustos con tal de que sus copas puedan ser vistas desde el mirador (se espera con esto incrementar el atractivo del lugar). En la parte de mayor pendiente de esta zona se propone plantar sufrutices y arbustos de forma que cuando crezcan no interfieran con la apreciación del paisaje. En esta zona se pueden plantar 230 individuos entre árboles, arbustos y sufrutices. El hecho de que esta zona fuese denominada como tal es debido a que en el verano del 2015 se reportó una quema, lo cual pudo aumentar la fertilidad del suelo.

En la zona denominada *costado noroeste* se plantarán 71 individuos entre arbustos y árboles, mientras que la *zona de pendiente* se plantarán 230 individuos. En estas dos zonas la única limitante es la infraestructura de las casas colindantes, por lo que se debe tomar en cuenta analizar en detalle la morfología de la especie a plantar y el distanciamiento con respecto a la infraestructura.

La otra zona identificada es el *camino principal sur*, en la cual se recomienda plantar un árbol de roble sabana, corteza, corteza negra, carao, laurel, caoba, cedro, aguacate, aguacatillo, guayaba, nance, jocote, jiñocuabe, cristóbal, o cenízaro. Esto dado a que su porte adulto podría generar en el futuro un mayor atractivo. Además, en esta zona debe respetar el área destinada al paso de vehículos y personas.

Finalmente se encuentran las zonas del parque y del mirador en las cuales se aconseja no sembrar árboles o arbustos hasta que se realice el diseño de la infraestructura que irá en estas zonas.

La ubicación y el listado de posibles especies a plantar en cada una de las zonas antes descritas se presentan en el apéndice 6. Se recomienda plantar la mayor cantidad de especies posibles, con el objetivo de aumentar la biodiversidad florística de la finca.

Recomendaciones previas y durante la siembra

- Utilizar insecticidas orgánicos o químicos que tenga efecto sobre las hormigas zompopas. Esto para evitar la defoliación y depredación de los árboles plantados.
- Realizar el control de las zompopas con al menos 2 días de antelación a la siembra.
- Realizar una chapea del terreno antes de la siembra para liberar el espacio donde se ubicarán los árboles.
- Realizar una rodaja de 1 metro de radio durante la siembra, esta rodaja debe quedar, en la medida de lo posible libre de pastos y malezas.
- Realizar los hoyos en la tierra de acuerdo a las dimensiones de la bolsa que traen los árboles.
- Quitar adecuadamente las bolsas plásticas de las plántulas para evitar que se maltraten las raíces.
- De utilizar fertilizante utilice dosis mínimas ya que el suelo evidencia buena fertilidad y colóquelo de forma que haga contacto con la raíces para evitar quemar las plantas.
- De utilizar Hidro Kipper, emplear las cantidades sugeridas para evitar desperdicios y no afectar el equilibrio osmótico de los árboles y arbustos.
- Al momento de las chapeas evitar el contacto con las plantas establecidas naturalmente por regeneración, las cuales que pueden enriquecer la diversidad de especies de la finca.
- Capacitar a las personas que asistan a las campañas, previo a la siembra, sobre el cómo sembrar y tratar los árboles.
- Realizar una adecuada escogencia de las especies propuestas, de manera que se evite la concentración de individuos de la misma especie en sectores de la finca y evitar una baja biodiversidad florística.

Recomendaciones de mantenimiento

- Dar mantenimiento a las rodajas una vez al mes durante los primeros cinco años para evitar la competencia excesiva causada por las malezas y con ello asegurar un mejor rendimiento de la arborización (menos mortalidad).
- Realizar chapeas a toda la finca periódicamente durante al menos los dos primeros años, para favorecer el desarrollo de los individuos plantados y restringir el desarrollo descontrolado de las hierbas y malezas.

- Inspeccionar periódicamente la presencia e incidencia de plagas y enfermedades, como método preventivo de propagación de plagas o enfermedades.
- Control frecuente de los hormigueros de zompopas.
- Verificar que en la zona del mirador no estén creciendo árboles que afecten la visibilidad del sitio.
- Verificar que los árboles plantados no afecten la infraestructura vecina en el mediano y largo plazo.
- Construir protectores de madera alrededor de los árboles para prevenir que los árboles plantados sean cortados en las labores de chapea o limpia de las rodajas.

Glosario

Árbol: plantas con tallos leñosos, con presencia de tallo dominante y que alcanzan alturas mayores a los 5 m.

