

UNIVERSIDAD NACIONAL  
FACULTA DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES  
ESCUELA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

**Informe Escrito Final**

**Lineamientos para la arborización de las zonas verdes públicas de la parte baja de San Rafael de Heredia, Costa Rica, considerando especies vegetales que suministren recursos a la avifauna**

Proyecto de Graduación presentado como requisito parcial para optar al grado de Licenciatura en Biología con énfasis en Manejo de Recursos Naturales

**Daniela Barquero Salgado**

**Campus Omar Dengo**

**Heredia, 2018**

## Resumen

Actualmente, existe un acelerado crecimiento de los núcleos urbanos, caracterizado por la falta de lineamientos de planificación para proteger la flora y fauna. Esto ha desencadenado que muchas especies desaparezcan de las ciudades y otras más generalistas aumenten su número. Por tanto, el objetivo de este trabajo es evaluar la diversidad de aves de San Rafael de Heredia y de árboles y arbustos de las zonas verdes públicas de la parte baja de este cantón para determinar una serie de lineamientos que deben incluirse en planes de arborización, considerando especies vegetales que suministren recursos a la avifauna. Para esto se determinó qué aves habitan en el lugar y qué consumen y qué especies arbóreas y arbustivas se encuentran en el sitio de estudio. En general, para el cantón de San Rafael se observaron 90 especies de aves pertenecientes a 30 familias, 95.11% residentes del lugar y en su mayoría frugívoras y se encontraron 68 especies de árboles y arbustos de 32 familias en las zonas verdes publicas de la parte baja de San Rafael. Con estos datos, se generó un listado de árboles y arbustos evaluado en una matriz de criterios para determinar cuales especies arbóreas y arbustivas deben ser incluidas en planes de arborización de las zonas verdes públicas de San Rafael de Heredia y así sugirieron los lineamientos a considerarse en planes de arborización.

## Agradecimientos

Agradezco a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto de mi carrera profesional, por su bondad, por su amor y por las aves.

A toda mi familia.

En especial mi madre, Ana Teresa, por todo su amor, por estar a mi lado apoyándome, ayudándome siempre con la tesis y motivándome a cumplir con este proyecto.

A mi padre, por sus consejos, por su ayuda, por ir conmigo a los muestreos y giras, por motivarme y estar siempre para mí apoyándome en mis proyectos.

A mi hermana, por colaborar con los muestreos, las giras, los apuntes y por todo su apoyo, por escucharme y alentar esta tesis.

A mi abuelo, por toda su ayuda en los muestreos de plantas, por su colaboración y todo su conocimiento.

Agradecimiento especial a mis profesores, a Carmen Hidalgo por ser mi tutora y acompañarme en todo este proceso con sus valiosos consejos, no solo profesionales, sino de vida. A Oscar Ramírez, por toda su ayuda y valiosos aportes y a Marvin Castillo, también por su colaboración y aportes, sin ellos este documento no se hubiera logrado

A Daniel Chacón, por todo su apoyo, por su ayuda en la redacción del manuscrito, por hacerme creer que sí podía lograrlo.

A Fabian Araya por toda su colaboración en la identificación de los árboles y arbustos muestreados, a los funcionarios del herbario Juvenal Valerio Rodríguez por toda la ayuda e información brindada.

A mis amigos, por estar siempre para mí.

Finalmente, agradezco a todos aquellos que participaron directa o indirectamente en la elaboración de esta tesis. A todos los que me ayudaron o simplemente me apoyaron para lograr esta meta.

## **Dedicatoria**

A toda mi familia, sin ellos este proyecto jamás se habría concretado  
En especial a mi padre por su ejemplo y ayuda  
Y a mi madre por estar a mi lado en cada momento ayudándome  
A mi hermana por su apoyo incondicional

A mis profesores por toda su ayuda, apoyo y consejos

A todas las personas de San Rafael de Heredia que amen las aves  
y encuentren útil este proyecto

## Índice

<b>Miembros del tribunal.....</b>	<b>I</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>II</b>
<b>Agradecimientos.....</b>	<b>III</b>
<b>Dedicatoria.....</b>	<b>IV</b>
<b>Índice.....</b>	<b>V</b>
<b>Índice de cuadros.....</b>	<b>VI</b>
<b>Índice de figuras.....</b>	<b>VII</b>
<b>1. Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Antecedentes.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. Justificación.....</b>	<b>4</b>
<b>1.3. Objetivos.....</b>	<b>8</b>
<b>1.3.1. Objetivo General.....</b>	<b>8</b>
<b>1.3.2. Objetivos Específicos.....</b>	<b>8</b>
<b>2. Marco Metodológico.....</b>	<b>8</b>
<b>2.1 Área de estudio.....</b>	<b>8</b>
<b>2.2. Metodología.....</b>	<b>11</b>
<b>2.3. Análisis de los datos.....</b>	<b>21</b>
<b>3. Resultados.....</b>	<b>22</b>
<b>4. Discusión.....</b>	<b>50</b>
<b>5. Conclusiones.....</b>	<b>78</b>
<b>6. Recomendaciones.....</b>	<b>79</b>
<b>7. Bibliografía.....</b>	<b>80</b>
<b>8. Anexos.....</b>	<b>94</b>

## Índice de Cuadros

<b>Cuadro 1</b>	Características de los cinco distritos de San Rafael de Heredia, Costa Rica.....	9
<b>Cuadro 2</b>	Distritos, área, grado de urbanización y principales coberturas de las tres zonas en las que se dividió altitudinalmente el cantón de San Rafael de Heredia, Costa Rica.....	10
<b>Cuadro 3</b>	Justificación de los criterios para determinar especies arbustivas y arbóreas que deben ser incluidas en planes de arborización de las zonas verdes públicas de San Rafael de Heredia.....	15
<b>Cuadro 4</b>	Criterios para determinar especies arbóreas y arbustivas que deben ser incluidas en planes de arborización de las zonas verdes públicas de San Rafael de Heredia.....	17
<b>Cuadro 5</b>	Gremio trófico de los individuos encontrados en el cantón de San Rafael de Heredia con la respectiva abundancia relativa 2015.....	23
<b>Cuadro 6</b>	Gremio trófico de las familias de aves encontradas en el cantón de San Rafael de Heredia con su respectiva abundancia relativa 2015.....	25
<b>Cuadro 7</b>	Índices de diversidad alfa de la Parta alta, Parte Media y Parte Baja del cantón de San Rafael de Heredia.....	32
<b>Cuadro 8</b>	Índices de diversidad alfa de las zonas verdes públicas de la parte baja del cantón de San Rafael de Heredia.....	34
<b>Cuadro 9</b>	Riqueza de aves de la parte alta, media y baja que poseen movilidad a la parte baja del cantón de San Rafael de Heredia y que usan frutos, flores o semillas como recurso alimenticio.....	40
<b>Cuadro 10</b>	Especies arbóreas o arbustivas recomendadas por los expertos para ser sembradas en zonas verdes publica de la parte baja de San Rafael de Heredia.....	42
<b>Cuadro 11</b>	Evaluación de las especies arbóreas o arbustivas en la matriz de criterios para determinar cuáles deben ser incluidas en planes de arborización de las zonas verdes públicas de San Rafael de Heredia.....	42
<b>Cuadro 12</b>	Requerimientos para el establecimiento y mantenimientos de las especies arbóreas y arbustivas seleccionadas para arborizar las zonas verdes públicas de la parte baja de San Rafael de Heredia.....	47

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b>	División altitudinal y distritos del cantón de San Rafael de Heredia, Costa Rica. Tomado y modificado del Atlas 2008.....	10
<b>Figura 2</b>	Cobertura de la parte alta, media y baja del cantón de San Rafael de Heredia. Tomado y modificado del Atlas 2008.....	11
<b>Figura 3</b>	Ubicación de los puntos de conteo para el muestreo de aves en la parte alta, media y baja del cantón del San Rafael de Heredia.....	12
<b>Figura 4</b>	Promedio de las observaciones de las familias de aves presentes en el cantón de San Rafael de Heredia 2015.....	23
<b>Figura 5</b>	Promedio de las observaciones de especies encontradas en el cantón de San Rafael de Heredia, según la metodología de puntos de conteo fijos sin área definida 2015.....	25
<b>Figura 6</b>	Promedio de las observaciones de especies encontradas en la parte alta del cantón de San Rafael de Heredia, según la metodología de puntos de conteo fijos sin área definida 2015.....	30
<b>Figura 7</b>	Promedio de las observaciones de especies encontradas en la parte media del cantón de San Rafael de Heredia, según la metodología de puntos de conteo fijos sin área definida 2015.....	31
<b>Figura 8</b>	Promedio de las observaciones de especies encontradas en la parte baja del cantón de San Rafael de Heredia, según la metodología de puntos de conteo fijos sin área definida 2015.....	31
<b>Figura 9</b>	Similitud de la composición de especies de las Partes alta, media y baja según el índice de Jaccard.....	32
<b>Figura 10</b>	Abundancia por familia de árboles y arbustos de las seis zonas verdes públicas estudiadas en la parte baja de San Rafael de Heredia 2017.....	34
<b>Figura 11</b>	Abundancia de especies arbóreas y arbustivas de la plaza de La Suiza de San Rafael de Heredia 2017.....	35
<b>Figura 12</b>	Abundancia de especies arbóreas y arbustivas del central de San Rafael de Heredia de Heredia 2017.....	36
<b>Figura 13</b>	Abundancia de especies arbóreas y arbustivas del cementerio de San Rafael de Heredia de Heredia 2017.....	37
<b>Figura 14</b>	Abundancia de especies arbóreas y arbustivas de la plaza de la clínica de San Rafael de Heredia de Heredia 2017.....	37
<b>Figura 15</b>	Abundancia de especies arbóreas y arbustivas de la urbanización Arguedas Molina de San Rafael de Heredia de Heredia 2017.....	38
<b>Figura 16</b>	Similitud de la composición de especies de las Partes alta, media y baja según el índice de Jaccard.....	38
<b>Figura 17</b>	Porcentajes de cobertura arbórea de las zonas verdes públicas en estudio de la parte baja del cantón de San Rafael de Heredia en comparación al porcentaje sin cobertura.....	39

# 1. Introducción

## 1.1 Antecedentes

Los ecosistemas urbanos son los más recientes que existen en la Tierra, ya que se desarrollaron hace 10 000 años cuando los seres humanos cambiaron sus hábitos nómadas por sedentarios (Conejero y Sallent, 2011). En lo que hace muchos años pudieron ser pequeñas aldeas, mediante un proceso lento y gradual, se han convertido en grandes centros urbanos o ciudades (Molina, 2011).

En general, se puede definir el ecosistema urbano como un sistema en el cual existe una comunidad de organismos vivos que habitan en un medio físico abiótico edificado por el ser humano, pero con un funcionamiento a base de intercambios de materia y energía como los ambientes naturales (Marín, 2005, Conejero y Sallent, 2011). En cuanto a su estructura física, la mayoría de zonas urbanas están concebidas bajo una perspectiva antrópica y se encuentran determinadas por una “trama urbana” o “trama gris”, la cual se define como un grupo de edificios separados entre sí por estructuras lineales asfaltadas e islas de vegetación, dando como resultado un mosaico de diferentes ambientes (Marín, 2005; Ramírez-Albores, 2008).

Aunque en las zonas urbanas domine la estructura abiótica, siempre existirá un componente formado por seres vivos que brindan beneficios a los humanos, sin que estos últimos lo noten (Sierra, 2012). No obstante, la forma de la organización física de las ciudades supone alteraciones ambientales y afecta procesos ecológicos y evolutivos. Por consiguiente, tomando en cuenta la rápida expansión de las ciudades, podríamos decir que nos encontramos ante una crisis ambiental generada por el crecimiento de la población humana y la moderna sociedad industrial y tecnológica (Marín, 2005; Ramírez-Albores, 2008; Estrada, 2013).

Los procesos asociados con la urbanización provocan una reducción y fragmentación de la vegetación nativa modificando la comunidad de fauna residente. Por esta razón, el establecimiento de ciudades es considerado una de las principales causas de cambio del paisaje, pérdida de ecosistemas naturales y representa una gran amenaza para la biodiversidad, ya que la mayoría de especies nativas tienden a desaparecer, mientras algunas especies exóticas o generalistas ocupan el lugar de las primeras (Marín 2005; González et al., 2007; Villegas y Garitano-Zavala, 2008; Molina 2011; Estrada, 2013).

La destrucción y fragmentación de los hábitats naturales, producto de la urbanización, está provocando una grave amenaza para las aves y pone en riesgo su conservación a largo plazo. En este



grupo de organismos, la mayoría de especies tienden a desaparecer de las ciudades, mientras que las más generalistas o exóticas aumentan su densidad. De esta manera, la baja diversidad de aves en las zonas urbanas podría deberse a los pocos sitios de alimentación y anidación que estas áreas poseen, además de fuentes de agua y refugios escasos (Sierra, 2012).

En lo que respecta a Costa Rica, la ampliación de las zonas urbanas tuvo un lento despliegue en el siglo XX. Posteriormente, entre los años 1950 y 1970, a raíz del aumento de las políticas industriales y de las exportaciones, se dieron las tasas de urbanización más altas del país. Y es a partir del año 1990 cuando las políticas de apertura económica y el crecimiento poblacional favorecen la expansión no planificada de las áreas urbanas (Miranda, 2002).

De esta manera, la acelerada expansión de las zonas urbanas y las políticas de crecimiento económico, que para el 2002 aún no incorporaban adecuadamente los problemas ambientales, siguen produciendo un gran deterioro de los ecosistemas naturales (Naciones Unidas, 2002). En general, la urbanización en nuestro país está provocando una destrucción de la cobertura vegetal y posterior reducción o extinción de las poblaciones de organismos asociados a esta (Bouroncle, 2008; Santos y Telleria, 2006).

La ciudad de Heredia es un buen ejemplo del acelerado proceso de urbanización, ya que es uno de los mayores centros urbanos del país. Alrededor del año 1995, la mayoría de los cafetales y bosques de la provincia fueron eliminados para establecer urbanizaciones, lo que disminuyó la fauna y flora presentes, alcanzando una cobertura forestal de 53.8% para el año 2000. Situación que ha podido agravarse ya que para el año 2011 la población alcanzó los 433 677 habitantes distribuidos en 122 410 viviendas (212 904 más personas que en 1985) (Sánchez et al., 2002; Acosta, INEC, 2013).

Una forma para evitar la situación mencionada anteriormente es el desarrollo de lineamientos que sean base para generar planes de arborización de las zonas urbanas (Krolikowski 2003). Recientemente, por la problemática que representa el incremento urbano se ha buscado generar mayores estructuras verdes en las ciudades. Ejemplo de esto son los modelos de “trama verde”, los cuales son, conceptualmente, un conjunto de áreas recubiertas de vegetación dentro de las ciudades, que desempeñan funciones de protección del ambiente y de integración paisajística (Fadigas, 2009).

En el caso de Costa Rica, hasta el momento son pocas las iniciativas que se han realizado con el fin de mejorar la trama verde de las áreas urbanas. Un ejemplo es el proyecto “San José Limpio y

Verde”, el cual buscaba mejorar calidad ambiental y el valor escénico de la ciudad, a través de la plantación de diferentes especies arbóreas. A partir de este proyecto, nació la idea del Plan de Arborización Urbana, cuyo fin es la elaboración de un programa de arborización para el cantón de San José (Sánchez, 2013).

Otro ejemplo es el Proyecto de Rearborización del Parque Metropolitano La Sabana, desarrollado desde el 2011 en busca de un cambio de las especies arbóreas en este sitio, con el fin de volver a atraer fauna de San José (Conejero y Sallent, 2011; Sánchez, 2013). Para diciembre del 2012, en este parque se han sembrado 771 árboles nativos en sustitución de especies exóticas. Este proyecto ya está dando sus frutos, pues en el monitoreo de aves realizado en el 2012 se lograron observar 20 especies de aves, entre las que se incluyen *Falco peregrinus* y *Amazona auropalliata* (INBio, 2008; Castillo, 2012).

Lo anterior demuestra la importancia de las zonas verdes dentro de las áreas urbanas para el mantenimiento de la avifauna. En este aspecto, en un estudio realizado en Costa Rica por Obando-Calderón et al. (2014) se reportaron 273 especies de aves en jardines y parques. En el caso particular de Heredia se encontraron 82. No obstante, el 40% correspondía solamente a las 10 especies más abundantes. Esta investigación demuestra la gran cantidad de especies de aves que pueden albergar las áreas verdes en las ciudades.

Fuera de Costa Rica, varios países latinoamericanos han llevado a cabo estos proyectos, pero sin enfocarse en beneficiar directamente a la avifauna. Un ejemplo de esto es Colombia, donde desde 1998 se han realizado planes de arborización en la localidad de Usme. En este sitio se han plantado más de 6194 árboles con ayuda de la comunidad, con el propósito de construir un entorno agradable y adecuado para vivir (Moreno et al., 2008).

La ciudad de Quito, Ecuador, desde 1970 cuenta con un departamento de parques y jardines, el cual se había encargado de “embellecer” la zona urbana, pero con especies en su mayoría exóticas. Por esta razón, en 1989 comenzó el proyecto “Plan de Arborización de Quito”, el cual buscaba una planificación y ejecución exitosa de la arborización. Posteriormente, se ideó el “Proyecto de arborización urbana: Adopta un árbol” el cual tenía como fin integrar a la comunidad en los esfuerzos por arborizar la ciudad (Cobo, 1997; Sembrando Esperanza, 2012).

Chile también posee lineamientos de arborización, los cuales buscan sembrar 17 millones de árboles en todo el país. Estos lineamientos tienen por objetivo mejorar la calidad de vida de los chilenos por medio de los beneficios que otorgan los árboles. En lo posible, se siembran especies nativas seleccionadas según las diferentes zonas y regiones de Chile y sus requerimientos climáticos. No obstante, las especies se escogen también por sus características ornamentales (Corporación Nacional Forestal, 2014) de manera que, al igual que los otros proyectos mencionados, no incluyen las necesidades de las aves.

Así bien, no solamente han sido pocas las investigaciones destinadas a generar de lineamientos que sustenten planes de arborización adecuados para las ciudades, sino también existe un vacío de información acerca de la comunidad de aves en paisajes urbanos. Aunque los escasos estudios que se han realizado acerca de la estructura y composición de las aves en zonas urbanas muestran que los pequeños parches boscosos dentro de las ciudades facilitan el mantenimiento de la diversidad local, se necesitan más trabajos que demuestren la necesidad de conservar las áreas verdes en las zonas urbanas (Marín, 2005).

## **1.2 Justificación**

El cantón de San Rafael de Heredia también ha experimentado cambios producidos por la urbanización. Este lugar, que en el año 1846 contaba con 2 400 habitantes, actualmente posee una población mayor a las 45 965 personas, las cuales ocupan más de 12 957 viviendas. Esto demuestra el gran desarrollo urbanístico dado en la zona por sus actividades agropecuarias, sitios de interés público y su belleza natural, la cual atrae cada vez a más personas (Municipalidad de San Rafael de Heredia, 2011; INEC, 2013).

Para buscar reducir el impacto del crecimiento urbanístico, la Municipalidad de San Rafael ha conformado la Comisión Municipal del Ambiente y la Asociación de Gestión Ambiental de San Rafael de Heredia, encargadas de llevar a cabo una serie de proyectos a favor de los recursos naturales. Entre estos se encuentran proyectos de educación ambiental y siembra de árboles (Municipalidad San Rafael de Heredia, 2011; Rodríguez comunicación personal, 17 de junio, 2014).

No obstante, los proyectos de arborización no se han realizado en la parte más urbanizada de San Rafael, ni se han basado en mejorar el entorno para las aves. Esto sucede ya que el área de mayor biodiversidad del cantón es su parte media y alta, comprendida por los distritos de Concepción y Los

Ángeles, parte de la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Braulio Carrillo, sector volcán Barva. De esta forma, los esfuerzos de conservación se han centrado en la plantación de árboles y el manejo pasivo de las zonas altas y algunas zonas medias, lo cual hace necesaria la intervención en zonas bajas (Valerio, comunicación personal, agosto 25, 2015).

Parte del problema presente en la parte baja de San Rafael es que las pocas áreas verdes públicas que existen están compuestas por especies exóticas o por especies nativas que no proveen beneficios a las aves en términos de alimento, refugio o anidación. Esto es una deficiencia en los programas de siembra de zonas verdes, pues estudios han demostrado que pequeños parches de vegetación adecuada dentro de las ciudades favorecen la riqueza local de especies, ya que brindan hábitats para especies residentes, actúan como corredores biológicos y sitios de parada para las aves migratorias (Díaz y Armesto, 2003; Marín, 2005).

Otro problema que existe en San Rafael de Heredia para mejorar el entorno de las aves es la falta de información acerca de sus especies, principalmente de aquellas que se encuentran habitando en la zona más urbana. Esto sucede en mayor medida a nivel neotropical, donde hay una falta de estudios sobre la composición y estructura de la comunidad de aves en ecosistemas intervenidos por el ser humano (Marín, 2005). Esta situación hace muy difícil generar lineamientos destinados a mejorar las condiciones de hábitat de las aves en este sitio.

En este cantón se encuentran diferentes tipos de aves residentes del cantón, migratorias altitudinales y migratorias latitudinales a lo largo del año (Garrigues y Dean, 2007). De estas especies también existe muy poco o nada de información de hábitos, usos de ecosistemas o alimentación, lo cual limita la capacidad de las entidades gubernamentales con el fin de generar proyectos o acciones para la protección de la mayor cantidad de especies presentes en el cantón, por lo que es de vital importancia conocer cuales especies existen en el lugar.

Conjuntamente, es muy importante conocer los gremios tróficos de las aves que habitan en el lugar, pues una forma de atraer y proteger la avifauna del sitio es promoviendo planes de arborización que contemplen que recursos usan directamente las aves, como lo es el alimento. Con base en esto, se puede proponer que especies de árboles y arbustos pueden utilizarse para sembrar en el sitio (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2010).

Aunque el gran desarrollo urbanístico y la falta de información biológica existente en San Rafael apunta al desequilibrio ambiental, la municipalidad del cantón busca comprometerse más con el ambiente. La misión de esta indica claramente su deseo de mejorar la calidad de vida, y entre otros aspectos, el compromiso con la protección ambiental y el desarrollo sostenible. En su Plan Estratégico de Desarrollo Local 2011-2025, la municipalidad busca un progreso basado en el equilibrio territorial, aumento de la diversidad social y ecológica y el desarrollo humano sostenible (Municipalidad San Rafael de Heredia, 2011).

La Municipalidad de San Rafael posee un presupuesto y se encuentra anuente al planteamiento de lineamientos de arborización que mejoren el ecosistema urbano de su parte baja (Valerio, comunicación personal, agosto 25, 2015). En este sentido, conocer la diversidad de aves que habitan en el cantón brindaría criterios para establecer cuales especies arbóreas y arbustivas pueden sembrarse en las zonas verdes públicas de la parte baja del cantón. De esta manera, se puede escoger aquellas especies que brinden recursos y, por consiguiente, atraigan las variedades de aves silvestres de las partes altas y medias del cantón a la parte baja.

Programas de arborización en la ciudad de Bogotá ya han demostrado como un correcto arbolado urbano puede, incluso, aumentar la cantidad de especies avifaunística que habitan en una ciudad con respecto al pasado. En este sitio, por ejemplo, en 1945 Borrero reportó la presencia de 9 especies migratorias en la ciudad y luego de un aumento en los parques y jardines y un incremento en el arbolado urbano para el 2005 ya se reportaban 21 especies de aves migratorias en Bogotá (Osorio-Olarte, 2012). Esto demuestra la importancia de generar planes de arborización que tomen en cuenta criterios ecológicos de las especies, como sus hábitos de alimentación (Acosta-Hernández, 2014).

Por un lado, trazar lineamientos de planes de arborización de las áreas verdes públicas de la zona baja de San Rafael, no solo generarían beneficios para las aves sino también a los pobladores de esta zona. Entre ellos se encuentra el mejoramiento de la calidad del suelo, ya que las plantas aportan materia orgánica rica en nutrientes. Por otro lado, los árboles disminuyen la erosión y funcionan como cortavientos, reducen la contaminación de aire mediante el secuestro de carbono y el aporte de oxígeno y reducen el ruido de las ciudades. En el caso de recurso hídrico, la arborización beneficiaría a la retención de humedad y filtración de agua (Cobo, 1997; DAGMA, 2009).

En cuanto a los beneficios sociales de los proyectos de arborización, se tendría un embellecimiento de las áreas verdes públicas del cantón de San Rafael, lo cual favorecería la recreación física y mental de los pobladores. Adicionalmente, el valor de educación ambiental en determinadas áreas urbanas con vegetación es más alto y ayudaría mayormente a la concientización de los habitantes de San Rafael que zonas desprovistas de zonas arborizadas. (Cobo, 1997; DAGMA 2009).

Generar este tipo de lineamientos para la atracción de la avifauna del cantón de San Rafael contribuiría a mejorar el estado de salud de estos ecosistemas urbanos, debido a que muchas especies, principalmente las insectívoras y carnívoras, son controladores de plagas. También, algunas aves como las carroñeras evitan la proliferación de enfermedades asociadas a la descomposición de cadáveres. Además, algunas especies frugívoras y nectarívoras mantienen la regeneración de las plantas, ya que actúan como agentes polinizadores y dispersores de semillas y son fuente de alimento para otras especies (Aves Argentinas, 2013).

Aumentar la cantidad de aves en la zona urbana de la parte baja de San Rafael mejoraría el estatus de conservación del cantón y cumpliría con los objetivos de su municipalidad. Conjuntamente, las aves son una importante herramienta de educación ambiental, mejoran la belleza escénica del paisaje, dan valor a ciertas áreas de importancia ambiental y conforman un valioso recurso para el ecoturismo, lo cual podría mejorar los ingresos económicos de la zona. Asimismo, son un componente clave para planificar el manejo de los recursos naturales y pueden funcionar como indicadores del estado de salud del ecosistema (Aves Argentinas, 2013).

Por lo mencionado anteriormente, el diseño de lineamientos bases para generar planes de arborización de las zonas verdes públicas de la parte baja de San Rafael de Heredia surge de la necesidad de reducir el deterioro de su área más urbanizada y, además, de ayudar a la atracción de la avifauna presente en el cantón. De esta forma, no solo se beneficia a las aves sino a toda la comunidad de este lugar.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Establecer una propuesta de lineamientos a considerarse en proyectos de arborización de las zonas verdes públicas de la parte baja de San Rafael de Heredia, Costa Rica, con el fin de promover la diversidad y conservación de la avifauna del cantón.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Estimar la diversidad de las especies de aves del cantón de San Rafael de Heredia.
- Establecer la diversidad de árboles y arbustos de las zonas verdes públicas de la parte baja del cantón de San Rafael de Heredia.
- Determinar las especies arbóreas y arbustivas que promuevan la diversidad y conservación de la avifauna a la parte baja de San Rafael de Heredia.
- Sugerir los lineamientos que deben ser considerados en los planes de arborización de las zonas verdes públicas de la parte baja de San Rafael de Heredia.

## **2. Marco metodológico**

### **2.1 Área de estudio**

El centro del cantón de San Rafael de Heredia se localiza en las coordenadas 10° 00' 52'' latitud norte 84° 06' 05'' longitud oeste, a una altura promedio de 1 264 m.s.n.m. Este incluye los siguientes distritos: San Rafael, San Josecito, Santiago, Los Ángeles y Concepción (Cuadro 1). El sistema fluvial de San Rafael pertenece a la vertiente del Pacífico, forma parte de la cuenca del río Grande de Tárcoles y lo constituyen los ríos: Segundo, Macarrón, Burío, Pirro, Bermúdez, Turales, Tibás y Tures; y las quebradas Astillero, Turú y Tierra Blanca (Municipalidad San Rafael de Heredia, 2011).

En cuanto a su población, en San Rafael de Heredia habitan más de 43 729 personas, encontrándose la mayoría de estas en los distritos de San Josecito, Santiago y Los Ángeles. Para el 2011 existían 9 988 viviendas en este lugar, donde en promedio habitan cuatro personas por hogar. Así bien,

la mayor cantidad de casas está localizada en el distrito de San Josecito, no obstante, la mayor densidad de estas se localiza en el distrito de San Rafael, donde existe más desarrollo social (Municipalidad de San Rafael de Heredia, 2011).

Se dividió el cantón de San Rafael en tres ámbitos altitudinales: parte alta (PA), parte media (PM) y parte baja (PB), según criterios ecológicos y grado de urbanismo. En el primer caso, debido a que las especies de aves se distribuyen de acuerdo con un gradiente altitudinal, y según grado de urbanismo, pues la zona baja presenta la mayor cantidad de área urbana, mientras que la zona alta presenta el menor porcentaje de zona urbanizada.

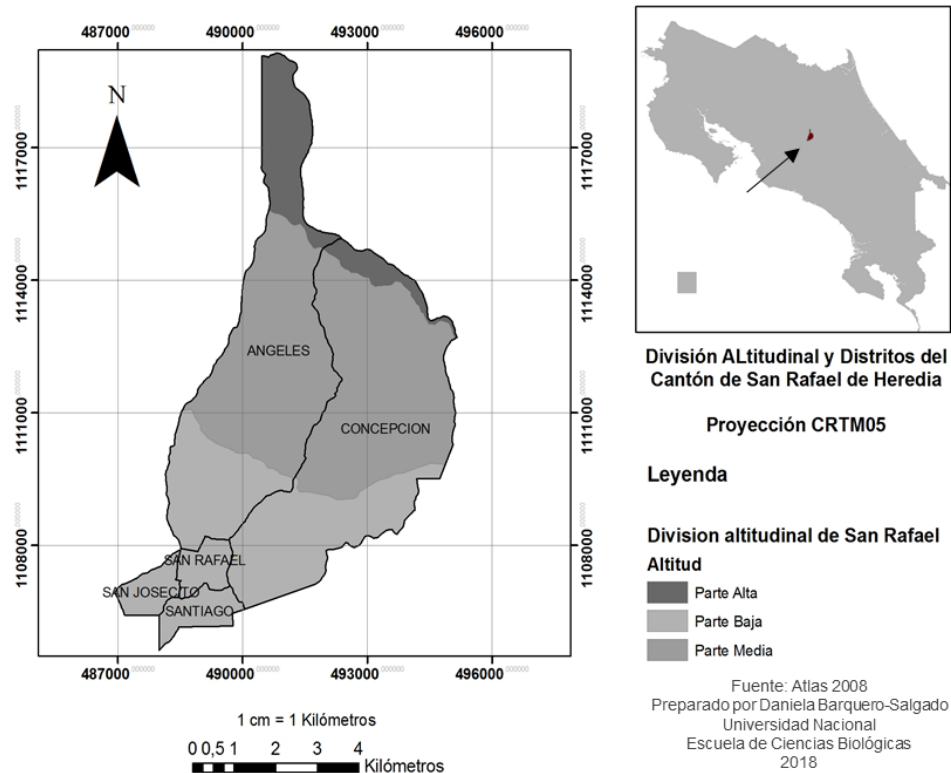
Así bien, la PB se extiende desde los 1 150 m.s.n.m a los 1 500 m.s.n.m. La PM, la zona más extensa en área, se encuentra desde los 1 500 m.s.n.m a los 2 000 m.s.n.m. y la PA se localiza desde los 2 000 m.s.n.m a los 2 500 m.s.n.m (Cuadro 2, Figura 1). Las tres secciones en las que se dividió San Rafael varían en cuanto a los tipos de cobertura que poseen (Cuadro 2 y Figura 2).

**Cuadro 1.** Características de los cinco distritos de San Rafael de Heredia, Costa Rica

<b>Distrito</b>	<b>Coordenadas</b>	<b>Altitud</b>	<b>Poblados</b>
<b>San Rafael</b>	10°00'58" latitud norte y 84°06'02" longitud oeste.	1 264 m.s.n.m	Amistad, Matasano (parte) y Paso Vega (parte)
<b>San Josecito</b>	10°00'50" latitud norte y 84°06'28" longitud oeste.	1 245 m.s.n.m	Bajo Molinos, Joya, Matasano (parte), Peralta.
<b>Santiago</b>	10°00'35" latitud norte y 84°06'22" longitud oeste	1 220 m.s.n.m	Jardines de Roma, Jardines Universitarios, Suiza.
<b>Los Ángeles</b>	10°02'21" latitud norte y 84°05'27" longitud oeste	1 496 m.s.n.m	Paso Vega, Saca, Poblados: Calle Hernández, Castillo, Cerro Redondo, Getsemaní, Joaquina, Lobos, Montecito, Palma, Quintanar de la Sierra, Uvita.
<b>Concepción</b>	10°01'45" latitud norte y 84°04'08" longitud oeste	1 490 m.s.n.m	Anonos, Burial, Calle Chávez, Ciénaga, Charquillo, Mora, Pilas, Turú.

\*Información tomada de: Municipalidad de San Rafael, 2011.



