

Las libélulas (Odonata) como posibles indicadores del estado de conservación de los humedales urbanos presentes en la comuna 22 de Santiago de Cali

Angie Melissa Orejuela Yustes

UNIVERSIDAD ICESI  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES  
BIOLOGÍA  
Santiago de Cali  
2017

Las libélulas (Odonata) como posibles indicadores del estado de conservación de los humedales urbanos presentes en la comuna 22 de Santiago de Cali

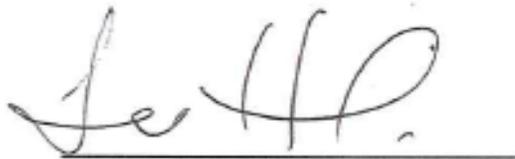
Angie Melissa Orejuela Yustes

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TITULO DE  
PREGRADO EN BIOLOGÍA

Director  
Gustavo Adolfo Londoño Guerrero, Ph.D  
Co- Director  
Cornelio Andrés Bota Sierra

Santiago de Cali  
2017

**Aprobado por:**



---

Leonardo Herrera  
Evaluador



---

Gustavo Adolfo Londoño  
Tutor del Proyecto.



---

Cornelio Andrés Bota Sierra  
Co-Tutor del Proyecto.

**Santiago de Cali, 8 de agosto del 2017**

## **Agradecimientos**

A Angela Yustes y Oscar M. Orejuela mis padres, por permitirme soñar y emprender conmigo este viaje llamado Biología, este logro es tan mío como suyo. Por respetar y apoyar mis decisiones, por su paciencia en los momentos difíciles, por impulsarme y creer en mí, pero principalmente por entender que lo más importante es hacer las cosas con amor y pasión. También quiero agradecerles por su acompañamiento en los trabajos de campo.

A mi hermana Laura que siempre me ha inspirado ser mejor persona para que pueda ver en mí un modelo a seguir. A mi familia en general por siempre estar pendiente del desarrollo del proyecto y brindarme su apoyo durante toda la carrera.

A Lina Agredo, Daniela Ayala y Luis Felipe Estrada, porque para mí más que amigos, se convirtieron en parte de mi familia. A Lina y Daniela mis ebo amigas, porque este viaje no hubiera sido el mismo sin su compañía, el apoyo mutuo, las risas y lágrimas que compartimos durante todos estos años. Me alegra mucho que la vida nos hiciera coincidir, me llevo conmigo todos esos momentos.

A Luis Felipe Estrada que hizo más amenas las eternas horas en el laboratorio, por ser mi guardaespaldas en campo, por escucharme, darme consejos y por decirme siempre la verdad, aunque no la quisiera escuchar. Gracias por ayudarme a entender que nunca debo conformarme, valoro mucho todo lo que compartimos.

A mis amigos Daniela Ayala, Lina Agredo, Luis Felipe Estrada, Juan Carlos Cárdenas, Laura Rubio, María Fernanda Restrepo, Natalia Libreros, Jhan Carlos Salazar, Felipe Vergara, Ricky Cortes y primo Cristhian Montealegra por su valioso y desinteresado apoyo en el trabajo de campo y consejos en la realización del proyecto.

Al DAGMA, especialmente a Ana María por siempre estar prestos a colaborar y permitir mi trabajo en los humedales. Al Club Farallones por permitirme desarrollar la investigación en sus instalaciones y facilitarme el proceso.

A Manuel Sánchez por su ayuda en el soporte estadístico del proyecto y por estar dispuesto siempre a ayudar.

A los profesores con los que tome clase, por ser quienes durante toda mi carrera han moldeado mis conocimientos, enseñándome a ver el mundo a través de los ojos de la ciencia. De cada uno me llevo algo.

A mi tutor Gustavo Londoño por su paciencia, por las risas, consejos, por creer en mí y ser mi guía durante todo este proceso. Para mí eres el ejemplo de un científico integral, con una combinación de saberes, pero principalmente con una gran disposición de compartirlo con sus estudiantes e incentivar su participación.