Arbusto: plantas con tallos leñosos que no poseen un tallo dominante y su altura no sobrepasa los cinco metros.

Área basal: área abarcada por los árboles, arbustos y palmas mayores a 10 cm de diámetro.

Cacto: plantas con apariencia cactiforme y tejidos suculentos.

Clasificación morfológica: forma de clasificación las plantas según la apariencia física-estructural de las mismas. Toma en cuenta el tamaño, la ramificación, y el grado de lignificación de los tallos y ramas.

Cobertura de copa: proyección de la copa de los árboles sobre el suelo determinada mediante la interpretación de imágenes satelitales.

Diámetro a la altura del pecho (dap): diámetro de un individuo medido a una altura de 1,30 metros sobre el nivel del suelo.

Dimensiones grandes: todo individuo con altura mayor a 2 m.

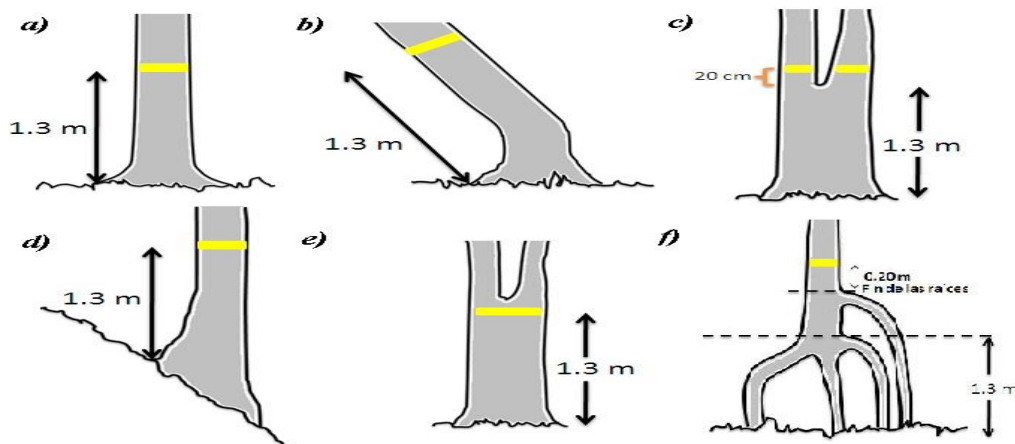
Dimensiones pequeñas: todos individuos con dap inferior a los 10 cm y con menos de 2 m de alto.

Enredadera: plantas con o sin tallos leñosos que necesitan un soporte (otra planta, un muro, una cerca, etc) para crecer, para ello tienden a desarrollar órganos especializados (zarcillos).

Hierba: plantas con tejido poco o no lignificado, pueden ser anuales o perennes.

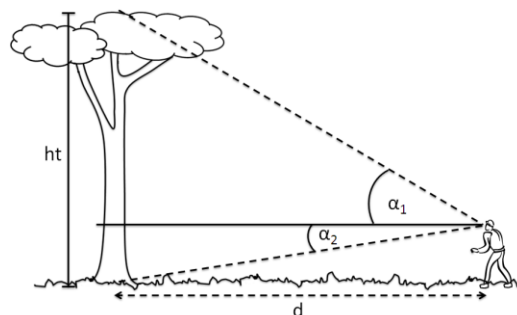
Apéndices

Apéndice 1. Medición del diámetro bajo diferentes escenarios. En donde: a) diámetro del árbol en terreno plano, b) diámetro en terreno plano y árboles inclinados, c) diámetro de un árbol bifurcado a 1.30 metros, d) diámetro de un árbol recto en terreno inclinado, e) diámetro de un árbol con protuberancias a la altura del dap, y f) diámetro de un árbol con raíces zancudas.



Fuente: Sánchez 2011.

Apéndice 2. Medición de la altura total de un árbol. Entiéndase por: ht) altura total del árbol, d) distancia entre el árbol y la persona, α_2) inclinación a la base del árbol en porcentaje, α_1) inclinación a la altura total del árbol en porcentaje.



Fuente: Sánchez 2011.

Apéndice 3. Listado de especies con presencia de sustancias tóxicas encontradas en el arbolado urbano en vía pública del Cantón de Belén. 2015.