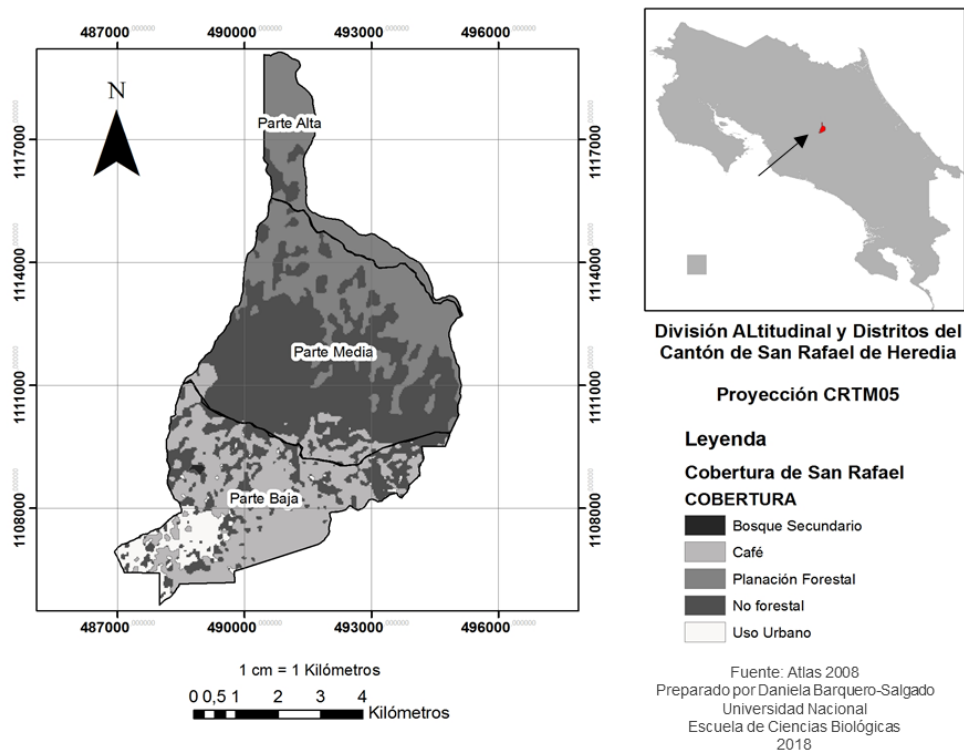


**Figura 1.** División altitudinal y distritos del cantón de San Rafael de Heredia, Costa Rica. Tomado y modificado del Atlas 2008

**Cuadro 2.** Distritos, área, grado de urbanización y principales coberturas de las tres zonas en las que se dividió altitudinalmente el cantón de San Rafael de Heredia, Costa Rica

División Altitudinal	Distritos	Área (Km <sup>2</sup> )	Urbanización	Cobertura
<b>Parte Alta</b>	Los Ángeles y Concepción	5.04	Baja	Mayormente boscosa
<b>Parte Media</b>	Los Ángeles y Concepción	26.15	Media	Boscosa y no forestal
<b>Parte Baja</b>	Los Ángeles, Concepción, San Rafael, San Josecito y Santiago	17.04	Alta	Urbana, agrícola y no forestal

\* Información tomada de: Municipalidad de San Rafael, 2011; Ortiz y Soto, 2008.



**Figura 2.** Cobertura de la parte alta, media y baja del cantón de San Rafael de Heredia. Tomado y modificado del Atlas 2008.

## 2.2 Metodología

### Diversidad avifaunística de la PB, PM y PA de San Rafael

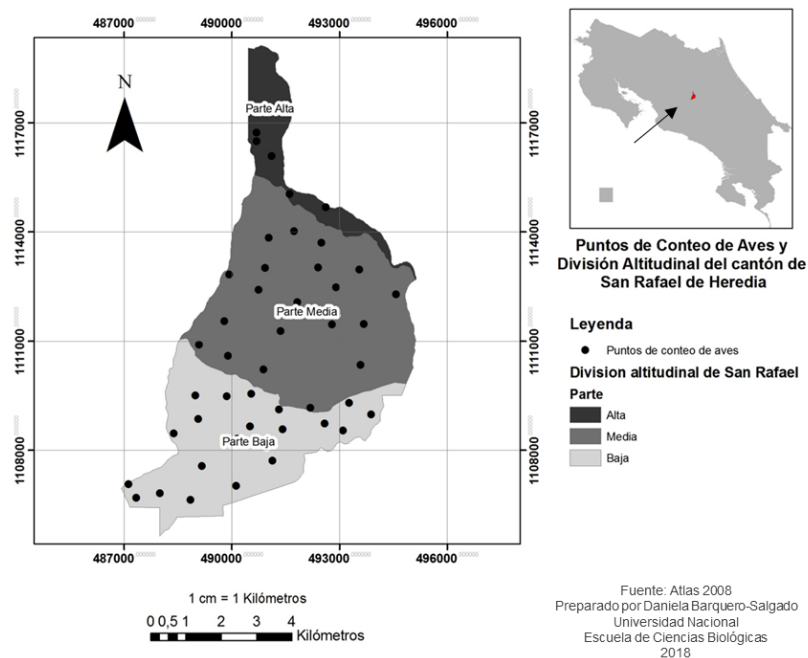
El muestreo de las especies de aves se llevó a cabo entre los meses de setiembre y diciembre del 2015. La diversidad de aves se estimó en las diferentes divisiones altitudinales del cantón (PA, PM y PB), para lo cual se utilizó la técnica de puntos de conteo fijos sin área definida, en los cuales se contabilizaron todas las aves vistas durante 5 minutos (Bibby, Burgess, Hill y Mustoe, 2000).

Se realizó en total 20 puntos de conteo en las PB y PM y 5 puntos de conteo en la PA. El menor número de puntos en la PA se debe a que esta representa un menor porcentaje del área del cantón de San Rafael comparado con las PM y PB, de esta forma el tamaño del muestreo es equivalente al área de cada estrato en estudio (Figura 3). Dichos muestreos se llevaron a cabo tres veces por semana en cada punto

de conteo, alternando mañanas (5:30 am a 9 am) y tardes (2 pm a 5:30 pm), para un total de 36 muestreos, 12 muestreos por estrato, cada punto se visitó 12 veces.

Los puntos fueron seleccionados al azar, tanto en la PB como en la PM y PA, esto para garantizar la independencia de los datos y se encontraron separados unos de otros por una distancia mínima de 100m (Ralph et al., 1996). Es importante mencionar que para el muestreo de aquellos puntos encontrados en terrenos privados, se contó con el permiso previo de sus propietarios, de no haber permiso se muestreó desde la zona pública más cercana al punto (parque, carretera, entre otros).

La observación de las aves en los puntos de conteo se realizó con ayuda de Binoculares Tasco Essentials 10-30x50 Zip y Cámara Nikon Coolpix P510. En este caso, se identificaron los individuos hasta donde fue posible a nivel de especie *in situ*. Para aquellas especies que no pudieron identificarse, se procedió a tomar una fotografía y se realizó una descripción detallada de esta, así pudieron ser identificadas mediante el uso de guías taxonómicas de aves, tomando como base la Guía The Birds of Costa Rica, de Garrigues, R. y Dean, R. segunda edición 2014. En el caso de este trabajo, se utilizó la clasificación taxonómica sugerida por la American Ornithologists' Union (AOU). Suplemento 58, Chesser et al. The Auk 134 julio 2017.



**Figura 3.** Ubicación de los puntos de conteo para el muestreo de aves en la parte alta, media y baja del cantón del San Rafael de Heredia.

## **Diversidad de especies vegetales arbustivas y arbóreas de las zonas verdes públicas de la PB de San Rafael**

Se tomó en cuenta como especies vegetales de interés los árboles y arbustos, ya que según Krolkowski (2003) la arborización toma en cuenta la plantación y cuidado de árboles y arbustos. Se definió como arbustos a aquellas especies vegetales leñosas perennes con varios tallos creciendo desde el suelo y llegan a medir de 1 m a 5 m de altura (Botanical-online, 2015). Mientras que se definió como árboles a aquellas especies vegetales leñosas perennes, de más de 5 m de altura, con solamente un tallo principal creciendo desde el suelo, el cual se ramifica hasta una altura considerable (Botanical-online, 2015).

La diversidad de especies arbóreas y arbustivas se determinó en las zonas verdes públicas propiedad de la Municipalidad de San Rafael de Heredia, que se encuentran en la PB del cantón, debido a que es este el sitio de interés de la institución. Para esto, se incluirán como zonas verdes públicas los Parques Central y Arguedas Molina, Plaza Deportiva Luis G Ramírez Chaves, Plaza de San Jocesito, áreas verdes del Cementerio Central de San Rafael y el Polideportivo La Suiza.

Los muestreos se efectuaron una vez en cada zona verde pública de la PB de San Rafael de Heredia, en aproximadamente un día por sitio, entre marzo y junio del 2017. Esto se llevó a cabo mediante la búsqueda intensiva de las especies arbóreas y arbustivas. Los individuos se identificaron hasta donde sea posible a nivel de especie *in situ*. Para aquellos que no pudieron ser determinada su especie en el sitio, se tomó una muestra para su posterior identificación. Una vez tomada la muestra, se colocó en una prensa de secado y se identificó con la ayuda de guías de campo, tomando como base la Guía Trees of Panama and Costa Rica de Condict, R., Pérez, R. y Daguerre, N. Primera Edición 2011. Cuando no fue posible la identificación, se recurrió a consultar a Rolando Calderón y Fabian Araya, profesionales especialistas en sistemática vegetal, de la Escuela de Biología de la Universidad Nacional.

Con el fin de establecer cuales zonas verdes públicas poseen los menores porcentajes de cobertura y, por tanto, requieren mayor prioridad de intervención, se determinó el porcentaje de cobertura vegetal de cada zona verde pública de la PB de San Rafael. Para esto, se utilizó la base de datos de Google Maps en el programa de información geográfica QuantumGis Chugiak 2.18, en donde se delimitó en forma de polígono el perímetro de cada zona verde pública y los perímetros de los sitios

dentro de estas que presenten cobertura vegetal. Además, se corroboró la veracidad de los datos digitales mediante validaciones de campo.

Posteriormente, se obtuvo el área de las zonas verdes públicas y el área de la cobertura vegetal en estas. Esto se realizó en el programa QuantumGis Chugiak 2.18, de esta forma, el porcentaje de cobertura vegetal se calculó mediante la fórmula:

$$\% \text{ Cobertura Vegetal} = \frac{\text{Área con Cobertura Vegetal de la zona verde pública} \times 100}{\text{Área Total del la zona verde pública}}$$

### **Selección de especies arbustivas y arbóreas que atraigan avifauna**

Para la selección de las especies arbustivas y arbóreas que deben incluirse en los planes de arborización para la atracción de avifauna, se realizó un listado preliminar de arbustos y árboles. En este caso, se generó una lista de las especies que brinden flores, frutos, semillas, sitios de anidación, percha o refugio que pueda utilizar las aves. Para efectuar dicha lista se utilizarán tres criterios:

1. A partir de la riqueza de aves encontrada en la PA, PM y PB se determinó con ayuda de revisión bibliográfica cuales especies vegetales pueden atraer esta avifauna. Para esto, se tomaron en cuenta aquellas especies de aves que, según sus ámbitos de distribución altitudinal, puedan movilizarse hacia la parte baja del cantón.
2. A partir del listado de especies arbustivas y arbóreas encontradas en las zonas verdes de la PB de San Rafael de Heredia, y con ayuda de revisión bibliográfica, se seleccionaron aquellas especies que brinden recursos (alimento, sitios de anidación, refugio o percha) para las aves.
3. Con base en el criterio de expertos: mediante entrevista personal, por correo electrónico, redes sociales o cualquier otro medio de comunicación, se solicitó a una serie de 16 especialistas en aves y plantas que cada uno recomendaran tres especies arbóreas o arbustivas que puedan ser sembradas en las zonas verdes públicas de la PB de San Rafael de Heredia, con el fin de atraer la avifauna presente en este lugar.

Una vez completado este primer listado de las especies arbustivas y arbóreas que pueden brindar recursos a las aves y, por tanto, atraerlas, se procedió a realizar un proceso de selección para determinar las especies más aptas a incluir en planes de arborización. En este caso, los árboles y arbustos de la lista

fueron evaluados en una matriz de acuerdo con diferentes factores a los cuales se les asignó, dependiendo de criterio, valores entre 0 y 10, según la característica que presenten de cada categoría, siendo 10 la condición óptima de cada especie. La sumatoria genera un puntaje total de 80 puntos de calificación máxima, siendo esta la calificación para los árboles y arbustos más apropiados (Cuadros 3 y 4).

**Cuadro 3.** Justificación de los criterios para determinar especies arbustivas y arbóreas que deben ser incluidas en planes de arborización de las zonas verdes públicas de San Rafael de Heredia

<b>Criterio</b>	<b>Justificación</b>	<b>Especies para priorizar</b>
<b>Disponibilidad en viveros</b>	Algunos arbustos y árboles, aunque brinden muchos beneficios para la atracción de las aves, no están disponibles en el mercado mientras otros son muy comunes de encontrar en viveros.	Se visitarán un mínimo de 10 viveros, por tanto, se priorizarán aquellas especies disponibles en tamaños mayores a un metro de altura.
<b>Costo económico</b>	Algunos arbustos o árboles, aunque traigan la avifauna, pueden ser muy costosos para ser incluidos en lineamientos de planes de arborización.	En los viveros visitados se investigará el costo de los árboles y arbustos que presenten al menos un metro de altura, en los cuales se priorizarán aquellas especies de menor costo económico.
<b>Nativa o exótica</b>	Las especies nativas son una mejor opción para mantener la biodiversidad del cantón. Asimismo, producen una menor alteración de paisaje (DAGMA, 2009).	Especies nativas, según la literatura, tienen prioridad sobre especies exóticas.
<b>Capacidad de atraer aves</b>	Algunas especies vegetales producen flores, frutos y semillas que sirven de alimento para las aves, pero además de sitios de percha, refugio o anidación. No obstante, algunas otras solo poseen alguna de estas características, pero no todas (Estrada y Sánchez, 2012).	Aquellas especies que tengan mayor capacidad de atraer aves, es decir, que brinden más servicios para estas, según la literatura y el criterio de expertos, serán prioritarias.

Criterio	Justificación	Especies para priorizar
<b>Conocimientos de cultivo y mantenimiento de la especie</b>	Entre más información exista acerca de la forma de cultivo y el mantenimiento de cierta especie arbustiva o arbórea, más específicos serán los lineamientos que se puedan emitir (DAGMA, 2009).	Árboles y arbustos sobre las cuales exista información acerca de la forma correcta de siembra y mantenimiento, según la literatura y el criterio de expertos, serán prioritarios.
<b>Factores de infraestructura seguridad</b>	Al escoger árboles y arbustos que deban incluirse en planes de arborización, es fundamental tomar en cuenta que estos no dañen durante su crecimiento la estructura de las zonas verdes, como por ejemplo las aceras, carreteras, el cableado eléctrico, entre otros. Además, es importante tomar en cuenta factores de seguridad, pues a algunas especies durante su crecimiento se les caen las ramas (ramas descolgadas), causando accidentes. Igualmente, es importante seleccionar especies que no produzcan mucha hojarasca, ya que puede obstruir las cañerías (DAGMA, 2009; Hobbie et al., 2013).	Se priorizarán aquellas especies que, según la literatura y el criterio de expertos, posean raíces que no causen problemas a la infraestructura, ramas que no produzcan inconvenientes al cableado eléctrico o a la seguridad de las personas y no causen exceso de hojarasca.
<b>Tiempo de Crecimiento</b>	El tiempo de crecimiento es una característica a evaluar en el momento de escoger árboles y arbustos que deben sembrarse en zonas verdes públicas. Este período suele tomarse en cuenta en años y trata acerca del tiempo que dura una especie en crecer para florecer y fructificar (DAGMA, 2009).	Aquellas especies arbóreas y arbustivas que presenten un tiempo de crecimiento corto serán prioritarias. En este caso, se definirá como tiempo de crecimiento los años que tarde una especie en producir flores y frutos.
<b>Período de vida</b>	Los árboles y arbustos presentan variaciones en el período de vida de acuerdo con las diferentes especies. De esta manera, la longevidad de una planta depende básicamente de su estructura y de su ciclo vital (Vicente, 2015).	Los árboles y arbustos que presenten un período de vida largo serán prioritarios para tomar en cuenta en los lineamientos.

**Cuadro 4.** Criterios para determinar especies arbóreas y arbustivas que deben ser incluidas en planes de arborización de las zonas verdes públicas de San Rafael de Heredia

Criterio	Valor	Calificación del criterio según característica	Especie 1	Especie ...#
<b>Disponibilidad en viveros</b>	0-10 puntos	10 puntos: si la especie se encuentra en los 10 viveros visitados.		
		9 puntos: si la especie se encuentra en nueve viveros de los 10 visitados.		
		8 puntos: si la especie se encuentra en ocho viveros de los 10 visitados.		
		7 puntos: si la especie se encuentra en siete viveros de los 10 visitados.		
		6 puntos: si la especie se encuentra en seis viveros de los 10 visitados.		
		5 puntos: si la especie se encuentra en cinco viveros de los 10 visitados.		
		4 puntos: si la especie se encuentra en cuatro viveros de los 10 visitados.		
		3 puntos: si la especie se encuentra en tres viveros de los 10 visitados.		
		2 puntos: si la especie se encuentra en dos viveros de los 10 visitados.		
		1 punto: si la especie se encuentra en uno de los 10 viveros visitados.		
0 puntos: si la especie no se encuentra en ningún vivero de los 10 visitados.				
<b>Costo económico</b>	0-10 puntos	10 puntos: si la especie presenta un costo económico menor a los ¢3000.		
		9 puntos: si la especie presenta un costo económico entre los ¢3000 y ¢6000.		
		8 puntos: si la especie presenta un costo económico entre los ¢6000 y ¢9000.		
		7 puntos: si la especie presenta un costo económico entre los ¢9000 y ¢12000.		
		6 puntos: si la especie presenta un costo económico entre los ¢12000 y ¢15000.		
		5 puntos: si la especie presenta un costo económico entre los ¢15000 y ¢18000.		
		4 puntos: si la especie presenta un costo económico entre los ¢18000 y ¢21000.		
		3 puntos: si la especie presenta un costo económico entre los ¢21000 y ¢24000.		
		2 puntos: si la especie presenta un costo económico entre los ¢24000 y ¢27000.		
		1 punto: si la especie presenta un costo económico entre los ¢27000 y ¢30000.		
0 puntos: si la especie presenta un costo mayor a los ¢ 30000.				



<b>Criterio</b>	<b>Valor</b>	<b>Calificación del criterio según característica</b>	<b>Especie 1</b>	<b>Especie ...#</b>
<b>Nativa o Exótica</b>	5-10 puntos	10 puntos: si la especie es nativa 5 puntos: si la especie es exótica		
<b>Capacidad de atraer aves</b>	0-10 puntos	10 puntos: si la especie posee semillas, flores y frutos que sirvan de alimento para las aves, además de servir como sitios de percha y material o sitio de anidación.  8 puntos: si la especie brinda dos de los tres tipos de alimentos (flores o frutos o semillas) para las aves, además de servir como sitios de percha y material o sitio de anidación.  6 puntos: si la especie brinda uno de los tres tipos de alimentos (flores o frutos o semillas) para las aves, además de servir como sitios de percha y material o sitio de anidación.  4 puntos: si la especie no brinda alimentos (flores o frutos o semillas) para las aves, pero sirve como sitio de percha y material o sitio de anidación.  2 puntos: si la especie no brinda alimentos (flores o frutos o semillas como sitio de percha) para las aves, pero sirve.  0 puntos: si la especie no brinda ningún recurso limitante a las aves en términos de alimento, sitio de percha, sitio o material de anidación.		
<b>Conocimientos de cultivo y mantenimiento de la especie</b>	0-10 puntos	10 puntos: si se conocen las técnicas de cultivo y mantenimiento de la especie.  5 puntos: si se conocen las técnicas de cultivo de la especie, pero no las de mantenimiento, o bien, se conocen las técnicas de mantenimiento, pero no de cultivo.  0 puntos: si se desconocen las técnicas de cultivo y mantenimiento de la especie.		

<b>Criterio</b>	<b>Valor</b>	<b>Calificación del criterio según característica</b>	<b>Especie 1</b>	<b>Especie ...#</b>
<b>Factores de infraestructura y seguridad</b>		10 puntos: si la especie posee ramas de poco crecimiento horizontal, raíz pivotante o raíces fasciculadas de crecimiento no agresivo, baja producción de hojarasca y que no posea ramas descolgadas.		
	0-10 puntos	8 puntos: si la especie posee tres de las cuatro características buscadas (ramas de poco crecimiento horizontal, raíz pivotante o raíces fasciculadas de crecimiento no agresivo, baja producción de hojarasca y que no posea ramas descolgadas).		
		6 puntos: si la especie posee dos de las cuatro características buscadas (ramas de poco crecimiento horizontal, raíz pivotante o raíces fasciculadas de crecimiento no agresivo, baja producción de hojarasca y que no posea ramas descolgadas).		
		4 puntos: si la especie posee una de las cuatro características buscadas (ramas de poco crecimiento horizontal, raíz pivotante o raíces fasciculadas de crecimiento no agresivo, baja producción de hojarasca y que no posea ramas descolgadas).		
		2 puntos: si la especie no posee ninguna de las características buscadas.		
<b>Tiempo de crecimiento</b>		10 puntos: si la especie tarda de cuatro a siete años en crecer.		
	0-10 puntos	8 puntos: si la especie tarda de siete a diez años en crecer.		
		6 puntos: si la especie tarda diez a trece años en crecer.		
		4 puntos: si la especie tarda de trece a dieciséis años en crecer.		
		2 puntos: si la especie tarda de dieciséis a diecinueve años en crecer. 0 puntos: si la especie tarda más de 20 años en crecer.		
<b>Período de vida</b>		10 puntos: si la especie vive más de 150 años		
	0-10 puntos	8 puntos: si la especie vive entre 150 y 120 años.		
		6 puntos: si la especie vive entre 120 y 90 años.		
		4 puntos: si la especie vive entre 90 y 60 años.		
		2 puntos: si la especie vive entre 60 y 30 años. 0 puntos: si la especie vive menos de 30 años		
<b>Total</b>	5-80 puntos			

## **Propuesta lineamientos para generar proyectos de arborización en las zonas verdes públicas de la PB de San Rafael que atraigan la avifauna**

Con base en especies vegetales arbustivas y arbóreas seleccionadas para la atracción de la avifauna del cantón de San Rafael de Heredia y las coberturas vegetales de las zonas verdes públicas, se procedió a realizar, en forma de recomendaciones, una serie de lineamientos a incluirse en futuros planes de arborización de la Municipalidad de San Rafael de Heredia. Para esto, la institución se ha comprometido previamente en considerar e incorporar en sus planes de arborización la propuesta de lineamientos establecidos en este trabajo.

Los lineamientos estuvieron dirigidos a la arborización de zonas verdes públicas mencionadas en la PB del cantón. Lo anterior debido a que es la zona de San Rafael de Heredia en donde no se han realizado esfuerzos de arborización anteriores y es en este caso la zona más ambientalmente frágil debido al aumento de la urbanización.

Como parte de los criterios, se indicaron cuáles especies de árboles o arbustos se deben sembrar o remover de las zonas verdes públicas. Esto se realizó para cada sitio en particular, ya que también se consideró cuales de estos requieren una mayor intervención. Se recomendaron sitios específicos para la siembra de cada especie en las diferentes áreas verdes y si estas deben plantarse en forma individual, lineal o grupal. Además, se consideró la disponibilidad de cada especie en viveros comerciales, sus costos económicos y los servicios ecosistémicos aportados.

Conjuntamente, a partir de literatura especializada y consulta a expertos, se generaron lineamientos en cuanto a la forma correcta de siembra y cuidado específico de cada una de las especies arbóreas y arbustivas que se seleccionaron para incluir en los planes de arborización para atraer aves. Para la forma correcta de siembra se tomó en cuenta, hasta donde fue posible, el cuidado de las semillas, plántulas o plantas jóvenes, la preparación y relleno del suelo, tipo de tierra en la que se debe sembrar la especie. Para el mantenimiento de los árboles y arbustos, se consideró el tipo de abono que debe utilizarse, el riego y periodos cuando se aplica y los tiempos de poda.

Asimismo, con base en la literatura y consulta a expertos, se propusieron una serie de medidas para el monitoreo de la avifauna en la PB de San Rafael una vez que se lleven a cabo los lineamientos de arborización emitidos en este trabajo. Esto incluyó los periodos de tiempo en los que se deben muestrear las aves, personas que deben realizarlos, así como materiales y métodos de análisis de los datos.

## **2.3 Análisis de los datos**

### **Diversidad avifaunística de la PB, PM y PA de San Rafael**

Se realizaron los índices de diversidad alfa de Shannon (Shannon y Weaver, 1949), para determinar la biodiversidad específica del ecosistema estudiado; de Simpson (Simpson, 1949), para fijar si existe dominancia de ciertas especies en los sitios evaluados; y de Pielou (Pielou, 1969), para verificar si existe equitatividad entre las especies de los estratos estudiados. Además, se calcularon los índices de Chao (Chao, 1984), Jackknife 1 (Quenouille 1949; Tukey, 1958), Jackknife 2 (Tukey, 1958) y Bootstrap (Efron, 1979) para determinar la biodiversidad máxima estimada.

Cada índice se calculó para los tres ámbitos altitudinales definidos (PB, PM y PA) y para todo el cantón de San Rafael de Heredia. También se realizaron los índices de diversidad beta de Jaccard (Jaccard, 1908) y Sørensen (Sorensen, 1949) con el fin de comparar la diversidad de aves de la PB, PM y PA. Todos los índices se calcularon con el programa estadístico R 3.5.0 con RStudio usando los paquetes BiodiversityR 2.9-2 y vegan 2.5-1 (Bueno y Jiménez-Peydró, 2011; Valverde et al., 2014).

### **Diversidad de especies vegetales arbustivas y arbóreas de las zonas verdes públicas de la PB de San Rafael**

Se realizaron los índices de diversidad alfa de Shannon (Shannon y Weaver, 1949), para determinar la biodiversidad específica del ecosistema estudiado; Simpson (Simpson, 1949), para fijar si existe dominancia de ciertas especies en los sitios evaluados; y de Pielou (Pielou, 1969), para verificar si existe equitatividad entre las especies de los estratos estudiados. Además, se realizaron los índices de diversidad beta (Jaccard, 1908) y Sørensen (Sorensen, 1949) para comparar la diversidad de arbustos y árboles entre áreas verdes públicas de la PB de San Rafael, de esta manera determinar cuáles zonas verdes requieren una mayor prioridad para realizar en estos planes de arborización. Todos los índices se calcularon con el programa estadístico R 3.5.1 con RStudio usando los paquetes BiodiversityR y vegan (Bueno y Jiménez-Peydró, 2011, Morales-Rozo y Pachón, 2014; Valverde et al., 2014).

## **Selección de especies arbustivas y arbóreas que atraigan avifauna**

En este caso, el análisis de los datos se llevó a cabo mediante el uso de la matriz de criterios para determinar especies arbóreas y arbustivas que deben ser incluidas en planes de arborización de las zonas verdes públicas de la PB de San Rafael de Heredia (Cuadro 4). Como se mencionó, cada especie arbórea o arbustiva fue evaluada según diferentes factores a los cuales, dependiendo del criterio, se les asignó un valor entre 0 y 10, siendo 10 la condición óptima. La suma de los valores de los seis factores genera un puntaje máximo de 80 puntos, siendo esta la calificación para los árboles y arbustos más apropiados a incluir en lineamientos de planes de arborización.

## **3. Resultados**

### **Diversidad avifaunística de la PB, PM y PA de San Rafael**

En los puntos de muestreo fijados para el cantón de San Rafael, se registraron 90 especies de aves, distribuidas en 30 familias y 16 órdenes (Figuras 4 y 5, Anexo 1). Las especies con mayor promedio de observaciones fueron *Turdus grayi*, *Psittacara finschi* y *Zenaida asiatica* (Figura 5, Anexo 1) y las familias con mayor promedio de individuos observados fueron Columbidae, Turdidae y Tyrannidae (Figura 4, Anexo 1). Entre o tras familias de aves presentes se encuentran rapaces (Accipitridae) y halcones (Falconidae), pericos (Psittacidae), garzas (Ardeidae), colibríes (Trochilidae) (Anexo 1).

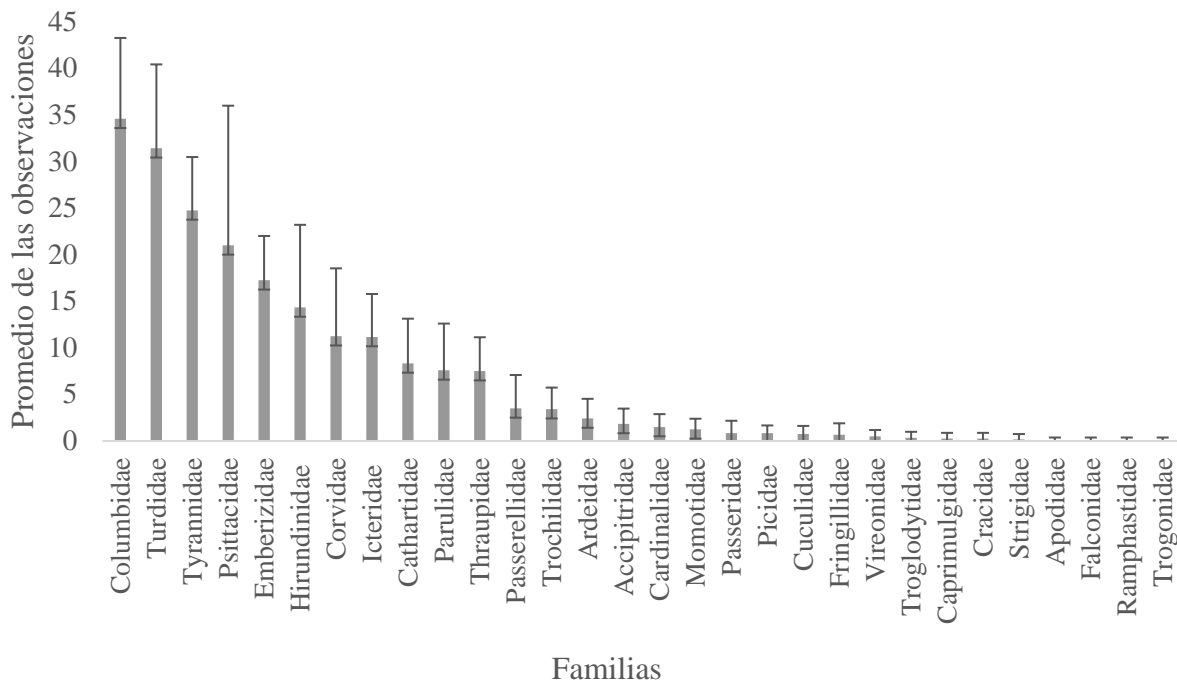
De las observaciones de aves realizadas, el 95.11% pertenecieron a especies residentes del lugar. El 4.85% de observaciones pertenecieron a especies migratorias, principalmente individuos de la familia Parulidae. Solamente se presentó un avistamiento de una especie errática, que correspondió al 0.04% de los avistamientos, la cual fue *Setophaga pinus* (Anexo 1).

En lo que respecta a los hábitos alimentarios de las especies observadas, el mayor promedio de observaciones de aves perteneció a individuos frugívoros, generalistas o granívoros, mientras que la minoría de observaciones estuvo compuesta por nectarívoros (Cuadro 5). Las familias Columbidae, Turdidae, Emberizidae y Thraupidae son en las que se presentaron mayor promedio de observaciones de individuos que basan sus preferencias alimenticias en frutos, granos y néctar (Cuadro 6).