A mi tutor Cornelio Bota por compartir su conocimiento conmigo, por abrirme camino en este maravilloso mundo y por compartir su pasión por la ciencia. También por llevarme al límite e impulsarme, aprendí con vos Corne que soy mucho más fuerte de lo que creo.

## Contenido

Resumen .....	13
Abstract.....	14
2.1 Planteamiento de la pregunta o problema de investigación y su justificación en términos de necesidades y pertinencia: .....	16
2.2 Marco teórico y estado del arte.....	18
2.3 Objetivos.....	22
2.3.1 Objetivo general .....	22
2.3.2 Objetivos específicos .....	22
2.4 Metodología .....	22
2.4.1 Área de estudio .....	22
2.4.2 Diversidad de la comunidad de adultos de Odonata .....	26
2.4.3 Estado de conservación de los humedales .....	28
2.4.4 Procesamiento de la información .....	29
2.5 Resultados.....	30
2.5.1 Descripción de la comunidad de adultos de Odonata .....	30
2.5.2 Curvas de acumulación.....	34
2.5.3 Comparación de la comunidad de adultos de Odonata entre los humedales estudiados .....	35
2.5.4 Estados de conservación de los humedales .....	37
2.5.5 Correlación entre el estado de conservación y comunidad de libélulas	
38	
2.6 Discusión .....	41
2.7 Conclusiones .....	46
2.8 Recomendaciones .....	46
2.9 Bibliografía.....	47

## Lista de tablas

Tabla 1. Rangos establecidos para adjudicar un estado de conservación a los humedales de acuerdo al valor final de HII .....	29
Tabla 2. Resumen de índices y estimadores calculados para determinar la diversidad y riqueza de los humedales estudiados. HBa: Humedal La Babilla, HCa: Humedal Cañasgordas, HCl: Humedal Club Farallone, HGa: Humedal Las Garzas, HPa: Humedal Panamericano.....	33
Tabla 3. Valores de disimilaridad obtenidas mediante el índice de Bray-Curtis en las comparaciones efectuadas entre los humedales estudiados. ....	36
Tabla 4. Puntuación obtenida mediante la adaptación de los protocolos IHH y QBR que determina el estado de conservación. ....	37
Tabla 5. Resultado promedio de las variables fisicoquímicas evaluadas para cada humedal junto con su desviación estándar. Amb: Temperatura ambiental; T. Agua: Temperatura del agua; pH: pH del agua; Transparencia del agua: Transparencia del agua obtenida con el disco Secchi.....	38
Tabla 6. Análisis de componentes principales que muestran cuales de las variables influyen en cada uno de los componentes. pH: pH del agua; Tam: Temperatura ambiental; Tagua: Temperatura del agua; TrasDiSe: Transparencia del agua con el disco Secchi; BoRasante: Estrato rasante del borde; BoHerbacea: Estrato herbáceo del borde; BoArbustiva: Estrato arbustivo del borde; TRasante: Estrato rasante del transepto; THerbaceo: Estrato herbaceo del transepto; TArbustivo: Estrato arbustivo del transepto. ....	40