Especies	Abundancia	
	Absoluta (individuos)	Relativa (%)
<i>Codiaeum variegatum</i>	564	29.8
<i>Duranta erecta</i>	540	28.6
<i>Brunfelsia pauciflora</i>	75	4.0
<i>Plumeria rubra</i>	75	4.0
<i>Brunfelsia grandiflora</i>	65	3.4
<i>Gliricidia sepium</i>	52	2.7
<i>Cestrum sp. 1</i>	51	2.7
<i>Carica papaya</i>	50	2.6
<i>Lantana camara</i>	37	2.0
<i>Jatropha multifida</i>	31	1.6
<i>Schinus terebinthifolius</i>	30	1.6
<i>Agave americana</i>	24	1.3
<i>Thevetia peruviana</i>	21	1.1
<i>Nerium oleander</i>	20	1.1
<i>Euphorbia tirucalli</i>	18	1.0
<i>Brugmansia candida</i>	17	0.9
<i>Euonymus japonica</i>	17	0.9
<i>Tabernaemontana divaricata</i>	17	0.9
<i>Cnidocolus aconitifolius</i>	14	0.7
<i>Euphorbia leucocephala</i>	14	0.7
<i>Anacardium occidentale</i>	13	0.7
<i>Spathodea campanulata</i>	13	0.7
<i>Stemmadenia donnell-smithii</i>	13	0.7
<i>Jatropha integerrima</i>	9	0.5
<i>Philodendron bipinnatifidum</i>	9	0.5
<i>Allamanda cathartica</i>	8	0.4
<i>Jatropha podagrica</i>	8	0.4
<i>Euphorbia pulcherrima</i>	7	0.4
<i>Monstera deliciosa</i>	7	0.4
<i>Solanum schlechtendalianum</i>	7	0.4
<i>Cestrum sp. 2</i>	6	0.3
<i>Pedilanthus tithymaloides</i>	6	0.3
<i>Ricinus communis</i>	6	0.3
<i>Satureja viminea</i>	6	0.3
<i>Solanum sp. 3</i>	5	0.3
<i>Azadirachta indica</i>	4	0.2
<i>Catharanthus roseus</i>	4	0.2
<i>Melicope denhamii</i>	4	0.2

<i>Areca catechu</i>	3	0.2
<i>Cnidocolus aconitifolius</i> var. <i>chayamansa</i>	2	0.1
<i>Hydrangea macrophylla</i>	2	0.1
<i>Lippia alba</i>	2	0.1
<i>Solanum umbellatum</i>	2	0.1
<i>Allamanda blanchetti</i>	1	0.1
<i>Buddleja americana</i>	1	0.1
<i>Casimiroa edulis</i>	1	0.1
<i>Croton niveus</i>	1	0.1
<i>Euphorbia lactea</i>	1	0.1
<i>Euphorbia</i> sp.	1	0.1
<i>Melia azedarach</i>	1	0.1
<i>Moringa oleifera</i>	1	0.1
<i>Poincianella eriostachys</i>	1	0.1
<i>Solanaceae</i>	1	0.1
<i>Solanum</i> sp. 2	1	0.1
<i>Streptosolen jamesonii</i>	1	0.1
<i>Trichilia martiana</i>	1	0.1

Apéndice 4. Lista de especies arbóreas encontradas en la finca Los Mamines. La Asunción, Belén. 2015.

Nombre común	Nombre científico	Número de individuos
Güitite	<i>Acnistus arborescens</i>	83
Madero Negro	<i>Gliricidia sepium</i>	71
Guachipelín	<i>Diphysa americana</i>	15
Jocote	<i>Spondias purpurea</i>	8
Jiñocuabe/indio desnudo	<i>Bursera simaruba</i>	11
Higuerón	<i>Ficus costaricana</i>	6
Lagartillo	<i>Zanthoxylum</i> sp.	4
Candelillo	<i>Senna spectabilis</i>	6
Higuerón	<i>Ficus citrifolia</i>	3
Guanacaste	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	2
Jacaranda	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	1
Cedro amargo	<i>Cedrela odorata</i>	1
-----	<i>Cestrum</i> sp.	1
Higuerón	<i>Ficus morazaniana</i>	2
Higuerón	<i>Ficus jimenezii</i>	1
Árboles muertos		11
TOTAL		215

Apéndice 5. Lista de especies arbustivas encontradas en la finca Los Mamines, La Asunción, Belén. 2015

Nombre común	Nombre científico	Número de individuos
-----	<i>Asteraceae</i>	155
Salvia virgen	<i>Buddleja americana</i>	11
----	<i>Cestrum sp.</i>	8
----	<i>Solanaceae</i>	2
Bambú	<i>Bambusa sp.</i>	20
TOTAL		196