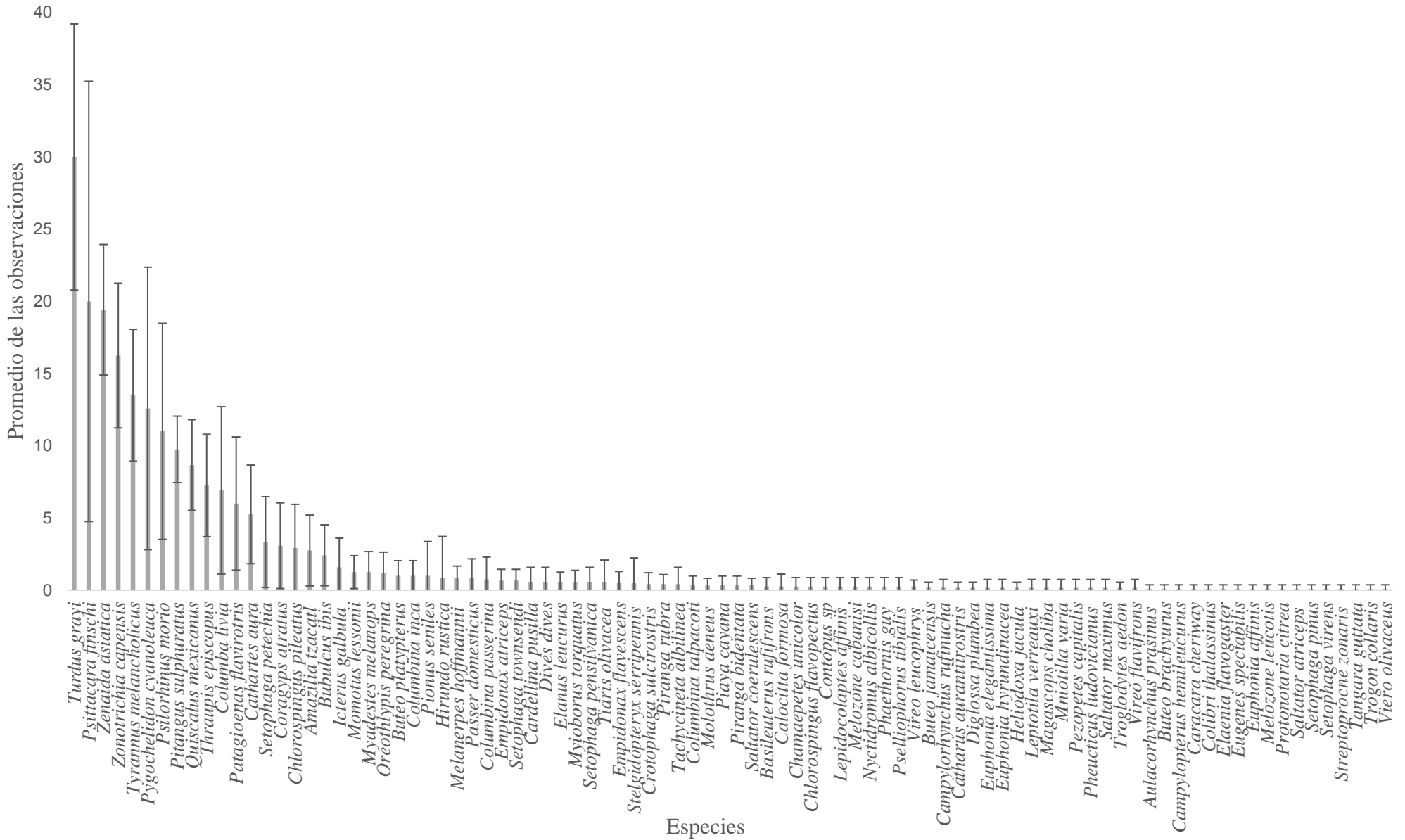
**Cuadro 5.** Gremio trófico de los individuos encontrados en el cantón de San Rafael de Heredia con el respectivo promedio de las observaciones y desviación estándar, 2015

<b>Gremio trófico</b>	<b>Promedio de las observaciones</b>
Frugívoro	60.00±20.82
Generalista	44.83±11.61
Granívoro	35.58±8.89
Insectívoro	23.58±9.53
Granívoro/ Insectívoro	17.67±4.75
Carnívoro	10.42±5.55
Frugívoro/ Insectívoro	10.17±4.65
Nectarívoro	3.58±2.35
Nectarívoro/Frugívoro	1.58±2.02
Nectarívoro/Granívoro	0.58±1

\*En gris se marcan los grupos de hábitos alimentarios de interés para este trabajo.



**Figura 4.** Promedio de las observaciones de las familias de aves presentes en San Rafael de Heredia, con sus respectivas desviaciones estándar, 2015



**Figura 5.** Promedio de las observaciones de especies encontradas en el cantón de San Rafael de Heredia, según la metodología de puntos de conteo fijos sin área definida 2015

**Cuadro 6.** Gremio trófico de las familias de aves encontradas en el cantón de San Rafael de Heredia con su respectivo promedio de observaciones 2015

Gremio trófico *	Familia	Especie	Promedio
<b>Carnívoro</b>	Accipitridae	<i>Buteo brachyurus</i>	Gavilán Colicorto Short-tailed Hawk 0.08±0.29
		<i>Buteo jamaicensis</i>	Gavilán Colirojo Red-tailed Hawk 0.17±0.39
		<i>Buteo platypterus</i>	Gavilán Aludo Broad-winged Hawk 1±1.04
		<i>Elanus leucurus</i>	Gavilán Bailarín White-tailed Kite 0.58±0.67
	Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	Zopilote Cabecirrojo Turkey Vulture 5.25±3.41
		<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote Negro American Black Vulture 3.08±2.29
	Falconidae	<i>Caracara cheriway</i>	Caracara Cargahuesos Crested Caracara 0.08±0.29
	Strigidae	<i>Megascops choliba</i>	Lechucita Neotropical Tropical Screech-owl 0.17±0.58
<b>Frugívoro</b>	Cracidae	<i>Chamaepetes unicolor</i>	Pava Negra Black Guan 0.25±0.62
	Parulidae	<i>Protonotaria citrea</i>	Reinita Cabecidorada Prothonotary Warbler 0.08±0.29
	Psittacidae	<i>Pionus senilis</i>	Loro Coroniblanco White-crowned Parrot 1±2.37
		<i>Psittacara finschi</i>	Perico Frentirrojo Crimson-fronted Parakeet 20±15.24
	Thraupidae	<i>Tangara guttata</i>	Tangara Moteada Speckled Tanager 0.08±0.29
		<i>Thraupis episcopus</i>	Tangara Azuleja Blue-grey Tanager 7.25±3.55
	Trogonidae	<i>Trogon collaris</i>	Trogón Collarejo Collared Trogon 0.08±0.29
	Turdidae	<i>Myadestes melanops</i>	Solitario Carinegro Black-faced Solitaire 1.25±1.42
<i>Turdus grayi</i>		Mirlo Pardo Clay-colored Thrush 30±9.21	



Gremio trófico *	Familia	Especie	Promedio	
Frugívoro/ Insectívoro	Cardinalidae	<i>Piranga bidentata</i>	Tangara Dorsirrayada Flame-colored Tanager	0.33±0.65
		<i>Piranga rubra</i>	Tangara Veranera Summer Tanager	0.42±0.67
		<i>Saltator atriceps</i>	Saltator Cabecinegro Black-headed Saltator	0.08±0.29
		<i>Saltator coerulescens</i>	Saltator Grisáceo Amazonian Grey Saltator	0.33±0.49
		<i>Saltator maximus</i>	Saltator Gorgianteado Buff-throated Saltator	0.17±0.58
	Cuculidae	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Garrapatero Piquiestriado Groove-billed Ani	0.42±0.79
	Fringillidae	<i>Euphonia affinis</i>	Eufonia Gargantinegra Scrub Euphonia	0.08±0.29
		<i>Euphonia elegantissima</i>	Eufonia Capuchiceleste Elegant Euphonia	0.17±0.58
		<i>Euphonia hirundinacea</i>	Eufonia Gorgiamarilla Yellow-throated Euphonia	0.17±0.58
	Parulidae	<i>Basileuterus rufifrons</i>	Reinita Cabecicastaña Rufous-capped Warbler	0.25±0.62
		<i>Cardellina pusilla</i>	Reinita Gorrinegra Wilson's Warbler	0.58±1
		<i>Mniotilta varia</i>	Reinita Trepadora Black-and-white Warbler	0.17±0.58
		<i>Oreothlypis peregrina</i>	Reinita Verdilla Tennessee Warbler	1.17±1.47
	Passerellidae	<i>Chlorospingus flavopectus</i>	Tangara de Monte Ojeruda Common Bush-tanager	0.25±0.62
		<i>Chlorospingus pileatus</i>	Tangara de Monte Cejiblanca Sooty-capped Bush-tanager	2.29±3.03
	Picidae	<i>Melanerpes hoffmannii</i>	Carpintero de Hoffmann Hoffmann's Woodpecker	0.83±0.83
	Ramphastidae	<i>Aulacorhynchus prasinus</i>	Tucancillo Verde Emerald Toucanet	0.08±0.29
	Tyrannidae	<i>Elaenia flavogaster</i>	Elaenia Copetona Yellow-bellied Elaenia	0.08±0.29
		<i>Empidonax atriceps</i>	Mosquerito Cabecinegro Black-capped Flycatcher	0.67±0.78
		<i>Empidonax flavescens</i>	Mosquerito Amarillento Yellowish Flycatcher	0.50±0.80

Gremio trófico *	Familia	Especie	Promedio	
Frugívoro/ Insectívoro	Vireonidae	<i>Vireo flavifrons</i>	Vireo Pechiamarillo Yellow-throated Vireo	0.17±0.58
		<i>Vireo leucophrys</i>	Vireo Montañero Brown-capped Vireo	0.25±0.45
		<i>Vireo olivaceus</i>	Vireo Ojirrojo Red-eyed Vireo	0.08±0.29
Generalista	Corvidae	<i>Calocitta formosa</i>	Urraca Copetona White-throated Magpie-jay	0.25±0.87
		<i>Psilorhinus morio</i>	Urraca Parda Brown Jay	11±7.48
	Emberizidae	<i>Pselliophorus tibialis</i>	Saltón de Muslos Amarillos Yellow-thighed Finch	0.25±0.62
	Icteridae	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate Grande Great-tailed Grackle	8.67±3.14
	Momotidae	<i>Momotus lessonii</i>	Momoto Coroniazul Blue-diademed Motmot	1.25±1.14
	Turdidae	<i>Catharus aurantiirostris</i>	Zorzal Piquianaranjado Orange-billed Nightingale-thrush	0.17±0.39
	Tyrannidae	<i>Pitangus sulphuratus</i>	Bienteveo Grande Great Kiskadee	9.75±2.30
		<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tirano Tropical Tropical Kingbird	13.5±4.56
Granívoro	Cardinalidae	<i>Pheucticus ludovicianus</i>	Picogrueso Pechirrosado Rose-breasted Grosbeak	0.17±0.58
	Columbidae	<i>Columba livia</i>	Paloma Doméstica Rock Dove	6.9±25.79
		<i>Columbina inca</i>	Tortolita Colilarga Inca Dove	1±1.04
		<i>Columbina passerina</i>	Tortolita Común Common Ground-dove	0.75±1.54
		<i>Columbina talpacoti</i>	Tortolita Rojiza Ruddy Ground-dove	0.33±0.65
		<i>Leptotila verreauxi</i>	Paloma Coliblanca White-tipped Dove	0.17±0.58
		<i>Patagioenas flavirostris</i>	Paloma Piquiroja Red-billed Pigeon	6±4.61
		<i>Zenaida asiatica</i>	Paloma Aliblanca White-winged Dove	19.42±4.25
	Passeridae	<i>Passer domesticus</i>	Gorrión Común House Sparrow	0.84±1.34

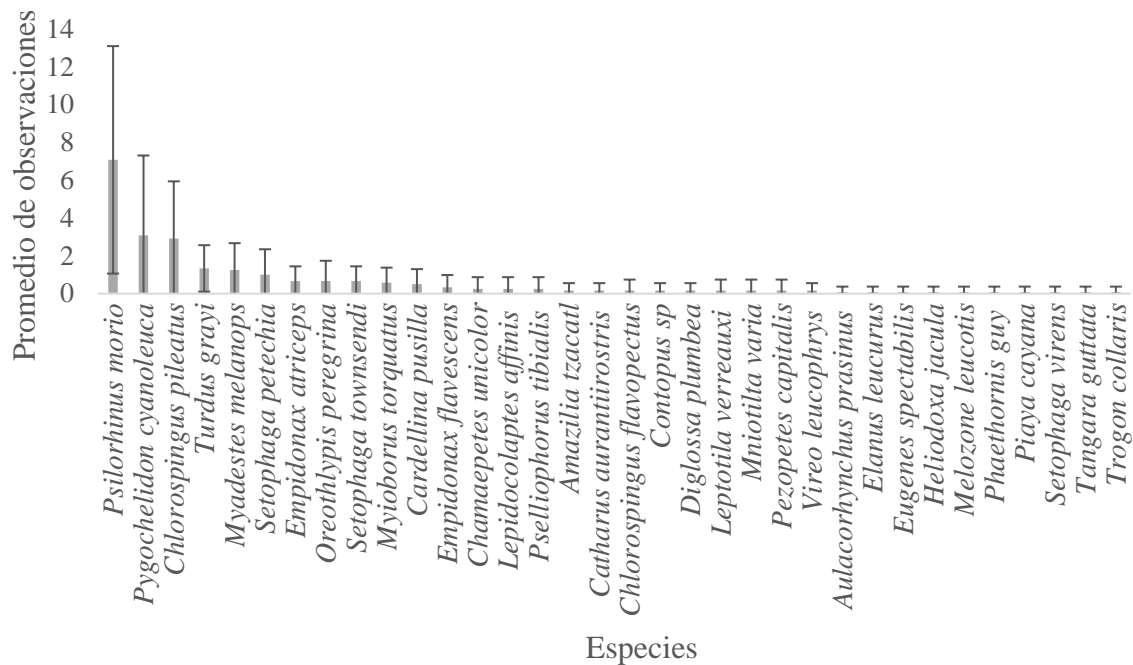
Gremio trófico *	Familia	Especie	Promedio		
<b>Granívoro/ Insectívoro</b>	Emberizidae	<i>Pezopetes capitalis</i>	Saltón Patigrande	Large-footed Finch	0.17±0.58
		<i>Tiaris olivaceus</i>	Semillerito Cariamarillo	Yellow-faced Grassquit	0.58±1.51
		<i>Zonotrichia capensis</i>	Chingolo	Rufous-collared Sparrow)	16.25 ±5.01
	Icteridae	<i>Molothrus aeneus</i>	Vaquero Ojirrojo	Bronzed Cowbird	0.33±0.49
	Passerellidae	<i>Melozone cabanisi</i>	Pinzón Cafetalero	Costa Rican Ground- sparrow	0.25±0.62
		<i>Melozone leucotis</i>	Pinzón Orejiblanco	White-eared Ground- sparrow	0.08±0.29
<b>Insectívoro</b>	Apodidae	<i>Streptoprocne zonaris</i>	Vencejón Collarejo	White-collared Swift	0.08±0.29
	Ardeidae	<i>Bubulcus ibis</i>	Garcilla Bueyera	Cattle Egret	2.42±2.11
	Caprimulgidae	<i>Nyctidromus albicollis</i>	Tapacaminos Común	Pauraque	0.25±0.62
	Cuculidae	<i>Piaya cayana</i>	Cuco Ardilla	Common Squirrel- cuckoo	0.33±0.62
	Fringillidae	<i>Lepidocolaptes affinis</i>	Trepador Cabecipunteado	Northern Spot- crowned Woodcreeper	0.25±0.62
	Hirundinidae	<i>Hirundo rustica</i>	Golondrina Tijereta	Barn Swallow	0.83±2.89
		<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	Golondrina Azul y Blanco	Blue-and-white Swallow	12.58±9.7 8
		<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	Golondrina Alirrasposa Norteña	Northern Rough- winged Swallow	0.50±1.73
		<i>Tachycineta albilinea</i>	Golondrina Lomiblanca	Mangrove Swallow	0.42±1.16
		Parulidae	<i>Myioborus torquatus</i>	Candelita Collareja	Collared Whitestart
	<i>Setophaga pensylvanica</i>	Reinita de Costillas	Chestnut-sided Warbler	0.58±1	
	<i>Setophaga petechia</i>	Reinita Amarilla	American Yellow Warbler	3.33±3.14	
	<i>Setophaga pinus</i>	Reinita de Pinos	Pine Warbler	0.08±0.29	
	<i>Setophaga townsendi</i>	Reinita de Townsend	Townsend's Warbler	0.67±0.78	
	<i>Setophaga virens</i>	Reinita Cariamarilla	Black-throated Green Warbler	0.08±0.29	

Gremio trófico *	Familia	Especie	Promedio		
Insectívoro	Troglodytidae	<i>Campylorhynchus rufinucha</i>	Soterrey Nuquirrufo	Rufous-naped Wren	0.17±0.58
		<i>Troglodytes aedon</i>	Soterrey Cucarachero	House Wren	0.17±0.39
	Tyrannidae	<i>Contopus</i> sp.	Pibí	Pewee	0.25±0.62
Nectarívoro	Thraupidae	<i>Diglossa plumbea</i>	Pinchaflor Plomizo	Slaty Flowerpiercer	0.17±0.39
	Trochilidae	<i>Amazilia tzacatl</i>	Amazilia Rabirrufo	Rufous-tailed Hummingbird	2.75±2.45
		<i>Campylopterus hemileucurus</i>	Ala de Sable Violáceo	Violet Sabrewing	0.08±0.29
		<i>Colibri thalassinus</i>	Colibrí Orejivioláceo	Green Violet-ear	0.08±0.29
		<i>Eugenes spectabilis</i>	Colibrí Magnífico	Admirable Hummingbird	0.08±0.29
		<i>Heliodoxa jacula</i>	Colibrí Brillante	Green-crowned Brilliant	0.17±0.39
		<i>Phaethornis guy</i>	Ermitaño Verde	Green Hermit	0.25±0.62
Nectarívoro /Frugívoro	Icteridae	<i>Icterus galbula</i>	Bolsero Norteño	Baltimore Oriole	1.58±2.02
Nectarívoro /Granívoro	Icteridae	<i>Dives dives</i>	Tordo Cantor	Melodious Blackbird	0.08±0.29

\*En gris se marcan los grupos de gremios tróficos de interés para este trabajo. Nombres comunes en español, según la lista de la AOCR. De requerir más nombres comunes se puede revisar la lista de aves de la AOCR o el libro Guía de Aves de Costa Rica de Stiles, F. y Skutch, A. (2007).

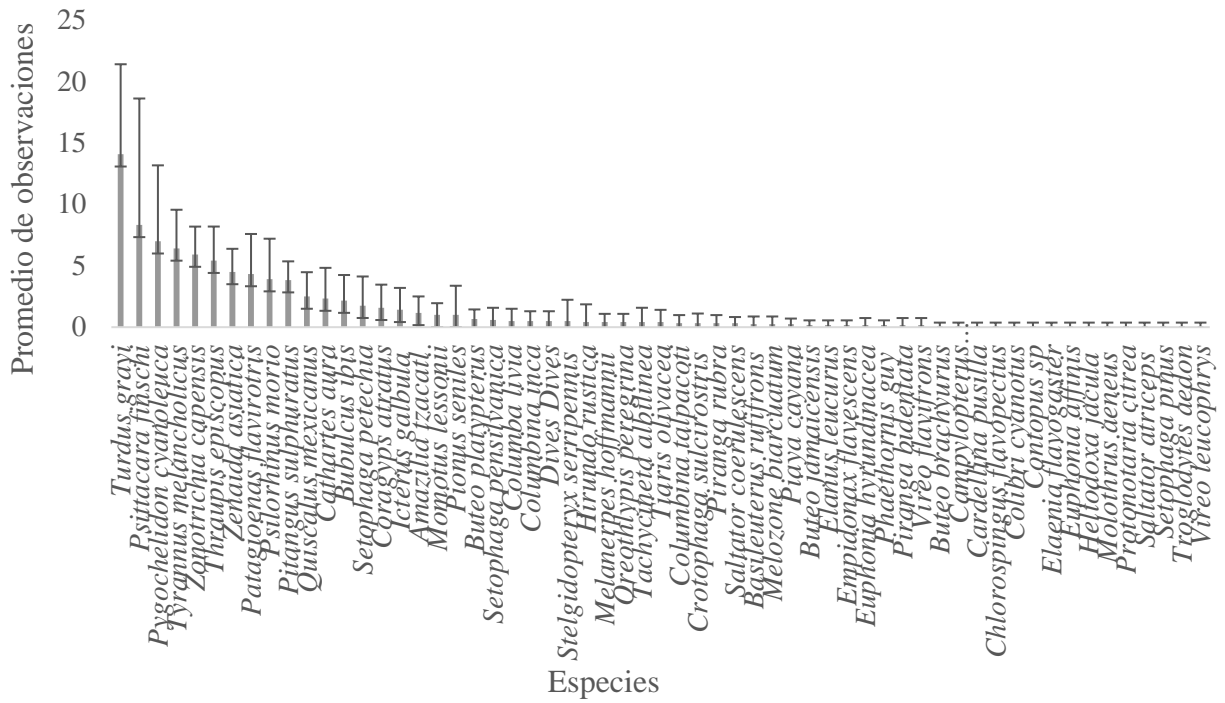
En la PA se realizaron 302 observaciones directas de individuos pertenecientes a 34 especies. Las especies con mayor promedio de observaciones fueron *P. morio*, *P. cyanoleuca* y *C. pileatus* (Figura 6). En la PM se registraron 1031 avistamientos de aves, los cuales correspondieron a 59 especies, siendo las especies con mayor promedio de observaciones *T. grayi*, *P. finschi*, *P. cyanoleuca* y *T. melancholicus* (Figura 7). En la PA se avistaron 1157 individuos pertenecientes a 43 especies, donde las especies con mayor promedio de observaciones fueron *Z. asiatica*, *T. grayi*, *P. finschi* y *Z. capensis* (Figura 8).

En cuanto a los índices de diversidad alfa (Cuadro 7), en términos de riqueza la PM del cantón presentó la mayor cantidad de especies. La PB fue la que obtuvo la mayor abundancia relativa. Según el índice de Shannon, la PM presentó la mayor biodiversidad específica, con un valor del índice de 3.12. Los tres estratos presentaron altos niveles de dominancia por parte de algunas especies, según el índice de Simpson, y una equitatividad moderada, según el índice de Pielou. De acuerdo con las estimaciones de riqueza de los índices de Chao, Jackknife y Bootstrap, aún faltan especies de ser avistadas en los tres estratos del cantón.

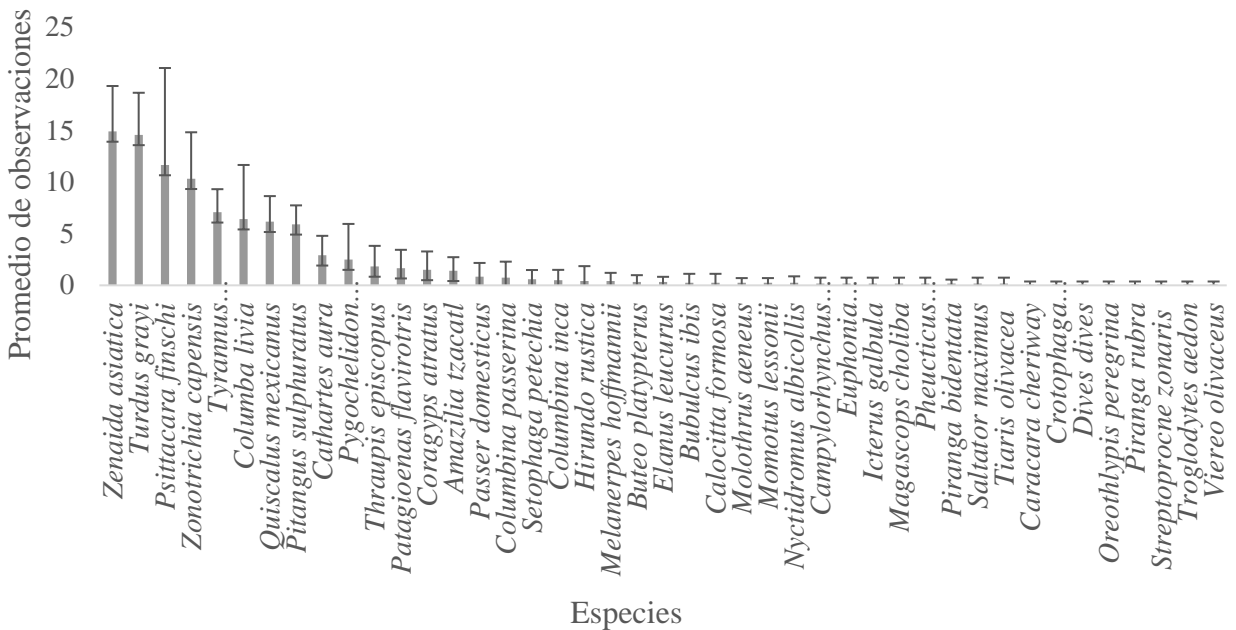


**Figura 6.** Promedio de las observaciones de especies encontradas en la PA del cantón de San Rafael de Heredia con sus respectivas desviaciones estándar, según la metodología de puntos de conteo fijos sin área definida, 2015.

Para todo San Rafael de Heredia se encontró una biodiversidad específica de 3.20, según el índice de Sharon, una alta dominancia por parte de ciertas especies, de acuerdo con el índice de Simpson y una equitatividad de 0.71, según Pielou. Las estimaciones de riqueza esperada conforme el índice de Chao son de 114 especies, 117 según Jackknife 1, 129 de acuerdo con Jackknife 2 y 102 según el índice de Bootstrap (Cuadro 7).



**Figura 7.** Promedio de las observaciones de especies encontradas en la PM del cantón de San Rafael de Heredia con sus respectivas desviaciones estándar, según la metodología de puntos de conteo fijos sin área definida, 2015.

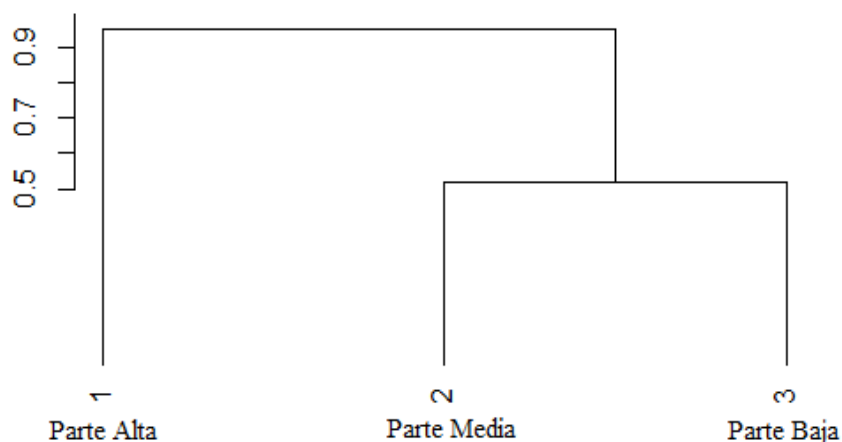


**Figura 8.** Promedio de las observaciones de especies encontradas en la PB del cantón de San Rafael de Heredia con sus respectivas desviaciones estándar, según la metodología de puntos de conteo fijos sin área definida, 2015.

**Cuadro 7.** Índices de diversidad alfa de la Parte Alta, Parte Media y Parte Baja del cantón de San Rafael de Heredia.

Índices	PB	PM	PA	Todo el sitio de estudio
<b>Riqueza</b>	43	59	34	90
<b>Abundancia relativa</b>	46.47%	41.41%	12.13%	-
<b>Shannon</b>	2.7	3.12	2.62	3.20
<b>Simpson</b>	0.91	0.93	0.87	0.93
<b>Pielou</b>	0.72	0.76	0.74	0.71
<b>Chao</b>	117	77	45	114
<b>Jackknife 1</b>	59	77	46	117
<b>Jackknife 2</b>	72	86	52	129
<b>Bootstrap</b>	49	67	40	102

Según los índices de diversidad beta, la PB y PM compartieron una mayor cantidad de especies con una similitud del 0,52 según Jaccard, siendo por tanto la PA la más disímil en cuanto a su composición (Figura 9). Conforme el índice de Sørensen, los tres estratos compartieron varias de las especies encontradas con una similitud de 0,68.



**Figura 9.** Similitud de la composición de especies de aves de las Partes alta, media y baja, según el índice de Jaccard.

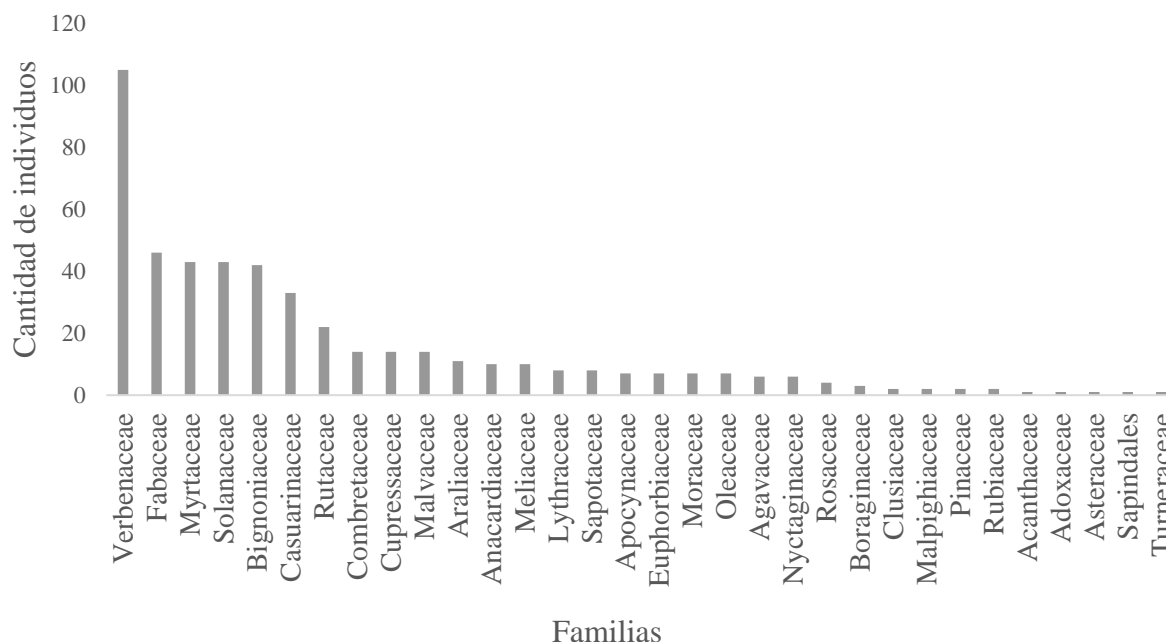
## **Diversidad de especies vegetales arbustivas y arbóreas de las zonas verdes públicas de la PB de San Rafael**

Las zonas verdes públicas de la parte baja de San Rafael de Heredia presentaron 68 especies de árboles y arbustos repartidas en 32 familias. En total, se contabilizaron 483 individuos en las 6 áreas verdes estudiadas, de los cuales el 55.88% pertenecieron a especies nativas del país. La familia que contó con más individuos presentes en los sitios de estudio fue Verbenacea (Figura 10) con 105 representantes, siendo la especie más abundante *Duranta erecta*, la cual pertenece a esta familia.

La plaza de La Suiza fue la zona verde pública que presentó mayor riqueza de especies, seguido por el Parque Central de San Rafael y la plaza de la urbanización Arguedas Molina. El Cementerio Central de San Rafael y la Plaza Deportiva Luis Gerardo Ramírez Chaves presentaron menor riqueza, mientras que en la plaza de San Jocesito no se registró ninguna especie (Cuadro 8). El Parque Central de San Rafael presentó la mayor abundancia con 338 árboles y arbustos contabilizados, seguido por la plaza de La Suiza y la Plaza Deportiva Luis Gerardo Ramírez Chaves. En el cementerio Central y en la urbanización Arguedas Molina se encontraron 36 y 40 individuos respectivamente Y, como se mencionó, en el parque de San Jocesito no se contabilizó ningún individuo (Cuadro 8).

En la plaza de La Suiza se encontraron 37 especies, donde la mayor cantidad de individuos fueron de las especies *Casuarina equisetifolia*, *Duranta erecta* y *Brunfelsia grandiflora* (Figura 11). Igualmente sucedió en el Parque Central de San Rafael, donde la mayoría de los arbustos perteneció a la especie *D. erecta* (Figura 12), en el Cementerio Central cuya mayoría de árboles fueron *Callistemon viminalis* (Figura 13) y en la Plaza Deportiva Luis Gerardo Ramírez Chaves, donde se encontró mayormente *Stachytarpheta frantzii* (Figura 14). Caso contrario ocurrió en la plaza de la urbanización Arguedas Molina, donde para todas las especies se registraron entre 1 y 4 individuos (Figura 15).





**Figura 10.** Abundancia por familia de árboles y arbustos de las seis zonas verdes públicas estudiadas en la parte baja de San Rafael de Heredia 2017.

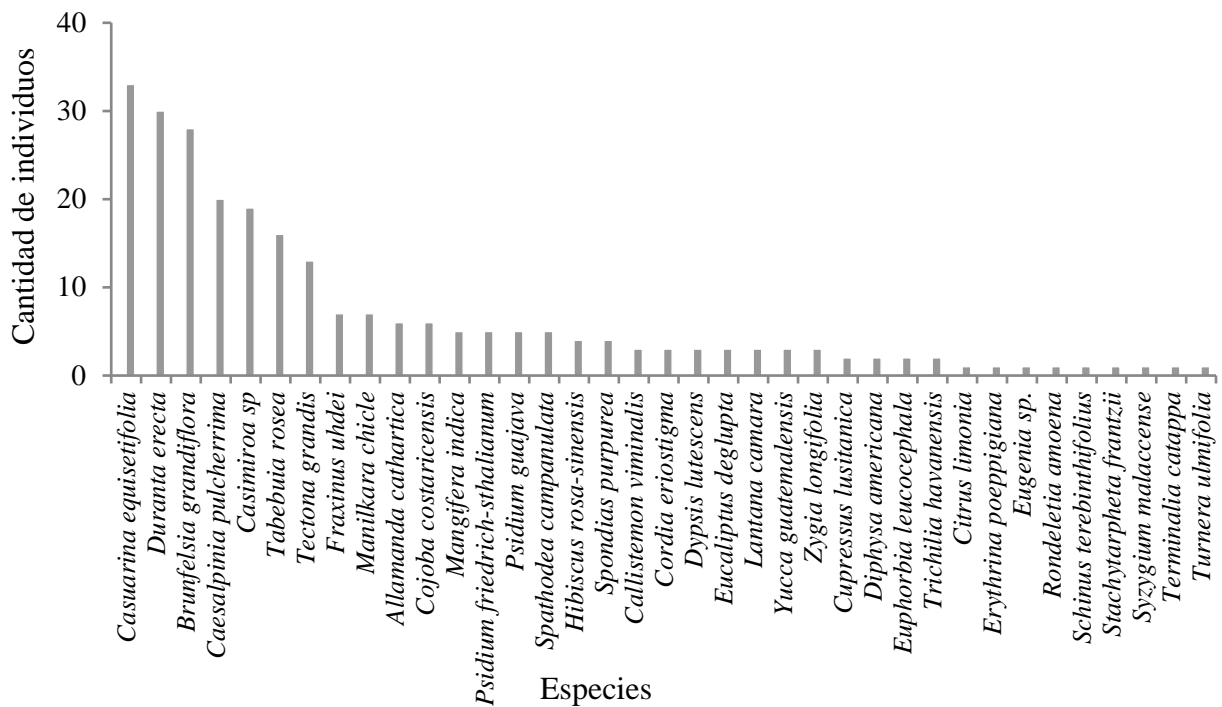
**Cuadro 8.** Índices de diversidad alfa de las zonas verdes públicas de la parte baja del cantón de San Rafael de Heredia.