## Lista de Figuras

<b>Figura 1.</b> Ubicación de los humedales evaluados en la comuna 22 de Santiago de Cali.....	23
<b>Figura 2.</b> Ubicación del humedal de la Babilla. El círculo azul representa el espejo de agua. Foto tomada de Google Earth (2017).....	24
<b>Figura 3.</b> Ubicación del humedal del humedal Cañasgordas. El círculo azul representa el espejo de agua. Foto tomada de Google Earth (2017). ....	25
<b>Figura 4.</b> Ubicación del humedal del humedal del Club Farallones. El círculo azul representa el espejo de agua. Foto tomada de Google Earth (2017). ....	25
<b>Figura 5.</b> Ubicación del humedal del humedal de las Garzas. El círculo azul representa el espejo de agua. Foto tomada de Google Earth (2017). ....	26
<b>Figura 6.</b> Ubicación del humedal del humedal Panamericano. El círculo azul representa el espejo de agua. Foto tomada de Google Earth (2017). ....	26
<b>Figura 7.</b> <i>Perithemis</i> géneros que presentaron el mayor número de observaciones para el suborden Anisopteras. ....	32
<b>Figura 8.</b> <i>Argia</i> género que presentaron el mayor número de observaciones para el suborden Zygoptera. ....	32
<b>Figura 9.</b> <i>Telebasis farcimentum</i> especie endémica del país encontrada en los humedales Babilla y Panamericano.....	32
<b>Figura 10.</b> Valores de diversidad obtenidos mediante el índice de Shannon (H') para cada humedal. Valores altos del índice de Shannon representan valores mayores de riqueza y una distribución más homogénea entre las especies .....	34
<b>Figura 11.</b> Curva de acumulación de especies para cada humedal, la línea azul representa las especies observadas y la línea punteada roja representa los valores del estimador Chao 1, mientras que la nube gris muestra el intervalo de confianza, (A) Humedal de la Babilla, (B) Humedal Panamericano, (C) Humedal Cañasgordas, (D) Humedal de las Garzas, (E) Humedal Club Farallones .....	35
<b>Figura 12.</b> Dendograma de la comunidad de adultos de Odonata utilizando el coeficiente similitud de Bray-Curtis .....	36
<b>Figura 13.</b> Comparación del porcentaje de observaciones por suborden (Anisoptera-Zygoptera) en los humedales. El color gris oscuro representa el porcentaje de observaciones para el suborden Anisoptera mientras que el gris claro las del suborden Zygoptera.....	37
<b>Figura 14.</b> Correlación lineal determinada entre los valores del Índice de Integridad de Hábitat (HII) y el número de especies. ....	39
<b>Figura 15.</b> Grafica del análisis de componentes principales (PCA) para las variables evaluadas .....	40

## Resumen

Los humedales tropicales se encuentran entre los ecosistemas más productivos de la Tierra, y son reconocidos como uno de los recursos naturales más valiosos del mundo. Sin embargo, se encuentran entre los ecosistemas más amenazados, debido a que pueden verse afectadas de forma negativa por una gran variedad de factores antropogénicos. Por ello, es importante desarrollar herramientas amplias y/o precisas que permitan realizar detecciones tempranas de las perturbaciones ambientales que ponen en peligro la integridad ecológica de estos ecosistemas.

Con el fin de proveer una alternativa para el monitoreo ambiental de estos ecosistemas -específicamente humedales urbanos-, en el presente proyecto de investigación se buscó evaluar el potencial de los adultos de Odonata como grupo bioindicador del estado de conservación de cinco humedales –La Babilla, Cañasgordas, Club Farallones, Las Garzas y Panamericano- presentes la comuna 22 de Santiago de Cali. Se encontró un total de 30 especies distribuidas en cuatro familias -Calopterygidae, Coenagrionidae, Libellulidae y Protoneuridae- de las cuales Libellulidae y Coenagrionidae fueron las más diversas con un total de 17 y 10 especies respectivamente. El humedal La Babilla presentó los valores más grandes de riqueza -20 especies- y diversidad ( $H' = 2,3$ ), seguido muy de cerca por los humedales Panamericano (18 especies;  $H' = 2,2$ ), Cañasgordas (17 especies;  $H' = 1,9$ ), y Club Farallones (18 especies;  $H' = 1,9$ ) mientras que el humedal Las Garzas presentó los valores más pequeños (9 especies;  $H' = 1,6$ ). En cuanto a la composición de adultos se encontró que los humedales La Babilla-Cañasgordas y Club Farallones-Panamericano son parecidos entre sí pero que a su vez estos cuatro se diferencian del humedal Las Garzas. Se encontró también que los humedales presentan diferentes estados de conservación siendo La Babilla, Cañasgordas, Club Farallones y Panamericano todos ecosistemas en estado de conservación intermedios mientras que el humedal Las Garzas fue catalogado como ecosistema preservado. Se logró determinar que existe una correlación entre la riqueza de especies y el estado de conservación de los humedales, en donde los que presentaron un estado de conservación intermedio ostentan los valores mayores de riqueza y diversidad. Los análisis realizados sugieren que, de los componentes evaluados, la estructura de la vegetación - complejidad vertical y cobertura de dosel-, el pH del agua y su transparencia son los que están explicando la mayoría de la variación en la composición de la comunidad.