Índices	Cementerio Central	Plaza Deportiva Luis G. Ramírez Chaves	Plaza San Josecito	Plaza Urb. Arguedas Molina	Parque Central San Rafael	Polideportivo La Suiza
<b>Riqueza</b>	19	4	0	24	30	37
<b>Abundancia</b>	36	46	0	40	338	251
<b>Shannon</b>	2.51	1.09	-	3	2.9	3.04
<b>Simpson</b>	0.86	0.6	-	0.94	0.14	0.93
<b>Pilou</b>	0.85	0.79	-	0.96	0.85	0.84

De acuerdo con el índice de Shannon, la biodiversidad específica de los sitios estudiados varió entre 1.09 y 3.04; solo la plaza de San Jocesito no posee diversidad alguna, ya que no se encontró ningún árbol o arbusto (Cuadro 9). Según el índice de Simpson, el cementerio, la Plaza Deportiva Luis Gerardo Ramírez Chaves, la plaza de la urbanización Arguedas Molina y la plaza

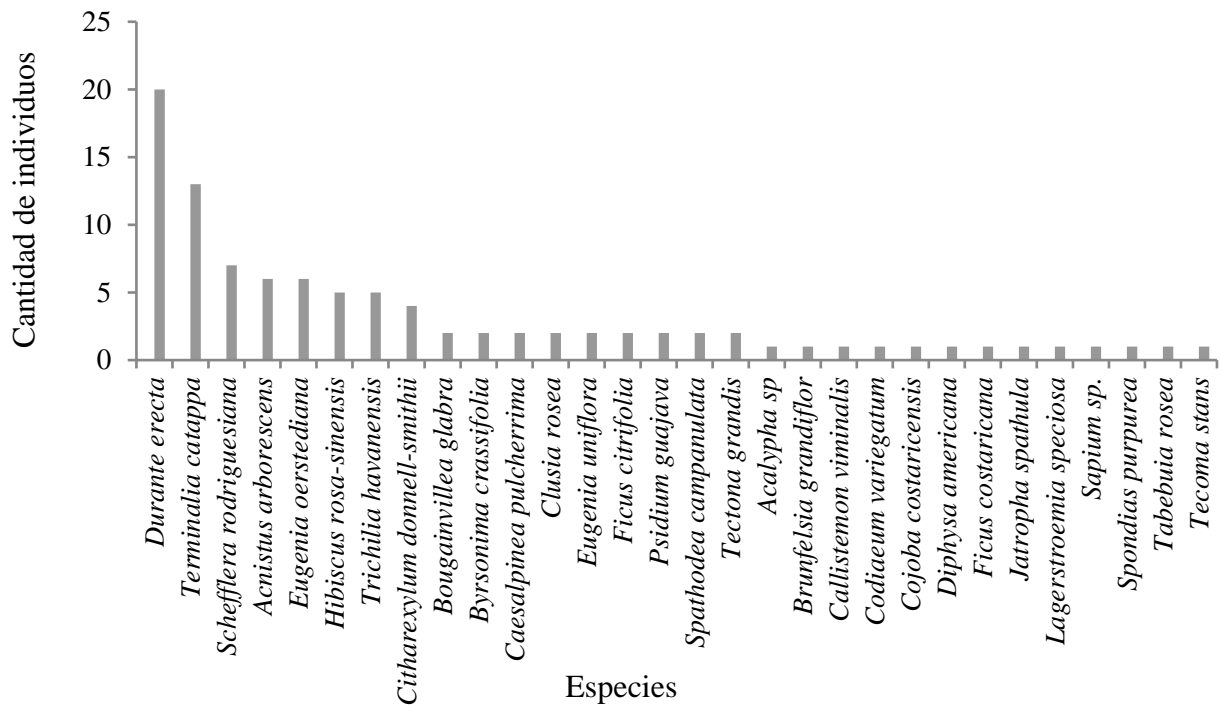
de La Suiza presentaron alta dominancia por parte de ciertas especies, caso contrario al Parque Central de San Rafael, que presentó una mejor distribución de sus individuos (Cuadro 9). Según el índice de Pielou, en todos los sitios de estudio, pese a las pocas especies dominantes, existió equidad moderada en la abundancia de las especies encontradas.

En lo que respecta a la biodiversidad beta, según el índice de Jaccard, todas las zonas verdes públicas de la parte baja de San Rafael de Heredia fueron bastante similares en cuanto a su composición de árboles y arbustos, compartiendo gran número especies (Figura 16). El mismo resultado indica el índice de Sørensen, con 0.84, según el cual los sitios de estudios fueron bastante similares en su composición.

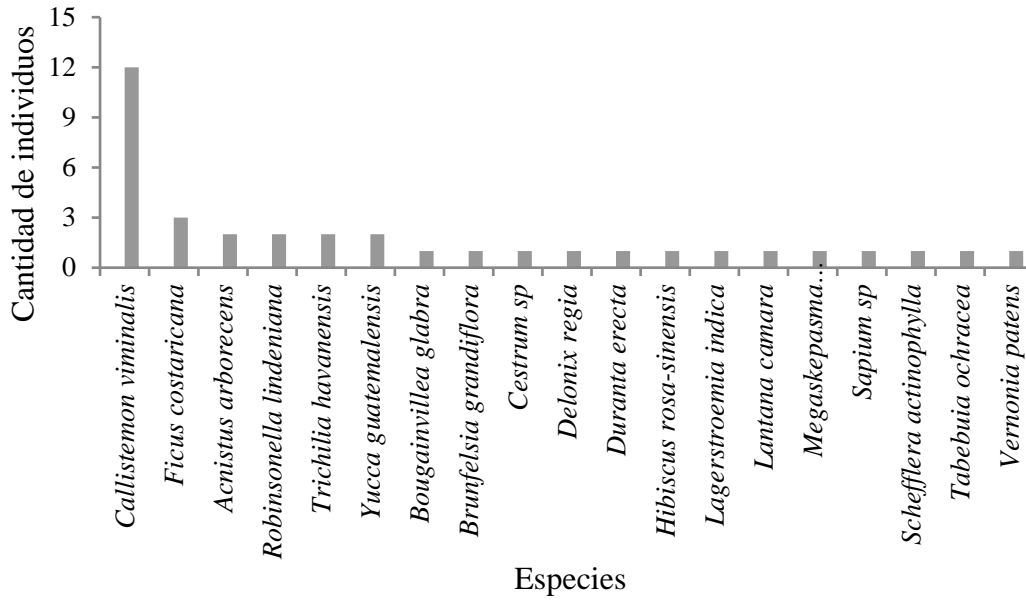


**Figura 11.** Abundancia de especies arbóreas y arbustivas de la Plaza de La Suiza de San Rafael de Heredia 2017.

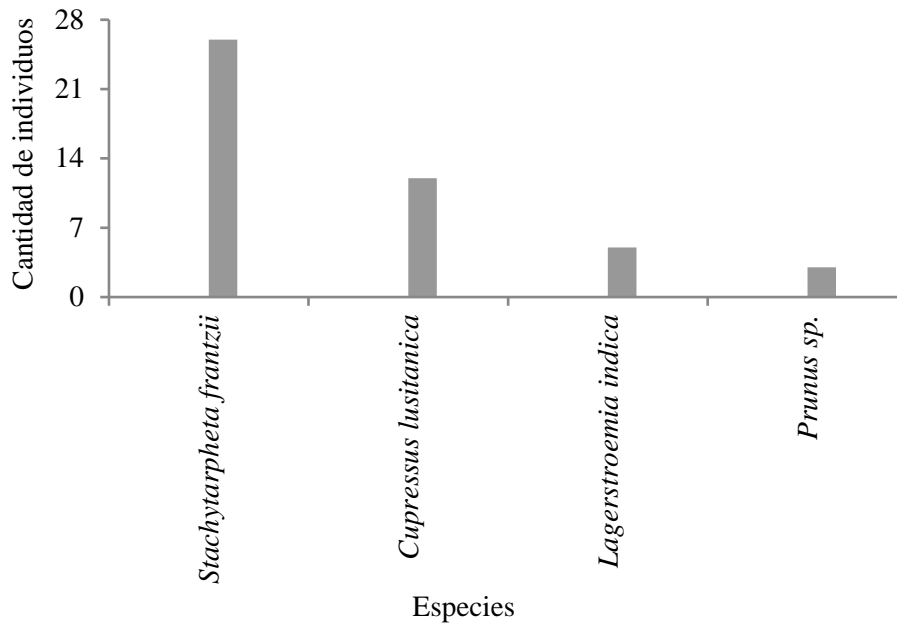
Las coberturas arbóreas de cada zona verde pública varió entre 0% y 40% del área del terreno, siendo el Parque Central de San Rafael de Heredia el que presentó mayor porcentaje, seguido por el parque Arguedas Molina y el polideportivo La Suiza. La Plaza Deportiva Luis Gerardo Ramírez Chaves y el Cementerio Central reveló porcentajes de cobertura muy bajos. Y en la plaza de deportes de San Josecito se encontró un 0% de cobertura arbórea o arbustiva (Figura 17).



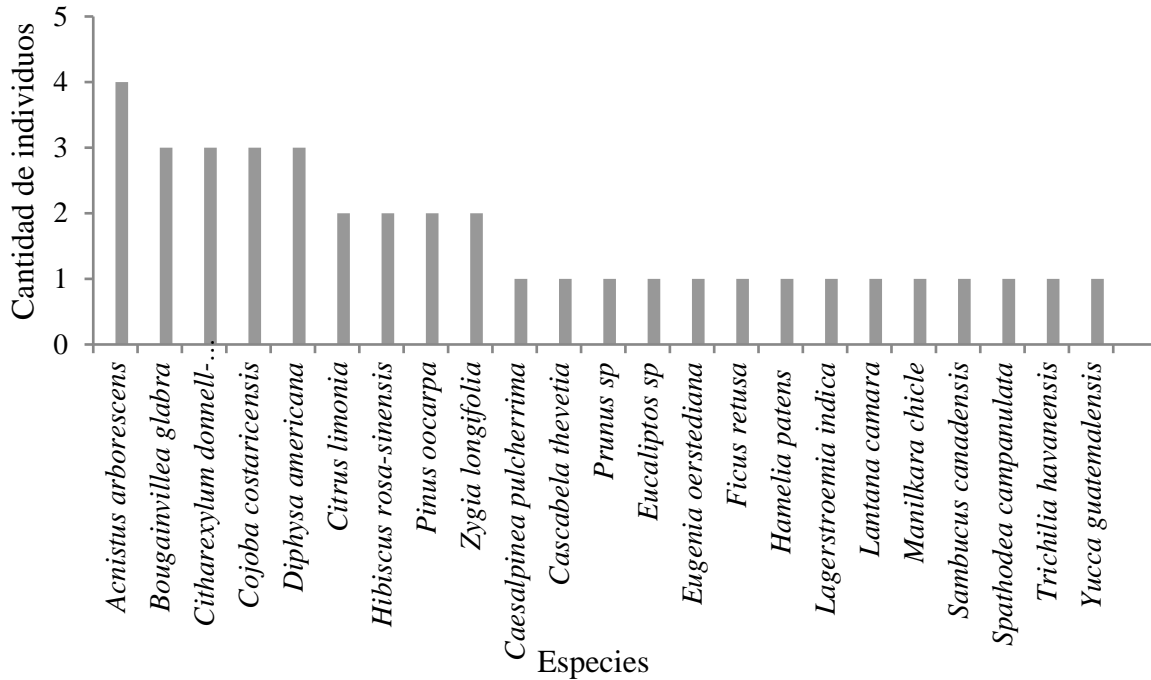
**Figura 12.** Abundancia de especies arbóreas y arbustivas del Parque Central de San Rafael de Heredia de Heredia 2017.



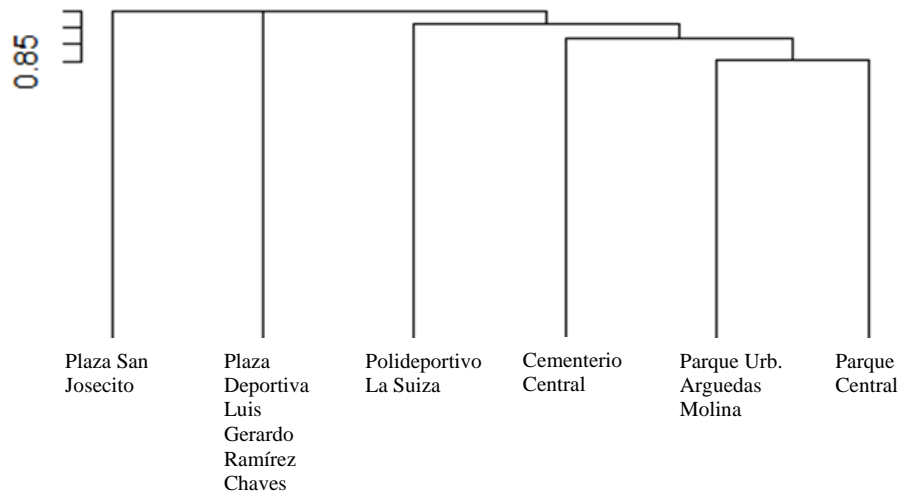
**Figura 13.** Abundancia de especies arbóreas y arbustivas del Cementerio Central de San Rafael de Heredia de Heredia 2017.



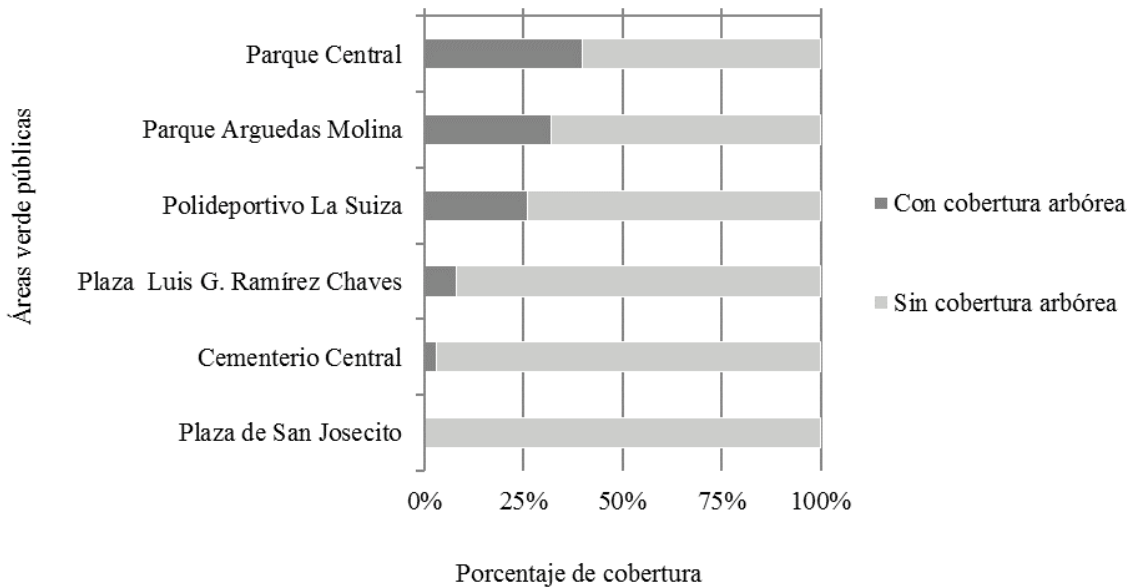
**Figura 14.** Abundancia de especies arbóreas y arbustivas de la Plaza Deportiva Luis Gerardo Ramírez Chaves de San Rafael de Heredia de Heredia 2017.



**Figura 15.** Abundancia de especies arbóreas y arbustivas de la urbanización Arguedas Molina de San Rafael de Heredia de Heredia 2017.



**Figura 16.** Similitud de la composición de especies arbóreas y arbustivas de las de las zonas verdes públicas de la parte baja de San Rafael de Heredia, según el índice de Jaccard.



**Figura 17.** Porcentajes de cobertura arbórea de las zonas verdes públicas en estudio de la parte baja del cantón de San Rafael de Heredia en comparación al porcentaje sin cobertura.

### Selección de especies arbustivas y arbóreas que atraigan avifauna

Para determinar cuáles especies vegetales son mejores para atraer la avifauna, se realizaron tres listados preliminares de árboles y arbustos, para evaluarse en la matriz de criterios. El primer listado se generó a partir de la riqueza de aves de la PB, PM y PA que poseen movilidad a la PB de San Rafael y que usan frutos, flores o semillas como recurso alimenticio para luego determinar cuales especies vegetales les brindan alimento.

En este aspecto, se identificaron 45 especies de aves que por su gremio trófico se alimentan de frutos, flores o semillas y que por su ámbito de distribución pueden movilizarse y habitar en la PB de San Rafael de Heredia. Para cada ave, se encontraron diferentes especies de árboles y arbustos de las cuales pueden alimentarse, siendo las más comunes *Cecropia insignis*, *Cecropia obtusifolia*, *Ficus sp*, *Acnistus arborescens*, *Psidium guajava*, y *Spondias purpurea* (Cuadro 9).

**Cuadro 9.** Riqueza de aves de la parte alta, media y baja que poseen movilidad a la parte baja del cantón de San Rafael de Heredia y que usan frutos, flores o semillas como recurso alimentario.

<b>Especie</b>	<b>Gremio Trófico</b>	<b>Especies arbóreas que utilizan</b>
<i>Amazilia tzacatl</i>	Nectarívoro	<i>Malvaviscus arboreus</i> , <i>Calliandra calothyrsus</i> , <i>Hamelia patens</i> , <i>Stachytarpheta calderonii</i> , <i>Stachytarpheta mutabilis</i>
<i>Basileuterus rufifrons</i>	Frugívoro/Insectívoro	<i>Hamelia patens</i> , <i>Trema micrantha</i> , <i>Cecropia obtusifolia</i> , <i>Miconia aeruginosa</i>
<i>Calocitta formosa</i>	Generalista	<i>Ochroma pyramidale</i> , <i>Spondias purpurea</i> , <i>Bursera simaruba</i> , <i>Ficus</i> sp.
<i>Cardellina pusilla</i>	Frugívoro/Insectívoro	<i>Cecropia insignis</i> , <i>Cecropia obtusifolia</i>
<i>Columba livia</i>	Granívoro	Variedad de granos
<i>Columbina inca</i>	Granívoro	Variedad de granos
<i>Columbina passerina</i>	Granívoro	Variedad de granos
<i>Columbina talpacoti</i>	Granívoro	Variedad de granos
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Frugívoro/Insectívoro	<i>Morus insignis</i> , <i>Ficus pertusa</i> , <i>Rubus urticifolius</i> , <i>Pyracantha coccinea</i> , <i>Hamelia patens</i> , <i>Randia aculeata</i> , <i>Acnistus arborescens</i>
<i>Dives dives</i>	Nectarívoro/ Granívoro	<i>Ochroma pyramidale</i> , <i>Ficus pertusa</i> , <i>Clidemia rubra</i>
<i>Elaenia flavogaster</i>	Frugívoro/Insectívoro	<i>Cupania guatemalensis</i> , <i>Acnistus arborescens</i> , <i>Myrsine</i> sp.
<i>Empidonax flavescens</i>	Frugívoro/Insectívoro	<i>Palicourea purpurea</i> , <i>Fuchsia paniculata</i> , <i>Lantana camara</i>
<i>Euphonia affinis</i>	Frugívoro/Insectívoro	<i>Ficus costaricana</i> , <i>Gaiadendron punctatum</i> , <i>Muntingia calabura</i>
<i>Euphonia elegantissima</i>	Frugívoro/Insectívoro	<i>Gaiadendron punctatum</i>
<i>Euphonia hyrundinacea</i>	Frugívoro/Insectívoro	<i>Ficus benjamina</i> , <i>Ficus costaricana</i>
<i>Icterus galbula</i>	Nectarívoro/ Frugívoro	<i>Acnistus arborescens</i> , <i>Spondias purpurea</i>
<i>Leptotila verreauxi</i>	Granívoro	Variedad de granos
<i>Melanerpes hoffmannii</i>	Frugívoro/Insectívoro	<i>Stemmadenia</i> sp., <i>Myrsine</i> sp.
<i>Melozone cabanisi</i>	Granívoro/Insectívoro	<i>Hamelia patens</i> , <i>Ardisia compressa</i> , <i>Ficus</i> sp.
<i>Melozone leucotis</i>	Granívoro/Insectívoro	<i>Hamelia patens</i> , <i>Ardisia compressa</i> , <i>Ficus pertusa</i> , <i>Acnistus arborescens</i> , <i>Trema micrantha</i> , <i>Conostegia xalapensis</i> , <i>Miconia aeruginosa</i> , <i>Xylosma flexuosa</i>
<i>Molothrus aeneus</i>	Granívoro/Insectívoro	<i>Sorghum vulgare</i>
<i>Momotus lessonii</i>	Generalista	<i>Myrcianthes fragrans</i> , <i>Psidium guajava</i> , <i>Acnistus arborescens</i>
<i>Oreothlypis peregrina</i>	Frugívoro/Insectívoro	<i>Cecropia insignis</i> , <i>Cecropia obtusifolia</i> , <i>Spondias purpurea</i>
<i>Passer domesticus</i>	Granívoro	Variedad de granos
<i>Patagioenas flavirostris</i>	Granívoro	<i>Morella cerifera</i> , <i>Cupania guatemalensis</i> , <i>Citharexylum macradenium</i>
<i>Pheucticus ludovicianus</i>	Granívoro	<i>Croton</i> sp.
<i>Pionus seniles</i>	Frugívoro	<i>Psidium guajava</i> , <i>Spondias purpurea</i> , <i>Croton</i> sp.
<i>Piranga bidentata</i>	Frugívoro/Insectívoro	<i>Acnistus arborescens</i> , <i>Stemmadenia</i> sp., <i>Spondias purpurea</i>
<i>Piranga rubra</i>	Frugívoro/Insectívoro	<i>Acnistus arborescens</i> , <i>Stemmadenia</i> sp., <i>Spondias purpurea</i>
<i>Pitangus sulphuratus</i>	Generalista	<i>Acnistus arborescens</i>
<i>Protonotaria citrea</i>	Frugívoro	<i>Myrcianthes fragrans</i> , <i>Spondias purpurea</i> , <i>Trichilia havanensis</i>
<i>Psittacara finschi</i>	Frugívoro	<i>Psidium guajava</i> , <i>Myrcianthes fragrans</i> , <i>Spondias purpurea</i> , <i>Croton</i> sp.
<i>Quiscalus mexicanus</i>	Generalista	<i>Ficus costaricana</i> , <i>Spondias purpurea</i> , <i>Mangifera indica</i> , <i>Acnistus arborescens</i> , <i>Citrus</i> sp.
<i>Saltator atriceps</i>	Frugívoro/ Insectívoro	<i>Cecropia insignis</i> , <i>Cecropia obtusifolia</i> , <i>Psidium guajava</i> , <i>Acnistus arborescens</i> , <i>Stemmadenia</i> sp., <i>Cestrum aurantiacum</i>

Especie	Gremio Trófico	Especies arbóreas que utilizan
<i>Saltator coerulescens</i>	Frugívoro/Insectívoro	<i>Cecropia insignis, Cecropia obtusifolia, Psidium guajava, Acnistus arborescens, Stemmadenia sp., Cestrum aurantiacum</i>
<i>Saltator maximus</i>	Frugívoro/Insectívoro	<i>Cecropia insignis, Cecropia obtusifolia, Psidium guajava, Acnistus arborescens, Stemmadenia sp., Cestrum aurantiacum</i>
<i>Setophaga townsendi</i>	Frugívoro/Insectívoro	<i>Cecropia insignis, Cecropia obtusifolia</i>
<i>Thraupis episcopus</i>	Frugívoro	<i>Psidium guajava, Myrcianthes fragrans, Acnistus arborescens, Stemmadenia sp.</i>
<i>Turdus grayi</i>	Frugívoro	<i>Cecropia insignis, Cecropia obtusifolia, Psidium guajava, Cestrum aurantiacum, Myrsine sp.</i>
<i>Tyrannus melancholicus</i>	Generalista	<i>Myrcianthes fragrans, Acnistus arborescens</i>
<i>Vireo flavifrons</i>	Frugívoro/ Insectívoro	<i>Bursera simaruba, Bocconia frutescens, Citharexylum donnell-smithii, Ficus sp., Acnistus arborescens, Trema micrantha, Palicourea purpurea, Fuchsia paniculata</i>
<i>Vireo leucophrys</i>	Frugívoro/Insectívoro	<i>Bursera simaruba, Bocconia frutescens, Ficus sp., Trema micrantha, Palicourea purpurea, Fuchsia paniculata, Clusia croatii, Clusia multiflora, Conostegia xalapensis, Morella cerifera</i>
<i>Vireo olivaceus</i>	Frugívoro/Insectívoro	<i>Bursera simaruba, Bocconia frutescens</i>
<i>Zenaida asiatica</i>	Granívoro	<i>Codiaeum variegatum, Jatropha spathula</i>
<i>Zonotrichia capensis</i>	Granívoro/Insectívoro	<i>Fuscia Paniculata, Ficus costaricana, Stemmadenia donnell-smithii, Gaiadendron punctatum, A, arborecens, Viburnum stellato-tomentosum, Myrsine sp., Cestrum nocturnum, Clidemia sp., Conostegia oerstediana, Miconia aeruginosa</i>

De acuerdo con el criterio de expertos, se identificaron 27 especies consideradas idóneas para atraer a la avifauna presente en San Rafael de Heredia y que pueden utilizarse para arborizar la zona baja de este cantón. De estas, las más recomendadas fueron *A. arborescens* y *C. donnell-smithii* (Cuadro 10).

Se realizó un listado de estas tres listas preliminares, el cual se evaluó en la matriz de criterios para determinar especies arbustivas y arbóreas que deben ser incluidas en planes de arborización de las zonas verdes públicas de San Rafael. De este listado, se obtuvieron puntajes entre los 63 y 27 puntos en donde *D. erecta*, *C. donnell-smithii*, *B. simaruba*, *L. cámara*, *P. guajava*, *C. variegatum*, *F. paniculata* y *M. arboreus* alcanzaron los mayores puntajes, siendo las especies más idóneas para reforestar y ayudar a la atracción de la avifauna del cantón (Cuadro 11).



**Cuadro 10.** Especies arbóreas o arbustivas recomendadas por los expertos para ser sembradas en zonas verdes públicas de la parte baja de San Rafael de Heredia.

Experto	Vía	Recomendación 1	Recomendación 2	Recomendación 3
Experto 1	Email	<i>A. arborescens</i>	<i>Phytolacca icosandra</i>	<i>Ficus costaricana</i>
Experto 2	Email	<i>Conostegia xalapensis</i>	<i>A. revoluta</i>	<i>M. calabura</i>
Experto 3	Email	<i>A. arborescens</i>	<i>C. donnell-smithii</i>	<i>Ficus pertusa</i>
Experto 4	Email	<i>Cupania guatemalensis</i>	<i>Cestrum nocturnum</i>	<i>Erythrina fusca</i>
Experto 5	Email	<i>A. arborescens</i>	<i>Ugni molinae</i>	<i>Croton niveus</i>
Experto 6	Email	<i>Ficus costaricana</i>	<i>Ardisia elliptica</i>	<i>C. donnell-smithii.</i>
Experto 7	Email	<i>Picramnia antidesma</i>	<i>H. patens</i>	<i>A. arborescens</i>
Experto 8	Email	<i>C. donnell-smithii</i>	<i>Cordia eriostigma</i>	<i>F. pertusa</i>
Experto 9	Email	<i>A. arborescens</i>	<i>Cinnamomum triplinerve</i>	<i>C. donnell-smithii</i>
Experto 10	Personal	<i>A. arborescens</i>	<i>Trema micrantha</i>	<i>Spondias purpurea</i>
Experto 11	Personal	<i>Malpighia glabra</i>	<i>Cecropia insignis</i>	<i>A. revoluta</i>
Experto 12	Email	<i>Hamelia patens</i>	<i>Stemmadenia litoralis</i>	<i>A. arborescens</i>
Experto 13	Personal	<i>C. donnell-smithii</i>	<i>Ardisia compressa</i>	<i>F. pertusa</i>
Experto 14	Email	<i>Ardisia revoluta</i>	<i>Muntingia calabura</i>	<i>C. donnell-smithii</i>
Experto 15	Email	<i>A. arborescens</i>	<i>Stachytarpheta frantzii</i>	<i>C. donnell-smithii</i>
Experto 16	Personal	<i>A. arborescens</i>	<i>Malvaviscus arboreus</i>	<i>Chamaedorea elegans</i>

**Cuadro 11.** Evaluación de las especies arbóreas o arbustivas en la matriz de criterios para determinar cuáles deben ser incluidas en planes de arborización de las zonas verdes públicas de San Rafael de Heredia.

Especie/ Criterio	Nombre común	Disponibilidad en Viveros	Costo económico	Nativa o exótica	Capacidad de atraer aves	Conocimiento	Infraestructura y seguridad	Tiempo de crecimiento	Periodo de vida	Total
<i>Duranta erecta</i>	Grano de oro, pingo de oro	5	10	10	8	10	10	10	2	65
<i>Lantana camara</i>	Cinco negritos	5	10	10	8	5	10	10	4	62
<i>Citharexylum donnell-smithii</i>	Dama	3	9	10	6	10	8	10	4	60
<i>Bursera simaruba</i>	Indio desnudo	2	10	10	6	10	8	10	2	58

Especie/ Criterio	Nombre común	Disponi- bilidad en Viveros	Costo econó- mico	Nativa o exótica	Capaci- dad de atraer aves	Cono- cimien- to	Infraes- tructura y segur- dad	Tiempo de crecimien- to	Perio- do de vida	Total
<i>Psidium guajava</i>	Guayaba	3	9	10	6	10	8	10	2	58
<i>Codiaeum variegatum</i>	Croton	8	10	5	4	10	10	10	0	57
<i>Fuchsia paniculata</i>	Achiotillo	2	8	10	8	10	10	8	2	57
<i>Malvaviscus arboreus</i>	Amapola	4	10	10	6	5	10	10	2	57
<i>Acnistus arborescens</i>	Güitite	8	10	10	6	5	8	10	0	57
<i>Citrus limonia</i>	Limón	8	10	5	4	5	10	10	4	56
<i>Diphysa americana</i>	Guachipelín	2	10	10	4	10	8	10	2	56
<i>Mangifera indica</i>	Mango	5	9	5	6	5	6	10	10	56
<i>Stachytarpheta frantzii</i>	Cola o rabo de zorro	5	10	10	6	5	10	10	0	56
<i>Stachytarpheta mutabilis</i>	Cola o rabo de zorro	5	10	10	6	5	10	10	0	56
<i>Tabebuia rosea</i>	Roble sabana	2	10	10	4	10	6	10	4	56
<i>Ardisia compressa</i>	Capulín agrio, Tucuico	2	10	10	6	5	10	10	2	55
<i>Sambucus canadensis</i>	Sauco	0	5	10	6	8	10	10	6	55
<i>Spondias purpurea</i>	Jocote	4	9	10	6	10	6	6	4	55
<i>Stachytarpheta calderonii</i>	Cola o rabo de zorro	4	10	10	6	5	10	10	0	55
<i>Tabebuia ochracea</i>	Cortez amarillo	2	9	10	4	10	6	10	4	55
<i>Bougainvillea glabra</i>	Bougainvillea	4	10	5	2	10	10	10	2	53
<i>Byrsonima crassifolia</i>	Nance	3	9	10	4	5	8	10	4	53
<i>Ficus retusa</i>	Laurel de la india	6	9	5	6	10	4	9	4	53
<i>Hamelia patens</i>	Coralillo o azulillo	0	5	10	8	10	10	10	0	53
<i>Hibiscus rosasinensis</i>	Amapola	6	9	5	4	5	10	10	4	53
<i>Cecropia insignis</i>	Cecropia	3	10	10	6	5	8	10	0	52
<i>Cecropia obtusifolia</i>	Cecropia	1	10	10	6	5	8	10	0	50
<i>Citharexylum macradenium</i>	Dama	3	9	10	6	0	10	10	4	52
<i>Dypsis lutescens</i>	Palma, Palmera	4	10	5	4	5	10	10	4	52
<i>Ardisia elliptica</i>	Ardisia	1	9	5	6	10	10	10	0	51
<i>Erythrina poeppigiana</i>	Poró	3	10	10	4	10	8	4	2	51

Especie/ Criterio	Nombre común	Disponi- bilidad en Viveros	Costo econó- mico	Nativa o exótica	Capaci- dad de atraer aves	Cono- cimien- to	Infraes- tructura y segurid- dad	Tiempo de crecimien- to	Perio- do de vida	Total
<i>Euphorbia leucocephala</i>	Pascuita	3	8	10	4	10	5	10	1	51
<i>Muntingia calabura</i>	Capulín	0	5	10	6	10	10	10	0	51
<i>Trema micrantha</i>	Capulín	0	5	10	6	10	10	10	0	51
<i>Callistemon viminalis</i>	Hisopo o calístemon	2	9	5	4	10	8	10	2	50
<i>Rubus urticifolius</i>	Mora	3	8	10	6	5	8	10	0	50
<i>Terminalia catappa</i>	Almendro	1	10	5	6	10	8	8	2	50
<i>Trichilia havanensis</i>	Uruca	2	10	10	6	0	10	10	2	50
<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	Malinche, Guacamaya	5	10	5	4	5	8	10	2	49
<i>Ficus benjamina</i>	Laurel de la india	6	9	5	6	5	4	10	4	49
<i>Ochroma pyramidale</i>	Balsa o balso	0	5	10	6	10	6	10	2	49
<i>Tecoma stans</i>	Tronador	0	5	10	4	10	10	10	0	49
<i>Calliandra calothyrsus</i>	Barba de gato, carboncillo	1	10	10	4	5	6	10	2	48
<i>Eucalyptus deglupta</i>	Eucalipto arcoiris	0	5	5	4	10	6	10	8	48
<i>Fraxinus uhdei</i>	Fresno	0	5	5	4	10	8	8	8	48
<i>Pyracantha coccinea</i>	Espino de fuego o piracanta	2	8	5	6	5	10	10	2	48
<i>Viburnum stellatomentosum</i>	Virburum	0	5	10	6	5	10	10	2	48
<i>Zygia longifolia</i>	Sotacaballo	1	10	10	6	5	6	6	4	48
<i>Brunfelsia grandiflora</i>	San Juan	4	9	5	4	5	10	10	0	47
<i>Cestrum nocturnum</i>	Dama de noche	1	9	10	4	5	8	10	0	47
<i>Chamaedorea elegans</i>	Palmera de salón	2	9	5	2	5	10	10	4	47
<i>Delonix regia</i>	Malinche	5	10	5	4	5	6	10	2	47
<i>Myrsine guianensis</i>	Cucharo, Manteco	0	5	10	4	10	8	10	0	47
<i>Ardisia revoluta</i>	Canelo, Canelito	0	5	10	6	5	10	10	0	46
<i>Conostegia xalapensis</i>	Capulín	0	5	10	8	5	10	8	0	46
<i>Manilkara chicle</i>	Níspero	1	9	10	4	10	8	0	4	46
<i>Morella cerifera</i>	Árbol de cera	0	5	10	6	5	10	6	4	46

Especie/ Criterio	Nombre común	Disponi- bilidad en Viveros	Costo econó- mico	Nativa o exótica	Capaci- dad de atraer aves	Cono- cimien- to	Infraes- tructura y segurid- dad	Tiempo de crecimien- to	Perio- do de vida	Total
<i>Psidium friedrichsthalian um</i>	Cas	3	10	10	4	0	8	10	0	45
<i>Schefflera actinophylla</i>	Pulpo, Paraguas	0	5	5	8	5	10	10	2	45
<i>Bocconia frutescens</i>	Calderón, gordolobo	0	5	10	6	5	10	8	0	44
<i>Casuarina equisetifolia</i>	Pino Australia- no	0	5	5	4	10	6	10	4	44
<i>Malpighia glabra</i>	Capulín, huesito, cercita	0	5	10	6	5	10	8	0	44
<i>Megaskepasma erythrochlamys</i>	Manto rojo	0	5	10	4	5	10	10	0	44
<i>Morus insignis</i>	Mora	0	5	10	6	5	8	10	0	44
<i>Rondeletia amoena</i>	Rondele- tia	0	5	10	4	5	10	10	0	44
<i>Tectona grandis</i>	Teca	0	5	5	4	10	8	10	2	44
<i>Turnera ulmifolia</i>	Marilope, San Lorenzo	0	5	10	4	5	10	10	0	44
<i>Cupressus lusitanica</i>	Ciprés	3	10	5	2	10	2	10	2	44
<i>Eugenia uniflora</i>	Pitanga	2	9	5	6	5	8	6	2	43
<i>Ficus pertusa</i>	Higuito, Amate	1	10	10	6	0	4	10	2	43
<i>Prunus sp.</i>	Cobre	2	10	5	4	0	10	10	2	43
<i>Ugni molinae</i>	Murta, murtilla	0	5	5	6	5	10	10	2	43
<i>Casimiroa sp.</i>	Zapote	0	5	10	6	5	8	6	2	42
<i>Clusia croatii</i>	Copey	0	5	10	6	5	6	6	4	42
<i>Clusia multiflora</i>	Gaque o Cucharo	0	5	10	6	5	6	6	4	42
<i>Jatropha spathula</i>	Sombrero chino	1	10	5	6	0	10	10	0	42
<i>Allamanda cathartica</i>	Jazmin de Cuba	0	5	5	4	5	10	10	2	41
<i>Cojoba costaricensis</i>	Lorito	2	9	10	4	0	4	10	2	41
<i>Erythrina fusca</i>	Poró blanco	0	5	10	8	0	4	10	4	41
<i>Ficus citrifolia</i>	Higuerón	3	10	10	6	0	4	2	6	41
<i>Ficus costaricana</i>	Higuerón colorado	1	10	10	6	0	6	4	4	41
<i>Picramnia antidesma</i>	Brasilete falso	0	5	10	6	0	10	10	0	41
<i>Randia aculeata</i>	Espino blanco	0	5	10	6	0	10	6	4	41
<i>Stemmadenia litoralis</i>	Huevos de caballo	0	5	10	6	0	8	10	2	41
<i>Urera caracasana</i>	Ortiga o cangrejo	0	5	10	6	0	6	10	4	41

Especie/ Criterio	Nombre común	Disponi- bilidad en Viveros	Costo econó- mico	Nativa o exótica	Capaci- dad de atraer aves	Cono- cimien- to	Infraes- tructura y segurid- dad	Tiempo de crecimien- to	Perio- do de vida	Total
<i>Xylosma flexuosa</i>	Matacar- tago o coronilla	0	5	10	6	0	8	10	2	41
<i>Clidemia sericea</i>		0	5	10	2	5	8	10	0	40
<i>Clusia rosea</i>	Copey	0	5	10	4	5	6	6	4	40
<i>Cupania guatemalensis</i>	Camarón blanco, huesillo	0	5	10	8	0	8	9	0	40
<i>Cascabela thevetia</i>	Campani- lla	0	5	5	2	5	10	10	2	39
<i>Cestrum aurantiacum</i>	Jazmín naranja	0	5	5	6	5	8	10	0	39
<i>Cinnamomum triplinerve</i>	Aguacati- llo	0	5	10	6	0	6	8	4	39
<i>Cordia eriostigma</i>	Muñeco	0	5	10	6	0	8	8	2	39
<i>Gaiadendron punctatum</i>	Tagua	0	5	10	8	0	6	10	0	39
<i>Lagerstroemia indica</i>	Júpiter	0	5	5	4	5	10	8	2	39
<i>Lagerstroemia speciosa</i>	Flor de reina	0	5	5	4	5	10	8	2	39
<i>Miconia aeruginosa</i>	Lengua de vaca	0	5	10	6	0	8	10	0	39
<i>Myrcianthes fragrans</i>	Guayabi- llo	0	5	10	6	0	6	6	6	39
<i>Palicourea purpurea</i>		0	5	10	6	0	10	8	0	39
<i>Robinsonella lindeniana</i>	Majagua	0	5	10	4	0	10	10	0	39
<i>Stemmadenia donnell-smithii</i>	Huevos de caballo	0	5	10	6	0	8	6	4	39
<i>Syzygium malaccense</i>	Manzana de agua	1	10	5	6	5	6	4	2	39
<i>Vernonia patens</i>	Tuete	0	5	10	4	0	10	10	0	39
<i>Pinus oocarpa</i>	Pino		5	5	2	10	2	10	4	38
<i>Schefflera rodriguesiana</i>	Cheflera	6	5	5	2	0	10	10	0	38
<i>Schinus terebinthifolius</i>	Pimentero brasileño	0	5	5	6	0	10	10	2	38
<i>Spathodea campanulata</i>	Llama del bosque	1	9	5	4	5	2	10	2	38
<i>Acalypha</i> sp.	Acalifa	0	5	10	4	0	8	10	0	37
<i>Eucalyptus</i> sp.	Eucalipto	2	10	5	4	0	2	10	4	37
<i>Eugenia oerstediana</i>	Turú	0	5	10	6	0	8	6	2	37
<i>Sapium</i> sp.	Lechero	0	5	10	4	0	8	10	0	37
<i>Croton niveus</i>	Targuá, Colpachí	1	9	10	6	0	6	0	0	32
<i>Yucca guatemalensis</i>	Itavo	0	5	10	2	0	8	0	2	27

De las especies de árboles y arbustos que obtuvieron el mayor puntaje en la matriz y brindan recursos limitantes a la avifauna en términos alimenticios, se seleccionaron 18 como las que tienen mayor potencial para atraer a las aves. De estas, se determinó con ayuda bibliográfica los requerimientos para el establecimiento y mantenimientos de las especies, con el fin de incluirlos en los planes de arborización de la parte baja del cantón de San Rafael de Heredia (Cuadro 12).

**Cuadro 12.** Requerimientos para el establecimiento y mantenimientos de las especies arbóreas y arbustivas seleccionadas para arborizar las zonas verdes públicas de la parte baja de San Rafael de Heredia.

<b>Especie</b>	<b>Agua</b>	<b>Suelo</b>	<b>Luz</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Siembra</b>
<i>A. arborescens</i>	Riego diario. Precipitación anual media requerida de 1600-2500mm.	Ígneos, sedimentarios o limosos	Directa	Media, como mínimo 15°C	Plantar las semillas superficialmente bajo la tierra en bolsas plásticas en vivero, se puede trasplantar a campo luego de un mes.
<i>A. compressa</i>	Riego diario en época seca, mantener el suelo siempre húmedo.	Ígneos, sedimentarios o limosos.	Directa	Media, entre 15°C y 21°C	Son plantas de crecimiento un poco lento, se recomienda sembrar en vivero y trasplantar a los 3 años.
<i>B. simaruba</i>	No requiere riego diario. Precipitación anual media de 500-1400mm.	No tiene grandes requisitos a nivel de suelo, tolerante a suelos arcillosos y salinos.	Directa	Media, entre 18°C y 27°C	Por estacas. Se puede sembrar en vivero por semillas y luego trasplantar o sembrar directamente la semilla.
<i>C. donnell-smithii</i>	Precipitación anual media requerida de 1000-2700mm.	De origen volcánico o aluvial, arenosos, calizos, arcillosos o limosos bien drenados.	Directa o semi-sombra	Media	Las semillas se siembran en sustrato de tierra con arena, cubriéndolas superficialmente, tres semanas luego de la germinación se pueden trasplantar.
<i>C. insignis</i>	Precipitación anual media requerida de 900-2000mm. Regar cada 2 o 3 días.	De origen volcánico o aluvial, arcillosos, arenosos o limosos, bien drenados.	Directa o semisombra	Media entre 18°C y 24°C	Las plantas se obtienen a través de semillas. una vez que la planta posea al menos 15cm se puede trasplantar.

Especie	Agua	Suelo	Luz	Temperatura	Siembra
<i>C. xalapensis</i>	Precipitación anual media requerida de 1000-2000mm.	Aluviales o volcánicos, arenosos, arcillosos o francos, bien drenados.	Semisombra	Media, entre 18°C y 27°C	Por semillas
<i>D. americana</i>	Precipitación promedio anual de 800-3500mm.	Aluviales o volcánicos, arcillosos, arenosos e incluso pedregosos, con buen drenaje pH menor o igual a 7.	Directa	Media de 24°C	Sembrar las semillas en arena como sustrato. Trasplantar a bolsa de tierra 20 días después de haber germinado, se pueden trasplantar de 2 a 3 meses después, requiere plena luz durante su desarrollo inicial.
<i>D. erecta</i>	Se debe regar dos veces por semana.	Tierra que no sea muy alcalina ni muy ácida. El rango ideal del PH debe estar entre 5 y 6. Suelo blando con buen drenaje.	Directa	Media de 24°C	Se recomienda sembrar mediante esquejes leñosos usando enraizador para acelerar el proceso de.
<i>E. fusca</i>	Requieren entre 1200-3000 mm de precipitación anual. Se puede regar 3 veces por semana.	Francos o arcilloso-arenosos, bien drenados y de fertilidad media. Aunque pueden tolerar suelos pobres y estacionalmente inundados.	Directa	Media, entre 16-24°C	Practicar una pequeña incisión en la testa de las semillas, o bien, someterlas a algún tipo de abrasión para acelerar el tiempo de germinación. Se sugiere la inmersión de estas en agua templada las 24 horas previas a la siembra. Las semillas suelen germinar entre 5 y 89 días después de la siembra y pueden ser trasplantadas luego al campo.
<i>F. paniculata</i>	Requiere de suelo húmedo. Regar cada dos días.	Prefiere suelos textura arenosa, franca o arcillosa que se mantengan húmedos.	Directa o semisombra	Media, entre 13°C y 20°C	Sembrar por esqueje usando enraizador o por semilla. Cubrir con un plástico para mantener la sombra y humedad, cuando ya existan raíces fuertes se puede quitar el plástico. Se deben dejar con luz natural no directa. Una vez que la planta tenga de 20cm a 30cm de tamaño se puede trasplantar al campo.

Especie	Agua	Suelo	Luz	Temperatura	Siembra
<i>H. patens</i>	Debe ser moderado durante todo el año. Se puede regar cada dos o tres días.	De origen volcánico o aluvial, arenosos, calizos, arcillosos o limosos bien drenados.	Directa	Media	Se puede multiplicar por semillas y esquejes usando enraizador.
<i>L. camara</i>	Regar 3 veces por semana.	pH Neutro, bien drenado. Soporta suelos arcillosos, arenosos y francos.	Directa	Media, entre 24°C y 26°C	Se recomienda la siembra de esquejes con enraizador en cualquier época del año.
<i>M. arboreus</i>	Riego regular, 3 veces por semana en verano, una vez en invierno, verificar mantener el suelo húmedo.	Necesita suelos con drenaje regular o bueno, textura franco o franco-arcillosa de fertilidad moderada a buena.	Directa o semisombra.	Media	Siembra por esquejes con enraizador a una distancia de 40cm. Se recomienda plantar al inicio de las lluvias.
<i>M. calabura</i>	Precipitación anual promedio de 1000-2000mm. Mantener húmedo el suelo	Aluviales o volcánicos, limosos, arenosos, arcillosos, calcáreos e incluso rocosos, profundos, bien drenados.	Directa	Media, entre 22 y 32°C	Se cultiva con semillas, las cuales no poseen mayores requerimientos para su desarrollo y se pueden plantar directamente en el sitio de interés, también se puede propagar por estacas.
<i>M. glabra</i>	Riego periódico, mínimo tres veces por semana	Arcilloso, calizo, bien drenado con pH entre 6.5 y 7.5	Directa	Media	Se recomienda la siembra de esquejes ya que las semillas no siempre son viables. Se sugiere cortar esquejes de 15cm que provengan de árboles adultos y colocarlos en sustrato con enraizador.
<i>M. indica</i>	Riego periódico, mínimo tres veces por semana.	Aluviales o volcánicos, limosos, arenosos, arcillosos y calcáreos profundos, bien drenados, pH entre 5.5 y 5.7	Directa	Media	Se puede reproducir por semilla o injerto. Las semillas se deben enterrar en bolsas de plástico a 2.5cm de profundidad, cuando la plántula haya nacido se puede injertar



Especie	Agua	Suelo	Luz	Temperatura	Siembra
<i>S. frantzii</i>	Riego periódico, mínimo tres veces por semana.	Prefiere suelos arenosos o limosos bien drenados. Prospera en suelos pobres.	Directa	Media	Sembrar utilizando estacas con enraizador o acodos aéreos. Se recomienda mayormente la estaca, a la rama que se desee trasplantar como se le debe colocar enraizador en la punta y cubrir con un algodón húmedo, luego de una semana cuando presenta raíces se puede trasplantar a campo.
<i>S. mutabilis</i>	Riego periódico, mínimo tres veces por semana.	Prefiere suelos arenosos o limosos bien drenados. Prospera en suelos pobres.	Directa	Media	Sembrar utilizando estacas con enraizador o acodos aéreos. Se recomienda mayormente la estaca, a la rama que se desee trasplantar como se le debe colocar enraizador en la punta y cubrir con un algodón húmedo, luego de una semana cuando presenta raíces se puede trasplantar a campo.

## 4. Discusión

### Diversidad avifaunística de la PB, PM y PA de San Rafael

Todas las especies de aves observadas en San Rafael de Heredia, durante el periodo de muestreo, ya han sido registradas en el lugar y se encontraban en su ámbito de distribución normal. Las aves registradas pertenecen a 30 familias de 16 órdenes (en Costa Rica existen 88 familias y 27 órdenes) lo que demuestra la existencia de una numerosa representación de las aves del país en el sitio de estudio. Muchas especies de águilas, halcones, garzas, colibríes, palomas, reinitas observadas pertenecen a zonas boscosas del cantón, mientras que la mayoría son especies adaptadas a diferentes ecosistemas (Stiles, 1990; Garrigues y Dean, 2007; Stiles y Skutch, 2007).

Las familias Columbidae, Turdidae y Tyrannidae revelaron el mayor promedio de observaciones, lo cual ya ha sido reportado por otros investigadores. Esto puede deberse a que

las especies de estas familias son de hábitos generalistas en cuanto a preferencia de hábitat y alimentación. Su capacidad para consumir diferentes frutos, semillas, granos e insectos y habitar en estructuras humanas, les permite mantener altas poblaciones en el sitio de estudio (Stiles y Skutch, 2007; Bonilla, 2008; Elizondo y Ramírez-Alán, 2010; Guido y Rodríguez, 2011).

Las especies que presentaron el mayor promedio de observaciones, *Z. asiatica*, *P. finshi* y *T. grayi*, también son generalistas en cuanto a su alimentación, sitios de anidación y toleran ambientes tanto agrícolas, forestales como urbanos. Por tanto, es normal que posean gran número de individuos en sus poblaciones de sitios como San Rafael. Además, estas tres especies cuentan con una amplia distribución en el país y en los últimos años se ha notado el aumento de sus poblaciones (Stiles y Skutch, 2007; Bonilla, 2008; Elizondo y Ramírez-Alán, 2010; Guido y Rodríguez, 2011).

En el caso de *Z. asiatica*, esta se reproduce rápidamente y posee un periodo de incubación de solo 16 días, por lo que llega a formar numerosas colonias (Stiles y Skutch, 2007; Bonilla, 2008). En los últimos años, su población ha crecido notablemente hacia el Valle Central y se ha adaptado fácilmente a ambientes urbanos por su capacidad de habitar estructuras humanas y sus hábitos generalistas de alimentación (Guido y Rodríguez, 2011). Situación similar sucede con *P. finshi*, donde sus individuos son gregarios, forman grandes colonias y son generalistas en cuanto a su alimentación (Stiles, 1990; Collar, Boesman y Sharpe, 2018). En el caso de *T. grayi*, este ha sido un residente común del Valle Central, donde los diferentes usos de la tierra han podido beneficiar su población (Stiles, 1990; Stiles y Skutch, 2007; Guido y Rodríguez, 2011; Alfaro, 2014).

La mayor cantidad de observaciones de aves en el sitio de estudio pertenecieron a especies residentes de Costa Rica, ya que se encuentran dentro de su ámbito normal de distribución (Stiles y Skutch, 2007; Garrigues y Dean, 2007). Por el periodo de estudio, el cual comprendió cuatro meses -dentro de los cuales se encontraba los meses de octubre y noviembre, cuando se da la mayor migración latitudinal de aves (Ocampo-Peñuela, 2010)- se pudieron realizar observaciones de especies migratorias, mayormente de la familia Parulidae, resultado similar al encontrado por Guido y Rodríguez (2011). Solamente se presentó un avistamiento de una especie errante: *Setophaga pinus*, la cual es migratoria de paso ocasional y ya ha sido

reportando anteriormente en el Valle Central de Costa Rica (Stiles, 1990; Garrigues y Dean, 2007).

Según los hábitos alimentarios de las aves avistadas, el mayor promedio de observaciones, pertenecientes a especies frugívoras, granívoras y generalistas de las familias Columbidae, Turdidae, Embericidae y Thraupidae, podría deberse a los diferentes usos de la tierra que posee San Rafael. Este cantón comprende desde zona urbana, hasta sitios boscosos, forestales y cultivos agrícolas, principalmente de café de sombra, por lo que las aves pueden encontrar variedad de frutos y granos (Stiles y Skutch, 2007). Por la época del muestreo, de setiembre a diciembre, la mayoría de las plantas no se encontraban en época de floración, lo cual puede explicar la baja abundancia de individuos nectarívoros (Quesada, 2018).

En cuanto a la diversidad de cada estrato de estudio, la menor riqueza y abundancia de aves se encontró en la PA, la cual por sus características presenta menores temperaturas atmosféricas comparado con la PB y PM, y un clima característico de bosque lluvioso (EcuRed, 2018). Las condiciones de la PA puede restringir la cantidad de especies que habitan en esta zona, ya que los patrones de diversidad de aves suelen mostrar una declinación del número de especies con la elevación (Martínez y Josef Rechberger, 2007). Mc Cain (2009) encontraron que, de 78 estudios sobre diversidad de aves en gradiente altitudinal, en el 45% de los casos la riqueza de aves disminuyó con la altitud. Conjuntamente, al ser una zona más boscosa respecto a la PB y PM se dificulta la observación de las aves debido a la densidad de la foresta.

Las especies con mayor promedio de observaciones en la PA de San Rafael (*P. morio*, *P. cyanoleuca* y *C. pileatus*) se caracterizan por ser especie gregarias, las cuales suelen movilizarse en bandadas de más de 10 individuos (Stiles y Skutch, 2007; Alvarado y Bolaños, 2012), lo que puede explicar su cantidad de avistamientos. Además, *P. cyanoleuca* es de hábitos aéreos y son frecuentes en zonas de áreas abiertas lo cual facilita su observación (Alvarado y Bolaños, 2012). El mismo caso de *C. pileatus*, residente abundante en las partes más altas de la Cordillera Volcánica Central (Stiles y Skutch, 2007) y suele encontrarse en pequeños grupos de hasta 20 individuos, siendo fáciles de avistar (Neotropical Birds Online, 2018).

La mayor riqueza de especies y el segundo mayor promedio de observaciones de aves encontrado en la PM de San Rafael concuerda con el patrón identificado por McCain y Grytnes

(2010), donde existe una mayor riqueza en altitudes intermedias en el 45% de los casos, presentando un 26% de posible disminución gradual conforme aumenta la altura. Además, la PM es una zona de convergencia entre el ecosistema urbano de PB y el boscoso de la PA, el cual presenta mayor diversidad de usos de la tierra, desde zonas bosque secundario, ripario, potrero hasta plantaciones (Ortiz y Soto 2008), lo cual ayuda a brindar sitios de alimentación para diferentes gremios tróficos, percha, agua, refugio por lo que puede albergar mayor cantidad de especies.

Por un lado, las especies más abundantes en este estrato fueron *T. grayi*, *P. finshi*, *P. cyanoleuca*, por las razones mencionadas anteriormente, y *T. melancholicus*. Este último es residente común de la zona de estudio (Garrigues y Dean, 2007) y, de acuerdo el reporte de otras investigaciones, suele usar construcciones humanas, como el cableado eléctrico de los postes, por lo que es de fácil observación (Muñoz, Fierro-Calderón y Rivera-Gutierrez, 2007).

Por otro lado, la PB del cantón presentó la mayor cantidad de observaciones de aves, también siendo las más abundantes *Z. asiatica*, *T. grayi*, *P. finshi* y *Z. capensis*. En este caso, estas especies son altamente adaptadas a sitios urbanos debido a sus hábitos alimenticios generalistas y tienen la capacidad de habitar y nidificar en estructuras humanas, por lo que zonas alteradas las benefician y pueden reproducirse exitosamente (Stiles, 1990). Aunado a esto, en las zonas urbanas se reduce el número de depredadores de estas especies los cuales no toleran ambientes urbanos por lo que las poblaciones de aves generalistas en centros urbanos aumentan (Marcos,2014).

La dominancia de ciertas especies en núcleos urbanos, que mantienen numerosas poblaciones, es un fenómeno ya reportado en países como España. En estos casos, aves con características como *Z. asiatica*, *T. grayi*, *P. finshi* y *Z. capensis* logran adaptarse a las zonas urbanas, adquiriendo nuevas conductas que incluyen: perder el miedo a seres humanos, lo cual disminuye el estrés, nidificar en estructuras humanas o variar sus hábitos alimenticios. Estas normalmente son frugívoras, granívoras o generalista encuentran en las ciudades sitios de forrajeo lejos de depredadores, mientras que especies de hábitos más específicos en cuanto a su reproducción, sitios de anidación o tipo de alimento tienden a alejarse de las ciudades (Marcos,2014)

Los datos obtenidos indican que varias especies de aves, en su mayoría generalistas, están utilizando los ecosistemas de la PB de San Rafael, por lo que se pueden mejorar sus condiciones para promover la atracción de mayor diversidad a este lugar. Otras investigaciones demuestran que los pequeños parches de vegetación presentes en ambientes urbanos son claves para la conservación de la mayor cantidad de biodiversidad. En este caso, el centro urbano de San Rafael es un mosaico de diferentes ambientes, entre ellos jardines, parques con grupos de árboles y arbustos, bosques ribereños y edificaciones, los cuales representan hábitats disponibles para las aves (Guido y Rodríguez, 2011).

De acuerdo con los índices de biodiversidad de Shannon, todos los estratos de estudio se encuentran en un ámbito normal de biodiversidad propio de una zona tropical y posee una regular uniformidad de las especies (Margalef, 1972; citado en Magurran, 2004). Según el índice de Simpson, los tres estratos de estudio poseen alta dominancia por ciertas especies ya mencionadas anteriormente; en los últimos años se ha reportado un aumento de sus poblaciones en el país, por lo que es normal encontrarlas en gran número (Stiles, 1990; Stiles y Skutch, 2007; Bonilla, 2008; Guido y Rodríguez, 2011; Alfaro, 2014). No obstante, la PA y PM del cantón poseen una equitatividad moderada en el resto de sus especies, lo cual apunta a un buen equilibrio ecológico de este lugar, indicando una alta probabilidad de mejorar la parte baja del San Rafael de Heredia para la atracción de las aves.

Conforme a los índices de Chao, Jackknife y Bootstrap para la estimación de la riqueza, en el sitio de estudio se debió encontrar una mayor cantidad de especies. Por lo anterior, es recomendable ampliar el periodo de muestreo para alcanzar la observación de la mayor cantidad de especies posibles y poder avistar aquellas especies migratorias o erráticas. Es conveniente que los muestreos se realicen a lo largo de periodos prolongados, como mínimo un año, aunque expertos recomienda cinco años, para tener una idea más precisa de la variación de las especies a lo largo del tiempo. De esta forma, un programa de muestreo prolongado no solo ayudaría encontrar la mayor cantidad de especies, sino que permitiría la detección de aquellos factores que amenazan la conservación de las aves (Ortega-Álvarez et al., 2012).

Asimismo, según el índice de Jaccard las PB y PM, son en términos de diversidad avifaunística más similares entre ellas que con la parte alta. Esta situación ya se ha reportado en otras investigaciones (McCain y Grytnes, 2010) lo cual podría deberse al parecido en cuanto a

clima y ecosistemas entre la PB y PM, ya que ambas poseen núcleos urbanos (edificaciones), zonas de cultivo, bosques ribereños (Ortiz y Soto 2008), en relación con la PA. Esta última, al contrario de las anteriores, posee zonas de potrero arbolado y de bosque primario en el refugio de vida silvestre Cerro Dantas y temperaturas ambientales más frías (Ortiz y Soto 2008).

Con los datos obtenidos podemos determinar que, entre los numerosos factores ecológicos que determinan la variación de la diversidad de aves, se encuentra la estructura del hábitat. Específicamente, existen aspectos de la estructura de la vegetación que pueden conducir a un individuo a establecerse en esa zona y desarrollarse (Cueto, 1996). Por tanto, con la diversidad avifaunística encontrada en el cantón de San Rafael de Heredia, podemos indicar que se encuentra en un buen momento para la intervención de la zona baja con el fin de mejorar su estructura vegetal y brindar mejores recursos para la atracción y el establecimiento de las aves que se encuentran en la parte media y baja.

### **Diversidad de especies vegetales arbustivas y arbóreas de las zonas verdes públicas de la PB de San Rafael**

Todos los árboles y arbustos encontrados en las zonas verdes públicas muestreadas son comunes en el sitio, ya sea porque se hayan en su ámbito de distribución normal (Zuchowski, 2007; Condict, Pérez, y Daguerre, 2011) o porque son especies exóticas distribuidas fácilmente en viveros (Jimenez, 2013). Es importante mencionar que los sitios de estudio al ser zonas propiedad de la municipalidad, se encuentran al cuidado de trabajadores municipales o de vecinos, por lo que siembran especies nativas comunes o especies exóticas que han sido exitosamente introducidas por los viveros y que al estar bajo el cuidado humano encuentran óptimas condiciones para su establecimiento (Jiménez, 2013).

La forma en cómo se siembran estas especies arbóreas o abusivas en las zonas verdes normalmente no posee ningún criterio forestal, biológico o técnico y se realizan sin una debida planificación ni adecuada selección de las especies (Jiménez, 2013). Por esto predominan aquellas especies que son de fácil mantenimiento o fáciles de encontrar en viveros o producir, caso que ocurre también en San Rafael de Heredia. En este sitio, al igual que la mayoría de las zonas urbanas de Costa Rica, las especies se siembran con el principal objetivo de brindar

belleza con sus flores y frutos, sombra con sus copas y oxígeno, para el beneficio antropogénico (Jiménez, 2013).

La mayor biodiversidad encontrada en el Polideportivo La Suiza podría deberse a su mayor extensión, comparado a las zonas estudiadas, en donde puede albergar más cantidad de árboles y arbustos. Este lugar, aunque fue diseñado para el deporte, posee una gran parte de su área destinada a la siembra de plantas. En este sitio, las especies que obtuvieron mayor abundancia fueron *D. erecta*, *B. grandifolia* y *C. equisetifolia*. Por una parte, *D. erecta* normalmente se usa para la creación de cercas vivas, por lo que se necesitan muchos individuos para lograr este propósito, es de fácil reproducción y rápido crecimiento, lo cual puede explicar su alta abundancia (Queensland Government, 2016).

Por otra parte, *B. grandifolia* es una especie muy popular en jardines de Costa Rica y fácil de obtener en viveros, pues es muy atractiva por su floración (Zuchowski, 2007). Mientras que *C. equisetifolia* es un árbol exótico ampliamente distribuido por introducción en el Valle Central de Costa Rica, su abundancia podría deberse a que esta especie suele crecer mejor en ambientes tropicales, es de rápido crecimiento y fácil de reproducción asexualmente (Parrotta, 1993; Rojas-Rodríguez y Torres-Córdoba, 2013).

El Parque Central de San Rafael fue el segundo sitio con mayor biodiversidad de especies. Esto podría deberse a que este sitio, por su concepción, está creado para embellecer la ciudad mediante el uso de plantas. Además, posee un área de 8100m<sup>2</sup>, por lo que puede albergar bastante cantidad de árboles y arbustos.

Este fue el sitio que presentó la mayor abundancia de individuos, en el cual *D. erecta* también fue la más abundante, ya que, como se mencionó, la utilizan como cerca viva prácticamente en todo el lugar y no requiere de muchos cuidados para establecerse (Queensland Government, 2016). La segunda especie más abundante fue *T. catappa*, la cual ha sido exitosamente introducida en el país, pues necesita climas tropicales para su establecimiento, además se reproduce con facilidad por semillas, siendo común encontrarlo en el sitio de estudio (Sánchez, 2017).

Asimismo, en la Plaza de la urbanización Arguedas Molina, aunque posee un menor tamaño en comparación a los sitios anteriores, se encontraron 24 especies y la mayor

equitatividad de estas. Este lugar, si bien podría albergar mayor cantidad de árboles y arbustos está más que todo destinado al deporte (hay una cancha de fútbol, gimnasio al aire libre y una pista de patinetas) lo cual restringe la siembra de especies vegetales.

En este caso, la mayor parte de las plantas encontradas han sido sembradas por vecinos del lugar, por lo que hay tanto especies exóticas como nativas. La mayor cantidad de individuos encontrados fue de *A. arborescens*, el cual es una especie frecuente del Valle Central del país, aunque en el pasado eran más abundantes, de rápido crecimiento y común en viveros, lo cual puede explicar su abundancia (Rojas-Rodríguez y Torres-Córdoba, 2012).

Caso similar sucede en la Plaza Deportiva Luis Gerardo Ramírez Chaves, destinada al deporte y, pese a contar con un área bastante grande, está compuesta por una cancha de fútbol y una pista de atletismo, lo cual deja prácticamente muy poco espacio para la siembra de especies vegetales, por lo que cuenta con un número muy reducido de árboles y arbustos. En este, la especie más abundante fue *S. frantzii*, lo cual podría deberse a que es una especie muy común en viveros, de bajo costo económico, fácil siembra y rápido crecimiento, además es muy beneficiosa para la atracción de organismos nectarívoros y muy vistosa por sus flores violetas, las cuales se desarrollan durante todo el año (Zuchowski, 2007).