**Palabras Clave:** Bioindicadores, Diversidad, Humedal, Odonata, Santiago de Cali

## Abstract

The tropical wetlands are one of the most productive ecosystems on Earth. They are recognized as one of the most valuable natural resources on the planet. However, they are one of the most threatened ecosystems, because they can be affected by many anthropic factors. Therefore, it is important to develop comprehensive and accurate tools to enable early detection of environmental disturbances that endanger the ecological integrity of the wetlands. In order to provide an alternative to test the conservation status and diversity of tropical wetland ecosystems -specifically urban wetlands-, in this study we tested the potential of Odonata adults as a bioindicator group of the conservation status of five wetlands –La Babilla, Cañasgordas, Club Farallones, Las Garzas and Panamericano- located in the commune 22 of Santiago de Cali. We found a total of 30 species distributed in four families -Calopterygidae, Coenagrionidae, Libellulidae and Protoneuridae- of which Libellulidae and Coenagrionidae were the most diverse with a total of 17 and 10 species, respectively. La Babilla wetland presented the highest species richness -20 species- and diversity ( $H' = 2.3$ ), closely followed by the Panamericano (18 species;  $H' = 2.2$ ), Cañasgordas (17 species;  $H' = 1.9$ ), and Club Farallones (18 species;  $H' = 1.9$ ) while Las Garzas wetland presented the smallest values for species richness and diversity (9 species;  $H' = 1.6$ ). Regarding the composition of adults, we found that La Babilla-Cañasgordas and Club Farallones-Panamericano wetlands are similar to each other, but these four are very different from the wetland Las Garzas. We also found that the wetlands present different status of conservation being La Babilla, Cañasgordas, Club Farallones and Panamericano ecosystems with an intermediate conservation status, whereas the wetland of Las Garzas was cataloged as a preserved ecosystem. We determined that there is a correlation between the species richness and the conservation status of the wetlands, where those that presented an intermediate conservation status (e.g., La Babilla, Cañasgordas, Club Farallones and Panamericano) showed the highest values for species richness and diversity. Our analysis suggests that the vegetation structure – vertical complexity and canopy cover –, the pH of the water and its transparency explain the majority of the variation in the composition among communities.

**Key words:** Bioindicators, Diversity, Odonata, Santiago de Cali, Wetlands

## 1. Introducción

Los humedales, principalmente los ubicados en las zonas tropicales son considerados hábitats muy valiosos debido a que proporcionan una de las áreas más ricas en diversidad biológica, fuentes de agua y productividad (e. g., flujo de energía) del planeta (Mitscha, Bernalb & Hernandez, 2015; Cortés-Duque & Estupiñán-Suárez, 2016; Secretaría de la Convención de Ramsar, 2006). En Colombia existen más de 48.000 registros de humedales clasificados de distintas maneras (interiores, marino-costeras y artificiales) que cubren cerca del 26% del territorio nacional representado en más de 30 millones de hectáreas (Cortés-Duque, & Estupiñán-Suárez, 2016). Adicionalmente, dentro de los tipos de humedales se encuentran los humedales urbanos, definidos como aquellos que se encuentran dentro de los límites de ciudades, poblaciones y otras conurbaciones (Ramsar, 2008).