En el caso del Cementerio Central de San Rafael, se encontraron muy pocas especies arbóreas o abusivas y una baja abundancia de individuos. Esto era de esperarse, pues la mayor área de este sitio está destinada al establecimiento de las tumbas, por lo que solo queda lugar para sembrar en el perímetro de este.

Aunque la gestión del Cementerio Central de San Rafael es un poco limitada, posee potencial para aumentar la biodiversidad, el cual por el momento no está siendo aprovechado (Sierra, 2012), y en donde se pueden sembrar plantas que atraigan a las aves. En su mayoría, en este lugar se encontraron individuos de *C. viminalis*, los cuales fueron sembrados para embellecer la entrada del lugar. Esta especie se caracteriza por ser muy común en las calles de las ciudades costarricenses, pues es fácil de cultivar, tolera gran variedad de condiciones ambientales y su flor sirve de alimento para los colibríes (Zuchowski, 2007).

En la Plaza de San Josecito, la falta de especies arbóreas o arbustivas puede deberse a que la construcción del lugar es relativamente nueva, pues su remodelación terminó en mayo del



2017 (Valerio *com pers*, 2018) colocando una pista para patinetas, una cancha de baloncesto y una pista para caminar, lo cual reduce el espacio para la siembra de especies vegetales. La falta de árboles y arbustos en este lugar hace prioritaria la intervención para la siembra de especies que embellezcan el sitio y brinden recursos a las aves del cantón de San Rafael.

En cuanto a los índices de diversidad alfa, la plaza de La Suiza, el Parque Central, el Cementerio Central y la urbanización Arguedas Molina presentaron una biodiversidad específica normal considerando encontrarse en un ecosistema tropical, mientras que la Plaza Deportiva Luis Gerardo Ramírez Chaves y la Plaza de San Josecito presentaron niveles bajos (Margalef, 1972). Lo anterior se encuentra relacionado con la cantidad de especies e individuos que hay en los sitios de estudio, en donde al ser ecosistemas creados por el ser humano, su diversidad no obedece a procesos naturales sino a la disponibilidad de las plantas, el mantenimiento de estas y los gustos antrópicos (Jiménez, 2013).

Lo anterior también puede explicar la alta dominancia por parte de pocas especies y la mediana equitatividad en los sitios de estudios. Así bien, se sembrará en mayor cantidad aquello que se encuentre disponible en viveros, sea de bajo costo, de fácil mantenimiento, aquello considerado estético por el hombre y también aquello con un propósito definido (Sánchez, 2003) como es el caso de *D. erecta*, la cual se usa específicamente para la creación de cercas vivas y, por ende, se necesitan muchos individuos para este propósito.

Por las razones mencionadas acerca de la concepción antropogénica de las zonas verdes públicas, es que todos los sitios de estudio son tan similares entre sí, según los índices de Jaccard y Sørensen. En este caso, siendo el parque central y la plaza de urbanización Arguedas Molina los más parecidos en cuanto a su composición de especies. Esto podría deberse a la cercanía entre ellos, los cuales se encuentran a 500 m uno del otro.

Asimismo, según los porcentajes de cobertura arbórea, las zonas prioritarias para intervenir con procesos de arborización son, en primer lugar, la plaza de San Josecito, pues - como se mencionó- por reciente remodelación no cuenta con ningún árbol o arbusto. En segundo lugar, se debería intervenir la Plaza Deportiva Luis Gerardo Ramírez Chaves, la cual solamente cuenta con un poco de cobertura en el costado este y oeste. También es prioritaria la intervención

en el cementerio, el cual posee un poco de cobertura en su periferia, pero aún cuenta con espacios donde se puede mejorar la cobertura vegetal.

Por tanto, se concluye que las zonas verdes públicas de la PB de San Rafael de Heredia están compuestas por especies nativas o exóticas, las cuales se siembran desde el punto de vista antropogénico, sin contemplar las necesidades de la fauna del lugar. Los árboles y arbustos que se encuentran en estos sitios son especies comunes de viveros, las cuales normalmente poseen un bajo costo económico. Al estar la mayoría de sitios de estudio cerca unos de los otros, poseen una composición vegetal similar, por lo que en todos debe realizarse una intervención con planes de arborización adecuados si se desea mejorar las condiciones de la avifauna y aportar recursos limitantes a la fauna de la zona más urbanizada del cantón.

### **Selección de especies arbustivas y arbóreas que atraigan avifauna**

Según la matriz de criterios para determinar cuáles plantas deben ser incluidas en planes de arborización de las zonas verdes públicas de San Rafael de Heredia, se encontraron 15 especies con puntajes mayores a 55, es decir, los árboles y arbustos óptimos para sembrar en la PB del cantón. Estas especies son las más recomendadas considerando no solo la atracción de aves sino su facilidad de siembra y mantenimiento, crecimiento y longevidad, cuidados de la especie y su facilidad de ser encontrada en viveros.

La especie de mayor puntaje fue *D. erecta*, de la familia Verbenaceae, conocida comúnmente como grano de oro o pingo de oro, un arbusto pequeño, sin una copa extendida ni raíces que perjudiquen las estructuras (Vibrans, 2010). Es una especie usada comúnmente por paisajistas como planta ornamental y cerca viva (Zuchowski, 2007; Andreu, et al., 2016) siendo común encontrarla en viveros a bajo costo económico y es de fácil mantenimiento. Aunado a esto, se han reportado colibríes que consumen su néctar y otras aves que aprovechan su fruto como recurso alimentario (Zuchowski, 2007), lo cual hace esta planta ideal para arborizar, tomando en cuenta el brindar recursos a las aves.

*L. cámara* o cinco negritos también obtuvo altos puntajes, lo cual podría deberse a su pequeño tamaño y raíces que no impactan las estructuras. Al ser una especie de uso ornamental

por sus flores que se presentan durante todo el año (Zuchowski, 2007), es fácil de conseguir en viveros a un bajo costo económico. Estas flores de *L. cámara* sirven de alimentación para distintas especies de colibríes y se han observado a diferentes aves de las familias Tyrannidae, Vireonidae y Thraupidae consumir sus frutos. Además, al atraer insectos, principalmente mariposas, puede servir como sitio de alimentación para aves insectívoras (Zuchowski, 2007; Carman, 2011), lo cual la hace una opción excelente para planes de arborización.

*C. donnell-smithii* o dama también pertenece a la familia Verbenaceae. Este árbol es común de México a Panamá en bosques secundarios, es relativamente pequeño, puede llegar a medir hasta 15 m de altura y es muy utilizado para crear cercas vivas, cortinas rompe vientos y sombra para cultivos. Obtuvo su puntaje principalmente debido a que es un árbol idóneo para apoyar la dieta de las aves gracias a sus frutos esféricos y carnosos, los cuales pueden observarse de marzo a setiembre (Estrada y Sánchez, 2011; UICN, 2016). Ejemplos de las especies de aves que suelen alimentarse de este árbol son: *T. grayi*, *P. bidentata*, *P. sulphuratus*, *E. flavogaster*, *P. flavirostris*, entre otros (Estrada y Sánchez, 2011).

Otro árbol recomendado para plantar en las zonas verdes públicas de la parte baja de San Rafael es *B. simaruba* o indio desnudo. Este es muy común en Costa Rica tanto en bosques secos como húmedos (Rojas, 2006; Rojas y Torres, 2011). Aunque puede llegar a medir hasta 25 m (Zuchowski, 2007; CONABIO, 2017), es un árbol recomendado para arborizar ya que es común, al utilizarse para construir cercas vivas, fácil de conseguir en viveros y soporta variedad de condiciones climáticas. Conjuntamente a estas características, es un árbol que gracias a sus frutos, los cuales se presentan desde octubre a febrero (Rojas y Torres, 2011), brinda recursos alimenticios a variedad de especies de aves como: *T. grayi*, *P. rubra*, *P. sulphuratus*, *I. galbula*, *P. flavirostris*, *O. peregrina*, *T. melancholicus* y *P. ludovicianus* (Estrada y Sánchez, 2011).

Asimismo, *P. guajava* o Guayaba, es una especie ideal para atraer a las aves frugívoras (Zuchowski, 2007; CONABIO, 2017). Entre las aves que suelen alimentarse del fruto de este árbol se encuentran: *M. lessonii*, *P. finshi*, *T. episcopus*, *T. grayi* y *C. morio* (Estrada y Sánchez, 2011). Al ser un árbol de consumo humano es ampliamente distribuido en nuestro país, es fácil de conseguir en viveros y se han documentado sus métodos de siembra y mantenimiento. Al mismo tiempo, es un árbol pequeño y de fácil reproducción (CONABIO, 2017), lo cual lo hace deseable para utilizarse en la rearborización la parte baja de San Rafael de Heredia.

También *F. paniculata* o Achiotillo es una especie de árbol idónea para atraer a las aves frugívoras, pues posee frutos los cuales suelen ser consumidos por aves como: *T. bidentata*, *C. pileatus* y *C. ophthalmicus* y flores atractivas para aves nectarívoras (Estrada y Sánchez, 2011). Esta es una especie común en el Valle Central de Costa Rica (González, 2011), lo que no representaría mayores problemas para su establecimiento. Además, por su morfología, un arbusto pequeño puede medir entre 1 a 5m de altura y su copa no se extiende ampliamente (Gonzalez, 2011), esto la hace una especie a considerar para incluir en planes de arborización que busquen aumentar los recursos alimenticios de las aves.

Igualmente, dos arbustos muy utilizados para sembrar en jardines y parques y que suelen usarse para atraer aves son *M. arboreus*, conocido como Amapola y *A. arborescens* o Güitite. Estas dos especies obtuvieron altos puntajes en la evaluación de la matriz, por su tamaño adecuado (Acosta, 2013) para la siembra en zonas públicas, fácil de conseguir en viveros a bajos costos, existencia de conocimiento de su cultivo y porque brindan recursos alimenticios a las aves. En el caso de *M. arboreus*, se caracteriza por sus flores rojas que son fuente de alimento para las aves nectarívoras como *A. tzacatl* (Wissink, 1980; Estrada y Sánchez, 2011). Mientras que *A. arborescens* es especial para atraer aves frugívoras, se ha reportado especies como *I. galbula*, *T. grayi*, *P. ludovicianus*, *S. maximus* y *P. rubra* consumiendo sus frutos (Estrada y Sánchez, 2011).

Otros arbustos recomendados para sembrar en zonas verdes públicas de la PB de San Rafael son *Stachytarpheta frantzii* y *Stachytarpheta mutabilis*, ambos conocidos como rabo de zorro. Estas especies obtuvieron altos puntajes para incluir en planes de arborización debido a la facilidad para conseguirlos en viveros a bajo costo por sus atractivas flores, las cuales se desarrollan durante todo el año (Rueda, 2011), además, son de fácil mantenimiento, rápido crecimiento, tamaño pequeño de hasta 1m de altura. Conjuntamente son dos especies idóneas para atraer aves nectarívoras debido a sus abundantes y perennes flores, lo cual ya ha sido reportado por Estrada y Sánchez (2011).

*T. rosea*, conocido comúnmente como Roble sabana y *D. americana*, llamado comúnmente Guachipelín, son especies de árboles comunes de localizar en el sitio de estudio, ya que se distribuyen en América Central (UICN, 2016; CONABIO, 2017). Estos obtuvieron puntajes altos en la matriz debido a que son especies de uso agroforestal, se aprovechan para

construir cercas vivas, crear forraje, ornamentalmente por sus flores y como sombra para cultivos (UICN, 2016), lo cual hace que sea común de encontrar en viveros y se conozcan bien sus requerimientos ambientales para cultivo y mantenimiento. Sin embargo, no son especies recomendadas para atraer aves, pues no ofrecen recursos alimenticios para ellas, aunque pueden ser utilizados como sitios percha y anidación.

Las tres especies exóticas con mayor puntaje y que podrían considerarse para arborizar son *C. variegatum* o crotón, *C. limonia* o Limón y *M. indica* o Mango. Estas plantas, al ser de uso frecuente por el ser humano, son fáciles de conseguir en viveros a bajo costo y se conocen sus métodos de siembra y mantenimiento. Sin embargo, en el primer caso, el crotón carece de frutos o flores que brinden alimento a las aves, pero puede funcionar como sitio de percha y material de anidación (Zuchowski, 2007). *C. limonia* tampoco se caracteriza por brindar alimento a las aves, pero puede servir de sitio de percha y de anidación (Zuchowski, 2007). *M. indica* aunque sus frutos maduros pueden servir de alimento para las aves, es un árbol de gran tamaño y raíces poderosas, lo cual podría afectar las estructuras humanas (Bally, 2006).

Algunas de las especies evaluadas que no obtuvieron puntajes tan altos en la matriz pero que son excelentes para atraer a las aves por los frutos que brindan son: *M. calabura*, *C. guatemalensis*, *C. rosea*, *Cecropia insignis*, *Cecropia obtusifolia*, *S. purpurea* y *S. donnell-smithii* (Estrada y Sánchez, 2011). Aunado a estas las especies, *H. patens* y *E. poeppigiana* también son muy útiles en la atracción de aves nectarívoras (Estrada y Sánchez, 2011). Estos árboles y arbusto no obtuvieron puntajes altos principalmente debido a la dificultad que presenta encontrarlos en viveros o porque no están documentados o no se conoce los métodos de siembra, reproducción y mantenimiento.

### **Propuesta de lineamientos a incluirse en la elaboración de planes de arborización de las zonas verdes públicas de la parte baja de San Rafael de Heredia**

Para la realización de planes de arborización efectivos destinados a mejorar las zonas verdes públicas de la PB de San Rafael de Heredia para atraer la avifauna, deben considerarse, primeramente, qué zonas verdes públicas son prioritarias para la arborización. Asimismo, es necesario evaluar cuáles árboles y arbustos deben removerse de los sitios y, a su vez, cuáles

deben sembrarse para atraer a las aves. A fin de generar un plan exitoso, también se debe tomar en cuenta el cuidado y mantenimiento de las zonas verdes, la creación de un vivero municipal y la integración de la comunidad. Conjuntamente, para determinar el éxito del plan, es necesaria la generación de programas con el fin de monitorear a las aves y evaluar otros sitios de arborización.

A continuación, se desarrollan cada uno de los lineamientos a incluirse en la elaboración de planes de arborización:

### **1. Zonas verdes públicas de la PB de San Rafael de Heredia prioritarias para la arborización**

Las áreas verdes en los centros urbanos juegan un papel importante en el ambiente, debido a que proveen beneficios como la disminución de calor, reducciones la contaminación atmosférica, refugio para animales, barreras cortavientos, entre otros (Sierra & Ramírez-Silva, 2010; Mena et al., 2011). Dependiendo del tipo de ciudad, existe una gran variabilidad de la forma, tamaño y composición de las zonas verdes públicas, siendo siempre necesario mantener la cobertura arbórea para disfrutar de los beneficios ecológicos mencionados anteriormente (Mena et al., 2011).

De manera general, se define un área verde como aquel “espacio con predominio de vegetación arbórea, englobando plazas, jardines públicos y parques urbanos (Mena et al., 2011). Aunque en las ciudades los parques urbanos o zonas verdes representan ecosistemas restringidos, estos deben estar compuestos por pastos, arbustos y árboles (ornamentales o silvestres) que cumplan con las funciones ecológicas básicas mencionadas anteriormente (Sierra & Ramírez-Silva, 2010).

Por tanto, según la descripción de lo que se concibe como un área verde, en función de mejorar los beneficios ecológicos que brindan las zonas verdes públicas de la PB de San Rafael de Heredia, y de acuerdo con los resultados obtenidos para el sitio estudio, el parque del distrito de San Josecito es la zona por priorizar para generar proyectos de arborización. Este lugar, al haber sido remodelado en el 2017 (Valerio *com pers*, 2018) aún no presenta ningún tipo de

cobertura arbórea o arbustiva. Aunque el sitio fue concebido para sitio de deportes y posee una cancha de basquetbol, una pista para patinetas y atletismo, en toda su periferia todavía cuenta con espacios disponibles para la siembra de especies principalmente arbustivas.

En segundo lugar de priorización de esfuerzos de arborización, están la Plaza Deportiva Luis Gerardo Ramírez Chaves y el Cementerio Central. En el caso de la Plaza Deportiva Luis Gerardo Ramírez Chaves, al ser un sitio de deporte cuenta con una plaza de fútbol y una pista de atletismo, sin embargo, posee área disponible en sus zonas norte y sur para sembrar arbustos que ayudarían a mejorar ecológicamente el lugar y en su límite este posee ciertos árboles que se pueden remover para sembrar nuevos. En el caso del cementerio, aunque no es un área verde como tal, se ha encontrado que son sitios con gran potencial para arborizar y convertirse en refugio para animales (Sierra, 2012); esta zona posee espacio en su parte oeste y en su periferia para sembrar y remplazar árboles y arbustos.

La Plaza de la Urbanización Arguedas Molina, la Plaza de La Suiza y el Parque Central, comparados con los sitios de estudio anteriores, poseen un mayor porcentaje de su área con cobertura arbórea y arbustiva, lo cual no hace tan urgente los esfuerzos de arborización. No obstante, luego de intervenir las zonas verdes prioritarias, se debe mejorar el estado ecológico de estos tres sitios para atraer a la avifauna del cantón, pues estos poseen mayor cantidad de espacios para centrar esfuerzos de arborización. Además, el Parque Central y la Plaza de La Suiza son los dos espacios de estudio de mayor tamaño, lo cual los vuelve idóneos para plantar mayor cantidad árboles, no solo arbustos. Otros estudios han demostrado que, a mayor tamaño de la zona verde, mayor diversidad de aves se puede encontrar en estas (Berget, 2006).

## **2. Especies que se deben remover en cada zona verde pública de la PB de San Rafael de Heredia**

De manera general, se recomienda remover de las zonas verdes públicas de la PB de San Rafael aquellas especies de plantas exóticas o alóctonas, esto destinado a mantener en el cantón especies vegetales nativas de Costa Rica. Las especies exóticas tienden a funcionar como invasoras poniendo en peligro los hábitats en donde aparecen y la competencia que ejercen frente a los taxones nativos es muy riesgosa para la conservación (Sans, Dana y Sobrino, 2001).

Para efectos de este estudio, el cual busca mejorar las condiciones ecológicas de las aves de San Rafael considerando especies vegetales que le suministren recursos, también se recomienda eliminar de las zonas verdes públicas aquellas especies arbóreas o arbustivas que no brinden ningún recurso a las aves. Remover de manera gradual estas especies abriría espacios para plantar otras adecuadas para el cantón y que posean flores, frutos o semillas para atraer a la avifauna del lugar.

- Plaza Deportiva Luis Gerardo Ramírez Chaves

En este caso, se recomienda remover todos los árboles presentes de *C. lusitanica* de la parte este de la plaza, pues esta especie es un árbol exótico que no brinda mayores beneficios a la avifauna en términos alimenticios, además, debido a su gran tamaño suele extraer mucha agua del suelo y sus acículas fomentan la acidificación de la tierra (Barquero-Salgado et al., 2014). También se recomienda remover los individuos de las especies *L. indica* y *Pronus sp.*, las cuales, aunque no representan un problema ambiental ni para la infraestructura, son exóticas y no brindan beneficios para la atracción de la avifauna (Sánchez, 2012).

- Cementerio Central de San Rafael

Se sugiere remover los individuos de *L. indica* los cuales, como se mencionó, son una especie exótica que no provee ningún recurso limitante a la avifauna (Sánchez, 2012). Se debe considerar remover los especímenes de *D. regia*, los cuales también son exóticos, introducidos desde Madagascar, aunado a esto su flor, fruto y semilla no son de mayor atractivo para las aves (CONABIO, 2017). Sin embargo, al ser considerada una especie ornamental gustada por los pobladores, su eliminación de este sitio debe ser considerada por la Municipalidad de San Rafael de Heredia.

- Parque Central de San Rafael de Heredia

Para esta zona verde pública, se recomienda remover a los individuos de *S. campanulata* y *T. grandis* (FONAFIFO, 2003; Zuchowski, 2007), pues son especies introducidas al país que no proveen ningún tipo de recurso a la avifauna. Aunado a esto, poseen un gran tamaño, en consecuencia, ocupan bastante espacio que podría ser ocupado por otras especies nativas.



Conjuntamente, se sugiere remover los individuos de *L. speciosa*, al ser una especie exótica para Costa Rica (UEIA, 2014).

- Plaza de La Suiza

Se sugiere remover de esta zona verde pública todos los individuos de *C. equisetifolia*, *T. grandis*, *S. campanulata*, *C. lusitanica* y *E. deglupta*, pues son especies exóticas introducidas en el país, las cuales presentan un gran tamaño posible de aprovechar para la siembra de otras especies nativas que suministren recursos a la avifauna (FONAFIFO, 2003; Zuchowski, 2007; Barquero-Salgado et al., 2014). Se recomienda también remover todos los individuos de *A. cathartica* y *D. lutescens*, ya que son especies exóticas sin beneficios para la avifauna más que funcionar como sitio de percha (Zuchowski, 2007; Morales, 2011).

- Plaza Urbanización Arguedas Molina

Igual que en las zonas verdes públicas mencionadas anteriormente, se recomienda remover de este sitio todos los individuos de *P. oocarpa*, *Eucaliptus sp.* y *S. campanulata*, pues son especies exóticas de un tamaño muy grande, lo cual restringe el espacio y recursos para sembrar otros árboles o arbustos nativos que provean recursos limitantes a las aves (Zuchowski, 2007). Finalmente, aunque presentan tamaños pequeños, también se sugiere remover a los individuos de *Pronus sp.* y *L. indica*, pues son especies exóticas que no brindan mayores beneficios a las aves, únicamente como sitios de percha (Sánchez, 2012).

### **3. Especies que se deben sembrar en cada zona verde pública de la PB de San Rafael de Heredia, siembra y cuidado**

La selección de especies arbóreas y arbustivas recomendadas para sembrar en las zonas verdes públicas de la parte baja de San Rafael de Heredia se basa en aquellas que obtuvieron el mayor puntaje en la matriz de criterios. No obstante, para cada área verde en específico se debe considerar el tamaño de las especies a sembrar de acuerdo con la disponibilidad de espacio en la zona verde. También, se tomó en cuenta recomendar especies vegetales que produzcan flores, frutos o semillas, con el fin de mejorar los recursos disponibles para la avifauna.

- Parque de San Josecito

Esta zona verde pública está destinada al deporte, por tanto, se recomienda usar arbustos de tamaño mediano y porte robusto para que no sean afectados durante las actividades deportivas. La disponibilidad de espacio no es suficiente para recomendar árboles de gran tamaño. Por esto se puede plantar en su orilla sur grupos de árboles de *A. arborescens* y *D. erecta*, manteniéndolos siempre en un tamaño no mayor a 2 m. En las esquinas sureste y noreste se sugiere plantar individuos de *A. compressa*. y *D. americana*. A lo largo de la orilla este del lugar, se propone sembrar varios individuos en línea de *S. frantzii* intercalados por algunos individuos de *F. paniculata*.

- Plaza Deportiva Luis Gerardo Ramírez Chaves

La plaza de la clínica, al igual que la zona verde pública mencionada anteriormente, está concebida para ser sitio de deporte, por tanto, para este lugar se deben seleccionar árboles y arbustos que no se afecten durante las actividades deportivas. De removerse los árboles de *C. lusitanica* que se encuentran en el área este de la plaza, se pueden reemplazar por individuos de *B. simaruba* y *C. donnell-smithii*. En la orilla norte y sur de la zona verde pública se recomienda sembrar *M. arboreus* y *A. arborescens*, manteniéndolos siempre a una altura no mayor a 2 m. Además, en las esquinas sureste y suroeste se pueden sembrar *A. compressa*, *D. americana*. Se propone mantener los individuos de *S. frantzii* que se encuentran en la orilla oeste de la plaza.

- Cementerio Central de San Rafael

Otros estudios indican que los cementerios son lugares con potencial para arborizar. En este caso, el Cementerio de San Rafael al ser un sitio manejado por la municipalidad es muy factible generar esfuerzos de arborización. Para este lugar se recomienda sembrar en su parte oeste, la cual aún no está ocupada por tumbas, individuos de *H. patens*, *A. arborescens*, *C. donnell-smithii* y *M. indica*. En sus costados norte y sur, donde el terreno lo permita, se recomienda sembrar individuos de *S. frantzii*, *S. mutabilis*, conjuntamente en el espacio entre las tumbas se puede plantar *L. cámara*, la cual es pequeña y puede crecer en estos lugares. Se sugiere mantener los árboles de *C. viminalis* y *T. ochracea* que se encuentran en la orilla este del cementerio.

- Parque Central de San Rafael de Heredia

Este sitio posee bastante potencial para la siembra de árboles y arbustos. De removerse las especies que se recomendaron eliminar en la sección anterior, se abrirían espacios para remplazar con *A. arborescens*, *A. compressa*, *C. donnell-smithii*, *D. americana*, *E. fusca*, *C. insignis* y *M. glabra*, los cuales se plantarían a manera de árboles individuales. Además, en la zona donde antes se encontraba la fuente del parque se sugiere sembrar de forma grupal *L. cámara*, la cual, si se mantiene a baja altura, no afectaría la visibilidad del parque. En sitios abiertos donde predomina el césped, se propone sembrar pequeños grupos de *H. patens*, *C. xalapensis*, *F. paniculata*. Conjuntamente, se debe mantener los individuos de *D. erecta* que funcionan a manera de cerca viva alrededor del parque, evitando podar las flores y frutos en la época del año que los presente.

- Plaza de La Suiza

Al igual que la plaza de San Josecito y la plaza de la clínica, este sitio se creó para fomentar el deporte, por tanto, se recomienda sembrar en el árboles y arbustos de porte robusto para dividir las canchas como *C. donnell-smithii*, *B. simaruba*, *A. arborescens*, *D. americana*, *A. compressa*, los cuales se deben sembrar de manera lineal. Muchos de estos árboles se pueden usar como reemplazo para las especies que se sugirieron remover de este sitio. Se propone sembrar de forma lineal arbustos de las especies *A. arborescens*, *S. frantzii* y *S. mutabilis* en la parte oeste de la plaza. Para las esquinas noroeste y suroeste, a fin de mantener la visibilidad, se pueden sembrar grupos de *L. cámara*. Al igual que para el Parque Central, se deben mantener los individuos de *D. erecta* que funcionan a manera de cerca viva evitando podar las flores y frutos.

- Plaza Urbanización Arguedas Molina

En este sitio, se recomienda remplazar las especies que se sugirieron remover de esta zona verde pública con individuos de *A. compressa*, *M. calabura*, *C. xalapensis*. Para mejorar la cobertura del sitio, se puede sembrar en la periferia de la cancha de fútbol algunos especímenes de *A. arborescens*. Alrededor de la zona donde se encuentran las máquinas de ejercicio, se pueden plantar pequeños grupos de *L. cámara*. Conjuntamente, se deben plantar de manera individual en la orilla este y sur, arbustos de las especies *H. patens* y *F. paniculata*.

Para el momento de la siembra, las plantas que sean adquiridas en viveros, o bien, producidas en un vivero municipal deben tener como mínimo un tamaño de 30 cm, un diámetro mínimo de 5 mm, un ápice único y al menos presentar 5 pares de hojas sanas. El traslado de estos árboles y arbustos al sitio de siembra se debe realizar con mucho cuidado para no afectar a los individuos. Es recomendable transportar a las plantas con raíces en bolsas y tierra y no con raíces al desnudo para evitar la deshidratación. Los especímenes deben trasladarse en cajas plásticas para evitar cualquier daño y se recomienda transportarlos en las horas de menor radiación solar (Silva, 2006).

Durante la siembra de los árboles y arbustos, es importante considerar el tamaño de la hoyadura, el cual debe coincidir con el tamaño de la bolsa de tierra donde se encuentre el individuo, además, se debe asegurar la profundidad necesaria para cubrir el pan de raíces (Alvarado, Guajardo y Devia, 2014). Para esto se entierra la pala en el suelo y se mueve a cada lado formando una especie de cuña donde se colocará la planta. El suelo debe estar húmedo, sin piedras, escombros u otros materiales. Al colocar el individuo, este debe quedar perfectamente recto y sin daño.

Es recomendable colocar en cada planta un tutor para que les dé la estabilización necesaria hasta que las raíces crezcan y se fijan al suelo. También es recomendable colocar una malla protectora alrededor del árbol o arbusto (Silva, 2006; Mahecha et al., 2010). Una vez que el árbol o arbusto esté fijo en su lugar, se deben eliminar aquellas ramas u hojas quebradas o secas, considerando no afectar el resto de las ramas. Asimismo, se deben eliminar aquellas raíces problemáticas que salen del sistema radicular y se encuentran sobre la superficie del suelo (Alvarado, Guajardo y Devia, 2014).

Cada especie tiene distintos requerimientos de agua, suelo, luz, temperatura y espacio a tomar en cuenta al momento de arborizar con las plantas seleccionadas. Asimismo, la forma para sembrar varía dependiendo del árbol o arbustos escogido. Los requerimientos de cada una de las especies recomendadas para los lineamientos de arborización de esta sección se presentan en el Cuadro 12.

#### **4. Cuido y mantenimiento de las zonas verdes públicas de la parte baja de San Rafael de Heredia.**

Con el fin de lograr un buen establecimiento y la supervivencia de los árboles o arbustos sembrados en las zonas verdes públicas, es importante realizar los cuidados mínimos posteriores a la plantación. El mantenimiento de las plantas los primeros tres años luego de la siembra son determinantes para asegurar el crecimiento adecuado de las especies; una vez estén bien establecidos, los cuidados pueden disminuir (Alvarado, Guajardo y Devia, 2014). Los cuidados básicos para el mantenimiento de las zonas verdes públicas son:

- Poda

La poda consiste en cortar ciertas partes de las plantas con el fin de regular la capacidad vegetativa y reproductiva de las especies vegetales. Esta es una tarea importante que ayuda a aumentar el rendimiento de los árboles y arbustos. Podar las especies arbóreas y arbustivas debe realizarse desde el momento de la plantación y la frecuencia dependerá de la necesidad de cada individuo, evitando generar algún tipo de trauma que facilite la entrada de agentes patógenos como los hongos. Los cortes deben ser limpios, rectos y deben realizarse con las herramientas adecuadas (Silva, 2006). La entidad encargada de asegurar la correcta poda en las zonas verdes públicas de la parte baja de San Rafael de Heredia sería la Municipalidad de este cantón.

Existen, en general, tres tipos diferentes de poda: la poda de formación busca formar una estructura deseada de ramas sólidas en el árbol o arbusto. También existe la poda de limpieza y mantenimiento, la cual busca cortar aquellas ramas u hojas maltratadas, enfermas o muertas, reducir la copa, eliminar brotes de la base del tronco y dar transparencia al individuo. Y, finalmente, la poda lateral o direccional, la cual se aplica cuando se desea orientar el crecimiento del árbol a determinado punto para evitar colapsar con estructuras humanas (Silva, 2006).

- Tutores o refuerzos

Los tutores son soportes de madera o metal que se colocan en los árboles y arbustos cuando son pequeños para ayudar a fijar la planta mientras sus raíces crezcan, evitando que se vuelquen con el viento, también pueden colocarse en árboles antiguos si su estructura lo requiere. Por tanto, una vez el árbol tenga raíces firmes se deben retirar los tutores (Silva, 2006; Alvarado,

Guajardo y Devia, 2014). Para esto, el encargado de mantenimiento de las zonas verdes públicas, en este caso la Municipalidad de San Rafael, deberá monitorear los individuos sembrados y determinar cuándo es necesario remover o colocar un tutor.

Al colocar los tutores o refuerzos, se debe disminuir el peso de la copa del árbol o arbusto podando su follaje. Luego, se instalan dos cables flexibles a dos tercios de la distancia entre el punto débil y la longitud de la rama, que se amarran a la varilla de acero o madera. Se debe revisar y reemplazar cada vez que sea necesario y se recomienda podar estos árboles intervenidos con tutores cada 5 años (Mahecha et al., 2010).

Es recomendable realizar periódicamente una inspección de los árboles y arbustos de cada zona verde pública para determinar cuáles hayan muerto, enfermado, secado o estropeado. Estos individuos deberán ser restituidos a la mayor brevedad (Silva, 2006) para evitar afectar la estética del lugar y siempre mantener especies saludables que atraigan la avifauna. Es importante antes de realizar la reposición consultar a expertos forestales para determinar la mejor manera de remover el árbol o arbusto y realizar un análisis del estado del suelo con el fin de prepararlo para plantar los nuevos individuos.

- Manejo del césped

Parte del cuidado de los árboles y arbustos es el manejo del césped que hay a su alrededor. Esta tarea debe realizarse periódicamente a lo largo del año cuando sea necesario, basándose en el tamaño del césped, su crecimiento, color, densidad y sanidad. La Municipalidad de San Rafael responsable de la zona verde pública debe asegurarse de mantener el césped entre 3 y 5 cm de altura durante todo el año, en los sitios destinados para el césped, mientras que debe mantener la orilladura de cada árbol y arbusto completamente despejada. Parte de esta labor también consiste en eliminar las malas hierbas y restos de basura que rodeen los árboles y arbustos (Silva, 2006). Se busca un corte limpio sin desgarros o tirones.

Asimismo, la autoridad responsable de la zona verde pública deberá realizar labores de resiembra de césped en aquellos lugares donde se haya dañado. Para esto deberá realizar, previo a la siembra, un análisis del suelo con el propósito de verificar cual preparación se le debe dar antes de sembrar en él. Es recomendable que la resiembra del césped se realice a principio de la estación lluviosa, así la humedad favorecerá el enraizamiento (Silva, 2006).

- Riego

El proceso de riego debe ser realizado por el organismo encargado de la zona verde pública con la frecuencia suficiente para mantener una humedad óptima en el suelo. Esto es vital para asegurar el desarrollo y crecimiento adecuado de los árboles y arbustos, pues la falta de humedad en el suelo es la principal causa de muerte de las plantas. Durante los primeros meses luego de la siembra, los individuos obtienen la mayor parte del agua directamente del sistema radicular, por lo que es fundamental mantener el suelo donde se encuentran las raíces lo más húmedo posible (Alvarado, Guajardo y Devia, 2014).

La frecuencia de riego dependerá de características ambientales como la temperatura, viento, humedad, evapotranspiración y de la permeabilidad y porosidad del suelo (Silva, 2006). Por consiguiente, el riego debe ser abundante pero no excesivo y debe efectuarse en horas en las cuales la temperatura sea apropiada. Se recomienda realizar las labores de riego como mínimo tres veces por semana en horas de la tarde y noche entre 6 pm y 10pm, para disminuir la evapotranspiración. Los riegos deben ser lentos para lograr humedecer la tierra evitando la erosión (Alvarado, Guajardo y Devia, 2014).

Es responsabilidad de la Municipalidad de San Rafael decidir qué sistema de riego se utilizará, ejemplo: sistemas aéreos de aspersión, riego por tendido, por goteo (Silva, 2006). También se debe evaluar si estos sistemas serán automáticos o deben ser gestionados por personal de la organización o si prefiere tener personal encargado de labores de riego de manera manual. Conjuntamente, el personal designado debe procurar que el agua excedente no escurra para evitar erosionar el terreno (Silva, 2006).

- Fertilización

El proceso de fertilización es fundamental si se desea mantener en óptimas condiciones los árboles y arbustos sembrados en las zonas verdes públicas y así acelerar el proceso de crecimiento. Las plantas, para un adecuado desarrollo, requieren de elementos esenciales como carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, boro, cobre, hierro, entre otros. En ecosistemas naturales, los nutrientes son aportados por detritos de animales y vegetales que se descomponen, caso que no sucede en las ciudades donde el suelo es de mala calidad y diariamente se remueve todo el material que aportaría estos nutrientes, esto

produce un crecimiento más lento de los árboles y arbustos de los centros urbanos y propicia el desarrollo de enfermedades (Mahecha et al., 2010; Alvarado, Guajardo y Devia, 2014).

Por tanto, desde el momento de la siembra es importante que los árboles y arbustos reciban fertilizaciones con alto contenido de fósforo y potasio para fomentar un buen desarrollo de sus raíces y así propiciar el establecimiento del individuo. Después del primer año, se busca también mejorar el estado de las hojas por lo que se debe abonar con nitrógeno (Mahecha et al., 2010). También es recomendable mantener cierta cantidad de materia orgánica en el suelo donde están los árboles y arbustos, pues esta propicia una mejor aireación del suelo, capacidad de retención de agua, regula el pH y aumenta la disponibilidad de nutrientes (Alvarado, Guajardo y Devia, 2014).

El ente encargado de la zona verde pública, en este caso la Municipalidad de San Rafael, deberá efectuar como mínimo tres fertilizaciones durante el año, lo cual ayudará a mejorar la aireación y permeabilidad del suelo y fortalecerá el desarrollo de las especies vegetales. Se recomienda usar tanto abonos orgánicos como inorgánicos, los cuales deberán aplicarse para la fertilización radicular y foliar (Silva, 2006). También se recomienda realizar análisis del suelo para conocer la carga de nutrientes con los que cuenta y así saber exactamente la periodicidad y cantidad de fertilizantes a usar en cada lugar (Mahecha et al., 2010).

- Control fitosanitario

El control fitosanitario consiste en asegurarse de que los árboles y arbustos sembrados en las zonas verdes públicas se encuentren libres de parásitos (entiéndase como estos los diferentes tipos de plagas de insectos, virus, hongos o cualquier otro organismo que altere el crecimiento y desarrollo normal de las plantas). Este control debe ser realizado mínimo dos veces al año y en caso de encontrarse alguna plaga o enfermedad debe ser tratada inmediatamente con el método de adecuado (Silva, 2006). Es preferible contactar a expertos dependiendo de cada situación, la Municipalidad de San Rafael deberá encargarse de contar con profesionales que realicen esta función, para lo cual podría asociarse con expertos de organizaciones como la UNA, UNED o UCR.



- Aseo y ornato

Como parte del mantenimiento de toda área verde pública, la Municipalidad del cantón debe realizar labores de limpieza que permitan recoger todo material no natural como latas, envases plásticos, papeles, etcétera (Silva, 2006). En el caso de San Rafael, esta actividad debe realizarse como mínimo cuatro veces por semana para asegurar mantener el aseo del lugar y propiciar una buena percepción por parte de la comunidad. Para lograr esta función de la mejor manera e incorporar a la comunidad, la Municipalidad puede aliarse con ONG como los Scouts de CR, Club de Leones, entre otros.

## **5. Vivero municipal**

En muchas ocasiones pese, a la anuencia por realizar esfuerzos de arborización, la mayoría de los árboles y arbustos idóneos para sembrar en la ciudad (enfocándose en brindar recursos que atraigan a la avifauna) no se encuentran fácilmente en viveros (Valle, 2013) y de encontrarse, pueden presentar costos económicos que no pueden ser cubiertos por las entidades públicas encargadas del proyecto. Por esto, es recomendado crear un vivero municipal donde se cultiven aquellas plantas nativas del lugar, pues sus preferencias ambientales y climáticas coinciden con los de la zona y brindan recursos alimenticios para la avifauna.

Antes de realizar el vivero, se debe considerar el criterio científico de expertos en botánica y en ornitología que indiquen cuales son las mejores especies para producir en vivero con potencial para luego plantarse en parques, aceras, plazas, entre otros. Así mismo, el vivero debe contar con un banco genético de germoplasma y semillas con material vegetal disponible para sostener los programas de arborización anual y los reemplazos para árboles dañados (Valle, 2013). Es importante considerar el espacio, el material, el personal y los costos para construir y mantener el vivero.

## **6. Programa de integración a la comunidad**

Parte clave del éxito de cualquier proyecto a escala cantonal, y que debe ser incluido en los lineamientos para la arborización, es la integración de la comunidad. Los seres humanos son parte fundamental de los ecosistemas urbanos, por lo que, a fin de generar lineamientos durables en el tiempo y la sostenibilidad de las áreas verdes públicas, es necesario contar con programas de educación ambiental y una serie de políticas que busquen integrar el componente biológico con el ordenamiento territorial (Sánchez, 2013; Arias, 2013).

El papel de la educación ambiental orientada hacia una adecuada cultura de cuidado y protección del árbol urbano es fundamental. La mejor forma de asegurar un plan de arborización exitoso es sensibilizar a la población acerca de la trascendencia de los demás seres vivos y la importancia social que puede generar una ciudad arborizada (Alvarado, Guajardo y Devia, 2014; Arias, 2013). Esto promueve que sean los mismos habitantes del lugar quienes deseen ser parte de los programas de arborización y, una vez establecidos los árboles y arbustos, se preocupen por cuidarlos y protegerlos (Sánchez, 2013).

Para esto, la Municipalidad de San Rafael y entes educativos como el colegio y las escuelas del lugar, así como la UNA y la ESPH, deben generar charlas y talleres en centros educativos o en grupos comunitarios, como el Club de Leones o los Scouts; las redes sociales pueden ser otro método de comunicación para hacer llegar la información a la comunidad, todo esto basado en propiciar la participación local en los programas de arborización y generar una cultura de cuidado y respeto por las zonas verdes públicas (Sánchez, 2013). Además, se deben generar charlas abiertas al público impartidas por la misma Municipalidad de San Rafael de Heredia y las organizaciones mencionadas anteriormente, en las cuales se den a conocer los proyectos de arborización, sus ventajas y la manera en cómo la comunidad puede ayudar en su ejecución.

Conjuntamente, se deben realizar campañas y comunicados para las personas que no desean participar en el proceso de arborización, pero quieren informarse acerca de la avifauna. Estas deben estar enfocadas en educar a la población acerca de las aves que se encuentran en San Rafael de Heredia, árboles y arbustos que se pueden utilizar para dar recursos limitantes a la avifauna y su forma de siembra y mantenimiento. Se recomienda abarcar información acerca de

la necesidad de gestionar o evitar el uso de especies exóticas o invasoras que en los últimos años han incrementado por la creciente comercialización de plantas ornamentales y semillas (Vélez-Restrepo y Herrera-Villa 2015).

Otra forma de informar y sensibilizar a la comunidad es mediante la rotulación botánica. Para esto la Municipalidad de San Rafael debe titular las especies arbóreas y arbustivas que se encuentren en sus zonas verdes públicas con sus nombres científicos y comunes, lo que se basa en el supuesto de que se ama y se protege lo que se conoce. Aunado a esto, una iniciativa como la rotulación botánica constituye un gran insumo para la proyección turística del cantón (Sánchez, 2013).

En conjunto con la educación ambiental, es necesaria la existencia de políticas o iniciativas que impulsen programas integrales de arborización urbana en paralelo a un plan local que contrarreste el vandalismo ocurrido en las zonas verdes públicas (Arias, 2013). Muchas veces las áreas verdes, como los parques o plazas, no se encuentran en óptimas condiciones, pues los gobiernos locales no poseen herramientas para proteger los sitios y potenciar la valoración de este recurso en la comunidad. Es importante asegurar que los habitantes de San Rafael entiendan la funcionalidad de las zonas verdes públicas y reconozcan la contribución que hacen estas en su bienestar y en el de las especies silvestres (Vélez, 2009).

## **7. Monitoreo de las aves**

Un programa de monitoreo consiste en la realización de muestreos enfocados en un grupo de seres vivos para determinar la variación de sus poblaciones a lo largo del tiempo. Estos programas son muy útiles, pues permiten verificar cuáles factores amenazan o mejoran la conservación de las especies (Ortega-Álvarez et al., 2012). Para verificar el impacto de la arborización de las zonas verdes públicas de la parte baja de San Rafael de Heredia en la avifauna es necesario que, una vez realizada la siembra y reemplazo de los individuos, se monitoree anualmente la diversidad de aves de la parte baja del cantón.

Los programas de monitoreo de la avifauna deben coordinados por la Municipalidad de San Rafael, donde podrían aliarse con ONGs como la Asociación Ornitológica de Costa Rica, la

Fundación de Rapaces de CR o el Grupo Comunitario de Aves de San Rafael. Estos nuestros seres anuales para asegurar la detección de los cambios en el número de especies, la abundancia de individuos y poder registrar especies residentes y migratorias (Ortega-Álvarez et al., 2012). En este caso, se recomienda realizar los muestreos en las zonas verdes públicas de la parte baja donde se centraron los esfuerzos de arborización y también cerca de estas. Los muestreos deben realizarse por la mañana, entre 5:30 am y 9 am, y en la tarde, entre 2:30 pm a 5 pm. Se recomienda realizar puntos de conteo fijos sin área definida, en los cuales se contabilicen todas las aves vistas durante 5 minutos (Bibby, et al., 2000). Para los muestreos, se debe contar con binoculares y guías de campo de aves.

## **8. Otros sitios para arborizar:**

- Arborización de la zona de protección de los ríos

Este estudio, si bien se centró en la conservación de la biodiversidad urbana mediante propuestas de lineamientos para mejorar las zonas verdes públicas de la parte baja de San Rafael, para conservar de una manera más completa la biodiversidad del cantón y asegurar las mejores condiciones de las aves, es necesario arborizar también los fragmentos de bosque riparios (Estrada, 2013). Los ríos que transcurren por San Rafael constituyen un elemento que permite acoger especies terrestres asociadas con la vegetación ribereña (Sierra, 2012). Para esto se debe realizar un estudio que muestre de los ríos que posee el cantón, cuantos tienen cobertura boscosa en su zona de protección. Identificar las especies que conforman estos fragmentos boscosos y verificar donde se ubican las zonas de riesgo (deslizamientos, precaristas, cerca de zonas públicas, entre otras). Con base en esto, sugerir una serie de lineamientos para arborizar sitios que no posean cobertura.

- Remanentes boscosos o lotes privados

La reducción de las zonas naturales (bosques) es una de las mayores amenazas que enfrentan las poblaciones silvestres. Por esto, para resistir de una manera amplia e integral el aumento de la zona urbana en San Rafael, es necesario conservar más allá de las zonas protegidas por la ley. En este caso, se deben generar esfuerzos que busquen la integración de la

comunidad para arborizar charrales, fragmentos asilados de bosque, pastizales, zonas de cultivo, cercas vivas, entre otros (Sierra, 2012; Estrada, 2013). También la siembra de árboles asilados puede ayudar a mejorar el ambiente para las aves, pues se ha demostrado que estos aumentan la diversidad vegetal, reducen el contraste de las zonas alteradas y proveen de alimento, hábitat y sitios de percha y anidación a las aves (Estrada, 2013).

- Jardines

Otros sitios fundamentales para ayudar a mejorar los recursos que usa la avifauna son los jardines de las casas particulares (Sierra, 2012). Vélez-Restrepo y Herrera-Villa (2015) afirman que los jardines son un componente importante para fomentar el desarrollo sostenible de la vida silvestre en las ciudades. Estos sitios constituyen un componente importante en la infraestructura urbana y proveen mayores beneficios particularmente a las aves, que por su capacidad de vuelo puede movilizarse de un jardín a otro, aunque sean de pequeño tamaño. Para esto es necesario la gestión y la educación ambiental relacionada con la arborización de las ciudades.

## **5. Conclusiones**

- La diversidad de aves encontrada en San Rafael durante el periodo de estudio se compone mayormente de especies residentes del lugar que se encuentran en su rango normal de distribución. En general, el sitio de estudio presentó una diversidad normal según el índice de Sharon para ecosistemas de zonas tropicales, con cierta dominancia conforme el índice de Simpson por parte de especies generalistas y gregarias. La mayor diversidad de aves se presentó en la PM del cantón y, en segundo lugar, la PB, lo cual indica que San Rafael se encuentra en un buen momento para la intervención de la zona baja con el fin de mejorar su estructura vegetal y brindar mejores recursos para la atracción y el establecimiento de las aves.
- Las zonas verdes públicas de la PB de San Rafael están compuestas por especies arbóreas y abusivas comunes en el sitio, ya sea porque se encuentran en su ámbito de distribución o han sido introducidas por el ser humano. Estos sitios están compuestos en similar proporción por especies nativas y exóticas, las cuales se siembran desde el punto de vista

antropogénico, sin contemplar las necesidades de la fauna del lugar. Por tanto, son especies comunes de viveros, con un bajo costo económico y de fácil mantenimiento.

- Las especies arbóreas y arbustivas idóneas para promover la diversidad y conservación de la avifauna a la PB de San Rafael de Heredia se caracterizan por brindar frutos, flores o semillas que pueden atraer a las aves como recurso limitante, son especies fáciles de conseguir en vivero y de mantener. Además, por sus características morfológicas, son de tamaño pequeño y raíces no invasivas. Para este sitio, especies como *D. erecta*, *L. camara* y *C. donnell-smithii* con las más indicadas.
- La PB de San Rafael de Heredia es la zona de este cantón donde menos se han realizado campañas de arborización, por lo que es necesario centrar esfuerzos en este sitio si se desean mejorar las condiciones para las aves. En este aspecto, los lineamientos que deben ser considerados en los planes de arborización de las zonas verdes públicas de la parte baja de San Rafael de Heredia deben estar alineados con las necesidades de la comunidad de aves del cantón, tomando en cuenta las especies existentes en el sitio y sus hábitos alimentarios como recurso limitante. Asimismo, es fundamental integrar a la comunidad y a la municipalidad en estos proyectos de arborización, para fomentar buenos resultados a largo plazo.

## 6. Recomendaciones

- Realizar un mayor esfuerzo de muestreo para determinar la biodiversidad de aves de San Rafael de Heredia. Las poblaciones de aves responden a factores climáticos, por lo que su presencia en el cantón muchas veces suele ser estacional, por esto es necesario ejecutar como mínimo un año de muestreos, tomando en cuenta también muestreos nocturnos. Como se pudo verificar en este trabajo, según la desviación estándar de las muestras de aves y los índices de Chao, Bootstrap, Jackknife, aún faltan especies de ser observadas en el lugar, por lo que se debe realizar un mejor monitoreo de la avifauna del cantón.
- Para futuros estudios, es importante tomar en cuenta la percepción de la comunidad hacia las aves, zonas verdes públicas y los planes de arborización. La concepción de los

parques y plazas es primordialmente antropogénica, por lo que es fundamental conocer qué piensa la población acerca de los programas de arborización. De estos datos se podrían escoger árboles y arbustos que no solo brinden recursos para las aves, sino que también sean atractivos para los ciudadanos, lo cual ayudaría a fomentar un mayor grado de participación en el proyecto.

- A fin de realizar una conservación más amplia para las aves de San Rafael de Heredia, se deben integrar en el estudio los jardines, aceras, charrales y bosques ribereños del cantón. Igualmente, se debe determinar su composición arbórea o arbustiva y establecer qué esfuerzos de arborización deben ser realizados en estos.

## 7. Bibliografía

- Acosta, L., Hechevarría, I., Rodríguez, C., Rivera, M., Milanés, M., Sonalo, S. y Ramos, R. (2013). Explotación de *Malvaviscus arboreus* Cav. con fines medicinales. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 18 (3): 461-468.
- Acosta-Hernández, C. (2014). Especies recomendadas para la arborización urbana de Montería, Colombia. *Revista nodo*, 16 (8): 109-117.
- Acosta, V. (2013). Pérdida de hábitats y biodiversidad desvanecida en la ciudad de Heredia (Costa Rica). *Ambientico*, 232-233, 64-74.
- Alcaldía Mayo de Bogotá. (2010). *Arbolado urbano de Bogotá: Identificación, descripción y bases para su manejo*. Bogotá, Colombia: Scripto Gómez y Rosales Asociados Compañía LTDA.
- Alfaro, G. (2014). Descubierta el posible significado del nombre en lengua güetar del ave nacional de Costa Rica: “Yigüirro” / “tigüirro” / “chigüirro”. *Zeledonia*, 18 (2), 70-75.
- Alvarado, A., Guajardo, F. y Devia, S. (2014). *Manual de plantación de árboles en áreas urbanas*. Santiago, Chile: Maval Ltda.

- Alvarado, G. y Bolaños, S. Avifauna de El Rodeo, Mora, San José, Costa Rica. *BRENESIA*, 77, 203-228.
- Andreu, M., Friedman, M., McKenzie, M., Quintana, H. y Northrop. R. (2016). *Duranta erecta*, *Golden Dewdrop*. Estados Unidos: University of Florida. Recuperado de <https://edis.ifas.ufl.edu/pdf/files/FR/FR32700.pdf>
- Arias, J. (2013). Arborización urbana y ordenamiento territorial en la ciudad de San José: fallos y necesidades. *Ambientico*, 232-233, 20-25.
- Aves Argentinas. (2013). *Las aves hacen mucho por vos*. Argentina: Asociación Ornitológica de la Plata. Recuperado de [http://www.avesargentinas.org.ar/files/1286-Las\\_aves\\_hacen\\_mucho\\_por\\_vos.pdf](http://www.avesargentinas.org.ar/files/1286-Las_aves_hacen_mucho_por_vos.pdf).
- Barquero-Salgado, D., Ramírez-Arce, D., Araya-Vargas, A. y Villalobos, M. (2014). Efectos inhibidores de crecimiento producidos por el ciprés, *Cupressus lusitánica* (Cupressaceae), en el Bosque de La Hoja, Heredia, Costa Rica. *Cuadernos de investigación UNED*, 6 (1), 35-42.
- Bally, I. (2006). *Mangifera indica* (mango). Estados Unidos: Species Profiles for Pacific Island Agroforestry. Recuperado de <http://www.vegetableipmasia.org/uploads/files/20140923/files/Mangifera-mango.pdf>
- Berget, C. (2006). Efecto del tamaño y de la cobertura vegetal de parques urbanos en la riqueza y diversidad de la avifauna de Bogotá, Colombia. *Gestión y Ambiente*, 9 (2), 45-60.
- Bibby, C., Burgess, N., Hill, D. y Mustoe, S. (2000). *Bird Census Techniques*. Londres, Inglaterra: Academic Press.
- Bonilla, S. (2008). *Aprovechamiento de la paloma alas blancas (Zenaida asiática) en el norte de México*. (Tesis de Bachillerato). Universidad Autónoma de Agraria Antonio Narro, Coahuila, México.
- Borrero, J. (1945). Aves migratorias en los parques y jardines de Bogotá. *Caldasia*, 3 (14): 415-418.



- Botanical-online. (2015). *Tallos Herbáceas*. España: Botanical-online. Recuperado de <http://www.botanical-online.com/tigestipuscastella.htm>
- Bouroncle, C. (2008). *Efectos de la fragmentación en la ecología reproductiva de especies y grupos funcionales del bosque húmedo tropical de la zona atlántica de Costa Rica*. (Tesis de Maestría). CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Bueno, R. y Jiménez-Peydró, R. (2011). Differences in mosquito (Diptera: Culicidae) biodiversity across varying climates and land-use categories in Eastern Spain. *Entomologica Fennica*, 20, 190-198.
- Cabi. (2015). *Lantana camara*. Estados Unidos: CABI. Recuperado de <http://www.cabi.org/isc/datasheet/29771>.
- Carman, E. (2011). *Lantana o Cinco Negritos (Lantana camara)*. Costa Rica, Union de Ornitólogos de Costa Rica. Recuperado de <http://uniondeornitologos.com/wp-content/upload/2011/09/Lantana-o-Cinco-Negritos.pdf>
- Castillo, D. (2012). *En dos años, proyecto de rearboreización de La Sabana siembra 771 árboles y recupera 20 especies de pájaros*. Costa Rica: CRhoy.com. Recuperado de <http://www.crhoy.com/en-dos-anos-proyecto-de-rearboreizacion-de-la-sabana-siembra-771-arboles-y-recupera-20-especies-de-pajaros/>.
- Chao, A. (1984). Nonparametric estimation of the number of classes in a population. *Scandinavian Journal of Statistics*, 11, 256-270.
- Cobo, W. (1997). Participación pública en la arborización Urbana. *Áreas Verdes Urbanas en Latinoamérica y el Caribe*, 109 -138.
- Collar, N., Boesman, P. y Sharpe, C. (2018). Crimson-fronted Parakeet (*Psittacara finschi*). In: del Hoyo, J., Elliott, A., Sargatal, J., Christie, D.A. y de Juana, E. (eds.). Handbook of the Birds of the World Alive. España: Lynx Edicions. Recuperado de <https://www.hbw.com/node/54640> on 23 March 2018).
- CONABIO. (2017). *Bursera simaruba*. México: CONABIO. Recuperado de [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/arboles/doctos/17-burse2m.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/17-burse2m.pdf)

- CONABIO. (2017). *Byrsonima crassifolia*. México: CONABIO. Recuperado de [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/arboles/doctos/35-malpi1m.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/35-malpi1m.pdf)
- CONABIO. (2017). *Casuarina equisetifolia*. México: CONABIO. Recuperado de <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/897Casuarina%20equisetifolia.pdf>
- CONABIO. (2017). *Delonix regia*. México: CONABIO. Recuperado de <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/913Delonix%20regia%20.pdf>
- CONABIO. (2017). *Fraxinus uhdei*. México: CONABIO. Recuperado de [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/arboles/doctos/53-oleac1m.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/53-oleac1m.pdf).
- CONABIO. (2017). *Muntingia calabura*. México: CONABIO. Recuperado de [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/arboles/doctos/32-elaeo1m.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/32-elaeo1m.pdf)
- CONABIO. (2017). *Ochroma pyramidale*. México: CONABIO. Recuperado de [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/arboles/doctos/15-bomba6m.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/15-bomba6m.pdf)
- CONABIO. (2017). *Tabebuia rosea*. México: CONABIO. Recuperado de [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/arboles/doctos/11-bigno7m.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/11-bigno7m.pdf)
- CONABIO. (2017). *Tecoma stans*. México: CONABIO. Recuperado de [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/arboles/doctos/12-bigno8m.PDF](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/12-bigno8m.PDF)
- CONABIO. (2017). *Trema micrantha*. México: CONABIO. Recuperado de [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/arboles/doctos/69-ulmac2m.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/69-ulmac2m.pdf)
- CONABIO. (2017). *Spondias purpurea*. México: CONABIO. Recuperado de [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/arboles/doctos/4-anaca6.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/4-anaca6.pdf)
- CONAFOR. (2017). *Tectona grandis*. México: CONABIO. Recuperado de <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/1012Tectona%20grandis.pdf>
- Condict, R., Pérez, R. y Daguerre, N. (2011). *Trees of Panama and Costa Rica*. Nueva Jersey, Estados Unidos: Princeton University Press.

- Cordero, J. y Boshier, D. (2003). *Árboles de Centroamérica: un Manual para Extensionistas (Trees of Central America: a Manual for Extensionists)*. Cartago, Costa Rica: Editorial OFI-CATIE.
- Corporación Nacional Forestal. (2014). *Arborización*. Chile: CONAF y Ministerio de Agricultura. Recuperado de <http://www.conaf.cl/nuestros-bosques/arborizacion/>.
- Conejero, A. y Sallent, E. (2011). *Estudio del ecosistema urbano de San José: Protocolo de monitoreo de aves y naturalización del Parque La Sabana*. Proyecto Final de la Carrera Ciencias Ambientales.
- Cueto, V. (1996). *Relación entre los ensambles de aves y la estructura de la vegetación: Un análisis a tres escalas espaciales*. (Tesis de Doctorado). Universidad de Buenos Aires, Argentina.
- DAGMA. (2009). *Manual de Arborización. Guía práctica para la selección, siembra, cuidado y protección de árboles y palmas para zonas blandas y parques de Santiago de Cali*. Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente (DAGMA), Santiago de Cali, Colombia.
- Díaz, I. y Armesto, J. (2003). La conservación de las aves silvestres en ambientes urbanos de Santiago. *Revista Ambiente y Desarrollo de CIPMA*, 19 (2), 31-38.
- Efron, B. (1979). Bootstrap Methods: Another Look at the Jackknife. *The Annals of Statistics*, 7 (1), 1-26.
- Elizondo, P. y Ramírez-Alan, O. (2010). Relación forestal, dinámica y diversidad de las poblaciones de las aves del Valle Central, Costa Rica. *Mesoamericana*, 14 (2), 76.
- EcuRed. (2018). *Refugio Nacional de Vida Silvestre Cerro Dantas*. Costa Rica: EcuRed. Recuperado de [https://www.ecured.cu/Refugio\\_Nacional\\_de\\_Vida\\_Silvestre\\_Cerro\\_Dantas](https://www.ecured.cu/Refugio_Nacional_de_Vida_Silvestre_Cerro_Dantas).
- EIA. (2017). *Catálogo de la EIA*. Colombia: EIA. Recuperado de <http://catalogofloravalleaburra.eia.edu.co/familias/31/especies/122>.

- EIA. (2017). *Catálogo de la EIA*. Colombia: EIA. Recuperado de <http://catalogofloravalleaburra.eia.edu.co/familias/55/especies/48>).
- Estrada, A. y Sánchez, J. (2012). *Árboles y arbustos de importancia para las aves del Valle Central de Costa Rica*. Heredia, Costa Rica: Editorial INBio.
- Estrada, A. (2013). Importancia de los diferentes tipos de cobertura arbórea para la recuperación de la biodiversidad en ambientes urbanos. *Ambientico*, 232-233, 13-19.
- Fadigas, L. (2009). La estructura verde en el proceso de planificación urbana. *Ciudades*, 12, 33-47.
- Floridata. (2015). *Floridata Plant Encyclopedia, Hamelia patens*. Estados Unidos: Floridata. Recuperado de <http://www.floridata.com/Plants/Rubiaceae/Hamelia+patens/174>
- FONAFIFO. (2003). *Manual para productores de teca (Tectona grandis L. f) en Costa Rica*. Costa Rica: FONAFIFO. Recuperado de [http://www.fonafifo.go.cr/documentacion/biblioteca/decretos\\_manuales/MANUAL%20PROD%20TECA.pdf](http://www.fonafifo.go.cr/documentacion/biblioteca/decretos_manuales/MANUAL%20PROD%20TECA.pdf)
- Francis, John K. (1990). *African tulip tree*. Los Angeles, Estados Unidos: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station.
- Garrigues, R. y Dean, R. (2007). *The Birds of Costa Rica*. Nueva York, Estados Unidos: A Zona Tropical Publication.
- Garrigues, R., Araya-Salas, M., Camacho-Varela, P., Montoya, M., Obando-Calderón, G. y Ramírez-Alán, O. (2016). Lista Oficial de las Aves de Costa Rica – Actualización 2016. Comité de Especies Raras y Registros Ornitológicos de Costa Rica (Comité Científico), Asociación Ornitológica de Costa Rica. *Zeledonia* 20 (2),3-12.
- Gilman, E. (2014). *University of Florida IFAS Extension, Brunfelsia grandiflora Yesterday, Today, and Tomorrow*. Estados Unidos: University of Florida. Recuperado de <http://edis.ifas.ufl.edu/fp077>

- Global Invasive Species Database. (2017). *Species profile: Ardisia elliptica*. Suiza, IUCN. Recuperado de <http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=52> on 24-07-2017
- González, J., Bonache, C., Buzo, D., Díaz, A. y Hernández, L. (2007). Caracterización ecológica de la avifauna de los parques urbanos de la ciudad de Puebla (México). *Ardeola*, 54(1), 53-67.
- González, O. (2011). *Manual de Plantas de Costa Rica. Fuchsia paniculata*. Costa Rica: InBio. Recuperado de <http://www.crbio.cr:8080/neoportal-web/species/Fuchsia%20paniculata>.
- Hobbie, S., Baker, L., Buyarski, C., Nidzgorski, D. y Finlay, J. (2013). Decomposition of tree leaf litter on pavement: implications for urban water quality. *Urban Ecosystems*, 17 (2), 369-385.
- INBio. (2008). *Estudio Técnico de Rearborización del Parque Metropolitano La Sabana*. (Informe técnico). Costa Rica: Unidad de Consultorías y Capacitación INBio.
- INEC. (2013). *Programa Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible (Costa Rica). Indicadores Cantonales*. PEN- INEC, San José, Costa Rica.
- 196 p. : il. 28 cm.
- Jaccard, P. (1908). Nouvelles recherches sur la distribution florale. *Bull. Soc. Vaudoise Sci. Nat.*, 44, 223-270.
- Jardineros en acción. (2012). *Citrus limon*. España: Jardineros en acción. Recuperado de [http://www.jardinerosenaccion.es/planta.php?id\\_pla=391](http://www.jardinerosenaccion.es/planta.php?id_pla=391)
- Jardineros en acción. (2012). *Dyopsis lutescens*. España: Jardineros en acción. Recuperado de [http://www.jardinerosenaccion.es/planta.php?id\\_pla=136](http://www.jardinerosenaccion.es/planta.php?id_pla=136)
- Jardineros en acción. (2012). *Eucalyptus globolus*. España: Jardineros en acción. Recuperado de [http://www.jardinerosenaccion.es/planta.php?id\\_pla=146](http://www.jardinerosenaccion.es/planta.php?id_pla=146)
- Jardineros en acción. (2012). *Ficus benjamina*. España: Jardineros en acción. Recuperado de [http://www.jardinerosenaccion.es/planta.php?id\\_pla=574](http://www.jardinerosenaccion.es/planta.php?id_pla=574)

- Jardineros en acción. (2012). *Sambucus nigra*. España: Jardineros en acción. Recuperado de [http://www.jardinerosenaccion.es/planta.php?id\\_pla=329](http://www.jardinerosenaccion.es/planta.php?id_pla=329)
- Jiménez, Q. (2013). Arbolado urbano: beneficios, desaciertos y realidad en la Gran Área Metropolitana. *Ambientico*, 232-233, 4-12.
- Krolikowski, S. (2003). La silvicultura sostenible urbana y comunitaria: ¿Qué es? (p 9-12) (sin lugar ni editorial).
- Magurran, A. (2004). *Measuring biological diversity*. Oxford, Estados Unidos: Blackwell Science.
- Mahecha, G., Sanchez, F., Chaparro, J. Cadena, H., Tovar, G. Villota, L, Morales, G., Castro, J., Bocanegra, F. y Quintero, M. (2010). *Arbolado urbano de Bogotá. Identificación, descripción y bases para su manejo*. Bogotá, Colombia: Scripto Gómez y Rosales Asociados Compañía LTDA.
- Marcos, A. (2014). Las aves y su adaptación a la ciudad, hablan los investigadores. España: SEO Birdlife. Recuperado de <https://www.seo.org/2014/12/10/las-aves-y-su-adaptacion-a-la-ciudad-hablan-los-investigadores/>.
- Marín, O. (2005). Avifauna del campus de la Universidad del Quindío. *Boletín SAO*, 15 (2), 42-60.
- Martínez O. & Rechberger, J. (2007). Características de la avifauna en un gradiente altitudinal de un bosque nublado andino en La Paz, Bolivia. *Rev. Peru. Biol.*, 14(2), 225-236.
- McCain, C. M. (2009). Global analysis of bird elevational diversity. *Global Ecology and Biogeography*, 18, 346-360.
- McCain, C. M., & Grytnes, J. A. (2010). Elevational gradients in species richness *Encyclopedia of Life Sciences*. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd.
- Mena, C., Ormazábal, Y., Morales, Y., Santelices, R. & Gajardo, J. (2011). Índices de área verde y cobertura vegetal para la ciudad de Parral (Chile), mediante fotointerpretación y SIG. *Ciencia Florestal, Santa Maria*, 21, (3), 521-531.

- Miranda, F. (2002). *Reformas económicas, medio ambiente y urbanismo*. Naciones Unidas, Comisión Económica para América Latina y el Caribe CEPAL.
- Missouri Botanical Garden, Tropicos.org. (2017). *Flora de Nicaragua, Vernonia patens*. Estados Unidos: Missouri Botanical Garden. Recuperado de <http://www.tropicos.org/Name/2701555>
- Missouri Botanical Garden. (2017). *Sambucus canadensis* Estados Unidos: Missouri Botanical Garden. Recuperado de <http://www.missouribotanicalgarden.org/PlantFinder/PlantFinderDetails.aspx?kempercode=f47>).
- Molina, L. (2011). Conservación de especies y sustentabilidad urbana. *Alarife*, 22, 46 – 61.
- Morales, J. (2011). *Allamanda cathartica*. Costa Rica: InBio. Recuperado de <http://www.crbio.cr:8080/neoportal-web/species/Allamanda%20cathartica>
- Morales-Rozo, A. y Pachón, Y. (2014). Avifauna en diferentes hábitats de la cuenca del río Fúquene (Cundinamarca), Colombia. *Biota Colombiana*, 15, (1), 161-173.
- Moreno, S., Rodríguez, P., Hernández, A., Pacheco, R., Rodríguez, T., Calderón, J. y Rojas, E. (2008). *Plan Local de Arborización Urbana*. Localidad de Usme. (Informe Técnico). Alcaldía Mayor de Bogotá, Colombia.
- Muñoz, M., Fierro-Calderón, K. y Rivera-Gutierrez, H. (2007). Las aves del Campus de la Universidad del Valle, una isla verde urbana en Cali, Colombia. *Ornitología Colombiana*, 5, 5-20.
- Museo Nacional de Costa Rica. (2013). *Portal Nacional de Biodiversidad Costarricense, Ecobiosis. Ficha especie: Acnistus arborescens (L.) Schltdl.* Costa Rica: Museo Nacional de Costa Rica. Recuperado el <http://ecobiosis.museocostarica.go.cr/especies/ficha/1/12200>
- Neotropical Birds Online. (2018). *Sooty-capped Chlorospingus (Chlorospingus pileatushttps)*. Estados Unidos: The Cornell Lab of Ornithology. Recuperado de <https://neotropical.birds.cornell.edu/Species-Account/nb/species/scbtan1>.

- Obando-Calderón, G., Vásquez-Obando, D., Chaves-Campos, J., Garrigues, R. y Ramírez-Alán, O. (2014). Proyecto Puntos de Conteo de Aves Residentes de Costa Rica Monitoreo Nacional de Aves Residentes 2012-2013. *Zeledonia*, 18 (1), 54-78.
- Ocampo-Peñuela, N. (2010). El fenómeno de la migración en aves: una mirada desde la Orinoquia. *Orinoquia* 14(2):188-200.
- Ortega-Álvarez, R., Sánchez-González, R., Berlanga, H. Rodríguez-Cárdenas, V. y Vargas, V. (2012). *Manual para monitores comunitarios de aves. Iniciativa de monitoreo de aves en áreas bajo influencia de actividades productivas promovidas por el cbm-m*. Mexico DF, Mexico: CONABIO, NABCI-México, CBM-M y CONANP.
- Ortiz, E y Soto, C. (2008). *Atlas Digital de Costa Rica*. Cartago, Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal.
- Osorio-Olarte, J. (2012). Aves migratorias neotropicales en parques y jardines de Bogotá: 1945 – 2005. *Revista nodo* 12 (6): 67-82.
- Parrotta, John. (1993). *Casuarina equisetifolia L. ex J.R. y G. Forst. Casuarina, Australian Pine*. New Orleans, Estados Unidos: Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station.
- Pielou, E. (1969). *An Introduction to Mathematical Ecology*. Nueva Jersey, Estados Unidos: Wiley-Interscience John Wiley y Sons.
- Queensland Government (2016). *Weeds of Australia- Biosecurity Queensland Edition Fact Sheet Duranta erecta*. Australia: Queensland Government. Recuperado de [https://keyserver.lucidcentral.org/weeds/data/media/Html/duranta\\_erecta.pdf](https://keyserver.lucidcentral.org/weeds/data/media/Html/duranta_erecta.pdf)
- Quenouille, M. (1956). Notes on bias in estimation. *Biometrika*, 43, 353–360.
- Quesada, A. (2018). *Orquídeas: Un destello de formas, colores y aromas*. Costa Rica: Museo Nacional de Costa Rica. Recuperado de [http://www.museocostarica.go.cr/es\\_cr/tema-del-mes/la-floraci-n-de-orqu-deas.html?Itemid=59](http://www.museocostarica.go.cr/es_cr/tema-del-mes/la-floraci-n-de-orqu-deas.html?Itemid=59)
- Ralph, C., Geupel, G., Pyle, P., Martin, T., DeSante, D., Milá, B. (1996). *Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres*. Estación de Investigación del Pacífico



- Suroeste, Servicio Forestal de los Estados Unidos y Departamento de Agricultura, Albany, California.
- Ramírez-Albores, J. (2008). Comunidad de aves de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza campus II, UNAM, Ciudad de México. *Huitzil*, 9, 39-42.
- Rodríguez, A. (2005). *Biodiversidad de Costa Rica Vernonia patens*. Costa Rica: CRBio. Recuperado de <http://www.crbio.cr:8080/neoportal-web/species/Vernonia%20patens>
- Rojas-Rodríguez, F. (2006). Árboles que curan: indio desnudo. *Revista Mesoamericana Kurú*, 3 (9): 1-4.
- Rojas-Rodríguez, F. y Torres-Córdoba, G. (2013). Árboles del Valle Central de Costa Rica: reproducción Indio Desnudo. *Revista Mesoamericana Kurú*, 8 (20): 32-33.
- Rojas-Rodríguez, F. y Torres-Córdoba, G. (2013). Árboles del Valle Central de Costa Rica: reproducción Casuarina (*Casuarina equisetifolia* L.). *Revista Mesoamericana Kurú*, 10 (25): 32-33.
- Rojas-Rodríguez, F. y Torres-Córdoba, G. (2012). Árboles del Valle Central de Costa Rica: reproducción Güitite (*Acnistus arborescens*). *Revista Forestal Mesoamericana Kurú (Costa Rica)*, 9 (22), 68-69.
- Rojas-Rodríguez, F. y Torres-Córdoba, G. (2009). Árboles del Valle Central de Costa Rica: reproducción Hoja de Sen. *Revista Mesoamericana Kurú*, 6 (17), 1-3.
- Rojas-Rodríguez, F. y Torres-Córdoba, G. (2012). Árboles del Valle Central de Costa Rica: reproducción Dama (*Citharexylum donnell-smithii* Greenm). *Revista Forestal Mesoamericana Kurú (Costa Rica)*, 13 (33), 50-52.
- Sánchez, A., Foley, A., Hamilton, S., Calvo, J., Arroyo, P. Jiménez, V. (2002). *Estudio de cobertura forestal de Costa Rica con imágenes landsat tm 7 para el año 2000*. EOSL y CCT, San José, Costa Rica.
- Sánchez, G. (2013). Plan de Arborización Urbana: experiencia exitosa dentro de la gestión ambiental municipal. *Ambientico*, 232-233, 34-39.

- Sánchez, G. y Artavia, R. (2013). Inventario de la foresta en San José: Gestión Ambiental Urbana. *Ambientico*, 232-233, 26-33.
- Sánchez, Y. y Víquez, M. (2016). *Mundo Forestal, Álbum de árboles de Costa Rica*. Costa Rica: Mundo Forestal. Recupera de <http://www.elmundoforestal.com/album/index21.html>
- Sánchez, J. (2012). *Lagerstroemia indica*. España: Árboles Ornamentales. Recuperado de <https://www.arbolesornamentales.es/Lagerstroemia%20indica.pdf>
- Sánchez, J. *Terminalia catappa*. España: Arboles Ornamentales. Recuperado de <http://www.arbolesornamentales.es/Terminalia%20catappa.pdf>
- Santos, T. y Telleria, J. (2006). Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. *Ecosistemas*, 2, 3-12.
- Sanz, M., Dana, E. y Sobrino, E. (2001). Aproximación al listado de plantas alóctonas invasoras reales y potenciales en España. *LAZAROA*, 22, 121-131.
- Sembrando Esperanza. (2012). *Proyecto de arborización urbana: Adopta un árbol*. Ecuador: Sembrando Esperanza. Recuperado de <http://www.fsembrandoesperanza.org/es/index.php/proyectos/proyecto-de-arborizacion-urbana-adopta-un-arbol>
- Shannon, C. y Weaver, W. (1949). *The Mathematical Theory of Communication*. Illinois, Estados Unidos, University Illinois Press.
- Sierra, M. (2012). *Ciudad y fauna urbana. Un estudio de caso orientado al reconocimiento de la relación hombre, fauna y hábitat urbano en Medellín*. Tesis inédita de Maestría. Universidad nacional de Colombia, Medellín, Colombia.
- Silva, J. (2006). *Manual de manejo de áreas verdes para proyectos concesionados*. Práctica profesional supervisada. Universidad Católica, Santiago, Chile.
- Sierra, I. & Ramírez-Silva, J. (2010). Los parques como elementos de sustentabilidad de las ciudades. *Revista Fuente Año 2*, 5, 6-14.
- Simpson, E. (1949). Measurement of Diversity. *Nature*, 163, 688.

- Sorensen, T. (1948). A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociobiology based on similarity of species content and its application to analyses of vegetation in Danish commons. *Kdan Vidensk Selsk Biol. Skr*, 5, 1-40.
- Stiles, F. (1990). La avifauna de la Universidad de Costa Rica y sus alrededores a través de veinte años (1968-1989). *Revista de Biología Tropical*, 38 (2B), 361-381.
- Stiles, F. y Skutch, A. (2007). *Guía de Aves de Costa Rica*. Santo Domingo de Heredia Costa Rica, INBio.
- Tukey, J. (1958). Bias and confidence in not quite large samples (abstract). *Annals of Mathematical Statistics*, 29, 614.
- UEIA. (2014). *Catálogo virtual de flora del Valle de Aburrá. Eugenia uniflora*. España: UEIA. Recuperado de <https://catalogofloravalleaburra.eia.edu.co/familias/73/especies/231>
- UEIA. (2014). *Catálogo virtual de flora del Valle de Aburrá. Hamelia patens*. España: UEIA. Recuperado de <http://catalogofloravalleaburra.eia.edu.co/familias/11/especies/229>
- UEIA. (2014). *Catálogo virtual de flora del Valle de Aburrá. Lagerstroemia indica*. España: UEIA. Recuperado de <https://catalogofloravalleaburra.eia.edu.co/familias/64/especies/158>
- UEIA. (2014). *Catálogo virtual de flora del Valle de Aburrá. Lagerstroemia speciosa*. España: UEIA. Recuperado de <https://catalogofloravalleaburra.eia.edu.co/familias/64/especies/158>
- UEIA. (2014). *Catálogo virtual de flora del Valle de Aburrá. Megaskepasma erythrochlamys*. España: UEIA. Recuperado de <https://catalogofloravalleaburra.eia.edu.co/familias/113/especies/327>
- UICN. (2016). *Especies para la restauración. Citharexylum donnell-smithii Greenm*. Suiza: UICN. Recuperado de [http://www.especiesrestauracion-uicn.org/data\\_especie.php?sp\\_name=Citharexylum%20donnell-smithii](http://www.especiesrestauracion-uicn.org/data_especie.php?sp_name=Citharexylum%20donnell-smithii)

- UICN. (2016). *Especies para la restauración. Diphysa americana* (Mill.) M. Sousa. Suiza: UICN. Recuperado de [http://www.especiesrestauracion-uicn.org/data\\_especie.php?sp\\_name= Diphysa%20americana](http://www.especiesrestauracion-uicn.org/data_especie.php?sp_name=Diphysa%20americana)
- UICN. (2016). *Especies para la restauración. Erythrina fusca* Lour. Suiza: UICN. Recuperado de [http://www.especiesrestauracion-icn.org/data\\_especie.php?sp\\_name=Erythrina%20fusca](http://www.especiesrestauracion-icn.org/data_especie.php?sp_name=Erythrina%20fusca)
- UICN. (2016). *Especies para la restauración. Muntingia calabura*. Suiza: UICN. Recuperado de [http://www.especiesrestauracion-uicn.org/data\\_especie.php?sp\\_name=Muntingia%20calabura](http://www.especiesrestauracion-uicn.org/data_especie.php?sp_name=Muntingia%20calabura)
- UICN. (2016). *Especies para la restauración. Tabebuia rosea* (Bertol.) DC. Suiza: UICN. Recuperado de [http://www.especiesrestauracion-uicn.org/data\\_especie.php?sp\\_name= Tabebuia%20rosea](http://www.especiesrestauracion-uicn.org/data_especie.php?sp_name=Tabebuia%20rosea)
- Valverde, J. Calatayud, J. Gómez, J. y Perfectti F. (2014). Variación intraestacional en los visitantes florales de *Erysimum mediohispanicum* en Sierra Nevada. *Ecosistemas*, 23(3), 83-92.
- Valle, D. (2013). Repoblamiento del bosque urbano en el cantón de San Jose. *Ambientico*, 232-233, 40-45.
- Vélez, L. (2009). Del parque urbano al parque sostenible. Bases conceptuales y analíticas para la evaluación de la sustentabilidad de parques urbanos. *Revista de Geografía Norte Grande*, 43, 31-49.
- Vélez-Restrepo, L. y Herrera-Villa, M. (2015). Jardines Ornamentales Urbanos Contemporáneos: Transnacionalización, Paisajismo y Biodiversidad. Un Estudio Exploratorio en Medellín, Colombia. *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín*, 68 (1), 7557-7568.
- Vicente, C. (2015). *Longevidad Vegetal*. España: Biocuriosidades. Recuperado de <http://candidoweb-biocuriosidades.blogspot.com/2011/07/longevidad-vegetal.html>

Vibrans, H. (2010). *Malezas de México, Ficha – Duranta erecta*. Recuperado de <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/verbenaceae/duranta-erecta/fichas/ficha.htm>

Wissink, M. (1980). Hummingbird Foraging Behavior at *Malvaviscus arboreus* Var. *Drummondii*. *The Auk*, 97 (4): 790-794.

Zuchowski, W. (2007). *Tropical Plants of Costa Rica*. Nueva York, Estados Unidos, A Zona Tropical Publications.

## 8. Anexos

**Anexo 1.** Listado total de las especies de aves encontradas en el cantón de San Rafael de Heredia con sus respectivas cantidades de observaciones.

Orden	Familia	Especie	Cantidad de observaciones	Promedio de las observaciones	Residente/ Migratorio /Errante	Gremio trófico
<b>Accipitriformes</b>	Accipitridae	<i>Buteo brachyurus</i>	1	0.08±0.29	R	Carnívoro
		<i>Buteo jamaicensis</i>	2	0.17±0.39	R	Carnívoro
		<i>Buteo platypterus</i>	10	1±1.04	M	Carnívoro
		<i>Elanus leucurus</i>	7	0.58±0.67	R	Carnívoro
<b>Apodiformes</b>	Trochilidae	<i>Amazilia tzacatl</i>	33	2.75±2.45	R	Nectarívoro
		<i>Campylopterus hemileucurus</i>	1	0.08±0.29	R	Nectarívoro
		<i>Colibri thalassinus</i>	1	0.08±0.29	R	Nectarívoro
		<i>Eugenes spectabilis</i>	1	0.08±0.29	R	Nectarívoro
		<i>Heliodoxa jacula</i>	2	0.17±0.39	R	Nectarívoro
		<i>Phaethornis guy</i>	3	0.25±0.62	R	Nectarívoro
		Apodidae	<i>Streptoprocne zonaris</i>	1	0.08±0.29	R
	<b>Caprimulgiformes</b>	Caprimulgidae	<i>Nyctidromus albicollis</i>	3	0.25±0.62	R
<b>Cathartiformes</b>	Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	63	5.25±3.41	R	Carnívoro
		<i>Coragyps atratus</i>	37	3.08±2.29	R	Carnívoro
<b>Columbiformes</b>	Columbidae	<i>Columba livia</i>	83	6.9±25.79	R	Granívoro
		<i>Columbina inca</i>	12	1±1.04	R	Granívoro
		<i>Columbina passerina</i>	9	0.75±1.54	R	Granívoro
		<i>Columbina talpacoti</i>	4	0.33±0.65	R	Granívoro

		<i>Leptotila verreauxi</i>	2	0.17±0.58	R	Granívoro	
		<i>Patagioenas flavirostris</i>	72	6±4.61	R	Granívoro	
		<i>Zenaida asiatica</i>	233	19.42 ±4.25	R	Granívoro	
<b>Coraciiformes</b>	Momotidae	<i>Momotus lessonii</i>	15	1.25±1.14	R	Generalista	
<b>Cuculiformes</b>	Cuculidae	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	5	0.42±0.79	R	Frugívoro/ Insectívoro	
		<i>Piaya cayana</i>	4	0.33±0.62	R	Insectívoro	
<b>Falconiformes</b>	Falconidae	<i>Caracara cheriway</i>	1	0.08±0.29	R	Carnívoro	
<b>Galliformes</b>	Cracidae	<i>Chamaepetes unicolor</i>	3	0.25±0.62	R	Frugívoro	
<b>Passeriformes</b>	Cardinalidae	<i>Pheucticus ludovicianus</i>	2	0.17±0.58	M	Granívoro	
		<i>Piranga bidentata</i>	4	0.33±0.65	R	Frugívoro/ Insectívoro	
		<i>Piranga rubra</i>	5	0.42±0.67	M	Frugívoro/ Insectívoro	
		<i>Saltator atriceps</i>	1	0.08±0.29	R	Frugívoro/ Insectívoro	
		<i>Saltator coerulescens</i>	4	0.33±0.49	R	Frugívoro/ Insectívoro	
	Corvidae	<i>Saltator maximus</i>	2	0.17±0.58	R	Frugívoro/ Insectívoro	
		<i>Calocitta formosa</i>	3	0.25±0.87	R	Generalista	
			<i>Psilorhinus morio</i>	132	11±7.48	R	Generalista
	Emberizidae	<i>Pezopetes capitalis</i>	2	0.17±0.58	R	Granívoro/ Insectívoro	
		<i>Pselliophorus tibialis</i>	3	0.25±0.62	R	Generalista	
		<i>Tiaris olivaceus</i>	7	0.58±1.51	R	Granívoro/ Insectívoro	
		<i>Zonotrichia capensis</i>	195	16.25 ±5.01	R	Granívoro/ Insectívoro	
		<i>Euphonia affinis</i>	1	0.08±0.29	R	Frugívoro/ Insectívoro	
	Fringillidae	<i>Euphonia elegantissima</i>	2	0.17±0.58	R	Frugívoro/ Insectívoro	
		<i>Euphonia hirundinacea</i>	2	0.17±0.58	R	Frugívoro/ Insectívoro	
		<i>Lepidocolaptes affinis</i>	3	0.25±0.62	R	Insectívoro	
	Hirundinidae	<i>Hirundo rustica</i>	10	0.83±2.89	R	Insectívoro	
		<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	151	12.58 ±9.78	R	Insectívoro	
		<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	6	0.50±1.73	R	Insectívoro	
		<i>Tachycineta albilinea</i>	5	0.42±1.16	R	Insectívoro	
Icteridae	<i>Dives dives</i>	8	0.08±0.29	R	Nectarívoro/ Granívoro		
	<i>Icterus galbula</i>	19	0.08±0.29	M	Nectarívoro/ Frugívoro		

	<i>Molothrus aeneus</i>	4	0.33±0.49	R	Granívoro/ Insectívoro	
	<i>Quiscalus mexicanus</i>	104	8.67±3.14	R	Generalista	
Parulidae	<i>Basileuterus rufifrons</i>	3	0.25±0.62	R	Frugívoro/ Insectívoro	
	<i>Cardellina pusilla</i>	7	0.58±1	M	Frugívoro/ Insectívoro	
	<i>Mniotilta varia</i>	2	0.17±0.58	M	Frugívoro/ Insectívoro	
	<i>Myioborus torquatus</i>	7	0.58±0.79	R	Insectívoro	
	<i>Oreothlypis peregrina</i>	14	1.17±1.47	M	Frugívoro/ Insectívoro	
	<i>Protonotaria citrea</i>	1	0.08±0.29	M	Frugívoro	
	<i>Setophaga pensylvanica</i>	7	0.58±1	M	Insectívoro	
	<i>Setophaga petechia</i>	26	3.33±3.14	M	Insectívoro	
	<i>Setophaga pinus</i>	1	0.08±0.29	E	Insectívoro	
	<i>Setophaga townsendi</i>	8	0.67±0.78	M	Insectívoro	
	<i>Setophaga virens</i>	1	0.08±0.29	M	Insectívoro	
	Passerellidae	<i>Chlorospingus flavopectus</i>	15	0.25±0.62	R	Frugívoro/ Insectívoro
		<i>Chlorospingus pileatus</i>	35	2.29±3.03	R	Frugívoro/ Insectívoro
<i>Melospiza cabanisi</i>		3	0.25±0.62	R	Granívoro/ Insectívoro	
<i>Melospiza leucotis</i>		2	0.08±0.29	R	Granívoro/ Insectívoro	
Passeridae	<i>Passer domesticus</i>	10	0.84±1.34	R	Granívoro	
	<i>Diglossa plumbea</i>	2	0.17±0.39	R	Nectarívoro	
Thraupidae	<i>Tangara guttata</i>	1	0.08±0.29	R	Frugívoro	
	<i>Thraupis episcopus</i>	89	7.25±3.55	R	Frugívoro	
Turdidae	<i>Catharus aurantirostris</i>	2	0.17±0.39	R	Generalista	
	<i>Myadestes melanops</i>	15	1.25±1.42	R	Frugívoro	
	<i>Turdus grayi</i>	361	30±9.21	R	Frugívoro	
Troglodytidae	<i>Campylorhynchus rufinucha</i>	2	0.17±0.58	R	Insectívoro	
	<i>Troglodytes aedon</i>	2	0.17±0.39	R	Insectívoro	
Tyrannidae	<i>Contopus sp</i>	3	0.25±0.62	R	Insectívoro	
	<i>Elaenia flavogaster</i>	1	0.08±0.29	R	Frugívoro/ Insectívoro	
	<i>Empidonax atriceps</i>	8	0.67±0.78	R	Frugívoro/ Insectívoro	
	<i>Empidonax flavescens</i>	6	0.50±0.80	R	Frugívoro/ Insectívoro	
	<i>Pitangus sulphuratus</i>	117	9.75±2.30	R	Generalista	
	<i>Tyrannus melancholicus</i>	155	13.5±4.56	R	Generalista	

		<i>Vireo flavifrons</i>	2	0.17±0.58	M	Frugívoro/ Insectívoro
	Vireonidae	<i>Vireo leucophrys</i>	3	0.25±0.45	R	Frugívoro/ Insectívoro
		<i>Vireo olivaceus</i>	1	0.08±0.29	M	Frugívoro/ Insectívoro
<b>Pelecaniformes</b>	Ardeidae	<i>Bubulcus ibis</i>	29	2.42±2.11	R	Insectívoro
<b>Piciformes</b>	Picidae	<i>Melanerpes hoffmannii</i>	10	0.83±0.83	R	Frugívoro/ Insectívoro
	Ramphastidae	<i>Aulacorhynchus prasinus</i>	1	0.08±0.29	R	Frugívoro/ Insectívoro
<b>Psittaciformes</b>	Psittacidae	<i>Pionus senilis</i>	12	1±2.37	R	Frugívoro
		<i>Psittacara finschi</i>	240	20±15.24	R	Frugívoro
<b>Strigiformes</b>	Strigidae	<i>Megascops choliba</i>	2	0.17±0.58	R	Carnívoro
<b>Trogoniformes</b>	Trogonidae	<i>Trogon collaris</i>	1	0.08±0.29	R	Frugívoro

**Anexo 2.** Listado de las especies de aves encontradas en la parte alta del cantón de San Rafael de Heredia con sus respectivas cantidades de observaciones y abundancia relativa.

Especie	Cantidad de Observaciones	Promedio	Especie	Cantidad de Observaciones	Promedio
<i>Amazilia tzacatl</i>	2	0.17±0.39	<i>Mniotilta varia</i>	2	0.17±0.58
<i>Aulacorhynchus prasinus</i>	1	0.08±0.29	<i>Myadestes melanops</i>	15	1.25±1.42
<i>Cardellina pusilla</i>	6	0.50±0.80	<i>Myioborus torquatus</i>	7	0.58±0.79
<i>Catharus aurantiirostris</i>	2	0.17±0.39	<i>Oreothlypis peregrina</i>	8	0.67±1.07
<i>Chamaepetes unicolor</i>	3	0.25±0.62	<i>Pezopetes capitalis</i>	2	0.17±0.58
<i>Chlorospingus flavopectus</i>	14	0.17±0.58	<i>Phaethornis guy</i>	1	0.08±0.29
<i>Chlorospingus pileatus</i>	35	2.92±0.03	<i>Piaya cayana</i>	1	0.08±0.29
<i>Contopus sp</i>	2	0.17±0.39	<i>Pselliophorus tibialis</i>	3	0.25±0.62
<i>Diglossa plumbea</i>	2	0.17±0.39	<i>Psilorhinus morio</i>	85	7.08±6.02
<i>Elanus leucurus</i>	1	0.08±0.29	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	37	3.08±4.23
<i>Empidonax atriceps</i>	8	0.67±0.58	<i>Setophaga petechia</i>	12	1.00±1.35
<i>Empidonax flavescens</i>	4	0.33±0.65	<i>Setophaga townsendi</i>	8	0.67±0.58
<i>Eugenes spectabilis</i>	1	0.08±0.29	<i>Setophaga virens</i>	1	0.08±0.29
<i>Heliodoxa jacula</i>	1	0.08±0.29	<i>Tangara guttata</i>	1	0.28±0.29
<i>Lepidocolaptes affinis</i>	3	0.25±0.62	<i>Trogon collaris</i>	1	0.08±0.29
<i>Leptotila verreauxi</i>	2	0.17±0.58	<i>Turdus grayi</i>	27	1.33±1.23
<i>Melospiza leucotis</i>	2	0.08±0.29	<i>Vireo leucophrys</i>	2	0.17±0.39



**Anexo 3.** Listado de las especies de aves encontradas en la parte media del cantón de San Rafael de Heredia con sus respectivas cantidades de observaciones y abundancia relativa

Especie	Cantidad de Observaciones	Promedio	Especie	Cantidad de Observaciones	Promedio
<i>Amazilia tzacatl</i>	14	1.17±1.34	<i>Oreothlypis peregrina</i>	5	0.42±0.67
<i>Basileuterus rufifrons</i>	3	0.62±0.29	<i>Patagioenas flavirostris</i>	52	4.33±3.26
<i>Bubulcus ibis</i>	26	2.17±2.08	<i>Phaethornis guy</i>	2	0.17±0.39
<i>Buteo brachyurus</i>	1	0.08±0.29	<i>Piaya cayana</i>	3	0.25±0.45
<i>Buteo jamaicensis</i>	2	0.17±0.39	<i>Pionus senilis</i>	12	1.00±2.37
<i>Buteo platypterus</i>	6	0.67±0.78	<i>Piranga bidentata</i>	2	0.17±0.58
<i>Campylopterus hemileucurus</i>	1	0.08±0.29	<i>Piranga rubra</i>	4	0.33±0.65
<i>Cardellina pusilla</i>	1	0.08±0.29	<i>Pitangus sulphuratus</i>	46	3.83±1.53
<i>Cathartes aura</i>	28	2.33±2.50	<i>Protonotaria citrea</i>	1	0.08±0.29
<i>Chlorospingus flavopectus</i>	1	0.08±0.29	<i>Psilorhinus morio</i>	47	3.92±3.29
<i>Colibri cyanotus</i>	1	0.08±0.29	<i>Psittacara finschi</i>	100	8.33±1.53
<i>Columba livia</i>	6	0.50±1.00	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	84	7.00±6.18
<i>Columbina inca</i>	6	0.50±0.80	<i>Quiscalus mexicanus</i>	30	2.50±1.98
<i>Columbina talpacoti</i>	4	0.33±0.65	<i>Saltator atriceps</i>	1	0.08±0.29
<i>Contopus sp</i>	1	0.08±0.29	<i>Saltator coerulescens</i>	4	0.33±0.49
<i>Coragyps atratus</i>	19	1.58±1.88	<i>Setophaga pensylvanica</i>	7	0.58±1.00
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	4	0.33±0.78	<i>Setophaga petechia</i>	7	1.75±2.38
<i>Dives dives</i>	6	0.50±0.80	<i>Setophaga pinus</i>	1	0.08±0.29
<i>Elaenia flavogaster</i>	1	0.08±0.29	<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	6	0.50±1.73
<i>Elanus leucurus</i>	2	0.17±0.58	<i>Tachycineta albilinea</i>	5	0.42±1.16
<i>Empidonax flaviventris</i>	2	0.17±0.39	<i>Thraupis episcopus</i>	67	5.42±2.78
<i>Euphonia affinis</i>	1	0.08±0.29	<i>Tiaris olivaceus</i>	5	0.42±1.16
<i>Euphonia hirundinacea</i>	2	0.17±0.58	<i>Troglodytes aedon</i>	1	0.08±0.29
<i>Heliodoxa jacula</i>	1	0.08±0.29	<i>Turdus grayi</i>	159	14.08±7.33
<i>Hirundo rustica</i>	5	0.42±1.44	<i>Tyrannus melancholicus</i>	70	6.42±3.15
<i>Icterus galbula</i>	17	1.42±1.78	<i>Vireo flavifrons</i>	2	0.17±0.58
<i>Melanerpes hoffmannii</i>	5	0.42±0.67	<i>Vireo leucophrys</i>	1	0.08±0.29
<i>Melozone cabanisi</i>	3	0.25±0.62	<i>Zenaida asiatica</i>	54	4.50±1.88
<i>Molothrus aeneus</i>	1	0.08±0.29	<i>Zonotrichia capensis</i>	71	5.92±2.27
<i>Momotus lessonii</i>	12	1.00±0.95			

**Anexo 4.** Listado de las especies de aves encontradas en la PB del cantón de San Rafael de Heredia con sus respectivas cantidades de observaciones y abundancia relativa

Especie	Cantidad de Observaciones	Abundancia relativa	Especie	Cantidad de Observaciones	Abundancia relativa
<i>Amazilia tzacatl</i>	17	1.42±1.31	<i>Oreothlypis peregrina</i>	1	0.08±0.29
<i>Bubulcus ibis</i>	3	0.25±0.87	<i>Passer domesticus</i>	10	0.83±1.34
<i>Buteo platypterus</i>	4	0.33±0.87	<i>Patagioenas flavirotris</i>	20	1.67±1.78
<i>Calocitta formosa</i>	3	0.25±0.87	<i>Pheucticus ludovicianus</i>	2	0.17±0.58
<i>Campylorhynchus rufinucha</i>	2	0.17±0.58	<i>Piranga bidentata</i>	2	0.17±0.39
<i>Caracara cheriway</i>	1	0.08±0.29	<i>Piranga rubra</i>	1	0.08±0.29
<i>Cathartes aura</i>	35	2.92±1.88	<i>Pitangus sulphuratus</i>	71	5.91±1.83
<i>Columba livia</i>	77	6.42±5.25	<i>Psittacara finschi</i>	140	11.67±9.39
<i>Columbina inca</i>	6	0.50±1.00	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	30	2.50±3.45
<i>Columbina passerina</i>	9	0.75±1.54	<i>Quiscalus mexicanus</i>	74	6.17±2.48
<i>Coragyps atratus</i>	18	1.50±1.78	<i>Saltator maximus</i>	2	6.17±2.48
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	1	0.08±0.29	<i>Setophaga petechia</i>	7	0.58±0.90
<i>Dives dives</i>	2	0.08±0.29	<i>Streptoprocne zonaris</i>	1	0.08±0.29
<i>Elanus leucurus</i>	4	0.33±0.49	<i>Thraupis episcopus</i>	22	1.83±1.99
<i>Euphonia elegantissima</i>	2	0.17±0.58	<i>Tiaris olivaceus</i>	2	0.17±0.58
<i>Hirundo rustica</i>	5	0.42±1.44	<i>Troglodytes aedon</i>	1	0.08±0.29
<i>Icterus galbula</i>	2	0.17±0.58	<i>Turdus grayi</i>	175	14.58±4.08
<i>Megascops choliba</i>	2	0.17±0.58	<i>Tyrannus melancholicus</i>	85	7.08±2.23
<i>Melanerpes hoffmannii</i>	5	0.42±0.79	<i>Vireo olivaceus</i>	1	0.08±0.29
<i>Molothrus aeneus</i>	3	0.25±0.45	<i>Zenaida asiatica</i>	179	14.92±4.40
<i>Momotus lessonii</i>	3	0.25±0.45	<i>Zonotrichia capensis</i>	124	10.33±4.50
<i>Nyctidromus albicollis</i>	3	0.25±0.62			