Estos ecosistemas -sin importar su procedencia- brindan servicios ecosistémicos valiosos que benefician a la gente (e. g., regulación del régimen hidrológico, captura de carbono, recreación y turismo, entre otros) y proveen hábitat a la vida silvestre (e. g., aves migratorias, refugio de fauna y flora nativa) (Burton y Tiner, 2009; Sandoval, 2010). Pese a esto, los humedales se encuentran entre los ecosistemas más amenazados, debido a que han sufrido la pérdida o alteración de sus procesos naturales como consecuencia de la actividad humana (e. g., construcciones ilegales, contaminación) (Hernández, 2015; Álvarez et al., 2009; Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente -DAGMA-, 2005).

Esta problemática ha impulsado a la búsqueda de herramientas que permitan la detección temprana de las perturbaciones ambientales que ponen en peligro la integridad ecológica de estos ecosistemas (González & Vallarino, 2014). Entre las alternativas más exploradas recientemente se encuentra la utilización de comunidades biológicas conocidas como bioindicadores que proporcionan información confiable sobre la calidad de los ecosistemas (Lee & Rice, 2005). El uso de esta herramienta ofrece ventajas sobre los métodos fisicoquímicos tradicionales. Debido a que permiten la integración de las condiciones pasadas, actuales y futuras mientras que las mediciones fisicoquímicas sólo caracterizan las condiciones en el momento del muestreo, adicionalmente las evaluaciones con bioindicadores son más baratas de implementar debido a que no requieren de equipos caros y pueden reflejar las complicadas relaciones de los ecosistemas lo que permite transmitir una imagen dinámica de la condición de los mismos (Emily & Scott, 2011; González & Vallarino, 2014).

En Colombia, el estudio de la bioindicación en sistemas acuáticos se remonta a los años setenta con los trabajos de Roldan, quien adaptó el método utilizado en Norteamérica BMWP a las cuencas de nuestro país, basándose principalmente en a la exploración del departamento de Antioquia (Roldan, 2003). Los esfuerzos

posteriores han seguido esta línea, enfocándose en la utilización de indicadores biológicos para determinar la calidad del agua de estos ecosistemas (Roldan, 2003; Pinilla, 2000, Rivera, Pinilla, & Camacho, 2013). El grupo de insectos Odonata ha sido ampliamente utilizado como un indicador ambiental gracias a que su distribución, riqueza y composición está estrechamente asociados con los cambios en las características ambientales (de Oliveira-Junior et al., 2015). En el caso específico de los adultos estos poseen la ventaja de ser visibles sobre el agua y relativamente fáciles de identificar hasta nivel de especie en campo (Kutcher y Briedb, 2014; Simaika & Samways, 2011), lo que permite que sean adecuados para métodos de evaluaciones rápidas (Lee & Rice, 2005; Barbosa, 2013; Gerlach, Pryke, & Samways, 2013; Kutcher & Bried, 2014; Elio et al., 2016).

Con el fin de aprovechar dichas ventajas, este proyecto tuvo como objetivo evaluar el potencial de los adultos de Odonata como un grupo bioindicador del estado de conservación de cinco humedales urbanos presentes la comuna 22 de Santiago de Cali (La Babilla, Cañasgordas, Club Farallones, Las Garzas y Panamericano). Para ello, se tuvo como propósito estudiar la diversidad de la comunidad de los adultos de Odonata en estos humedales y determinar el estado de conservación de los mismos para finalmente establecer si existe una correlación entre ambos componentes.

Para lograr dicho fin, la metodología desarrollada incluyó la determinación de la diversidad de adultos de libélulas asociada a cada humedal mediante un muestreo directo, en el cual se hicieron conteos in situ y se colectaron algunos individuos para su identificación hasta nivel de especie. También se determinó el estado de conservación de los humedales con una adaptación del Índice de Integridad de Hábitat -HII- e Índice de calidad del bosque de ribera -QBR- mediante caracterización de la vegetación terrestre asociada a cada humedal. De igual manera fueron medidas variables fisicoquímicas como el pH, la turbidez y la temperatura del agua y ambiente. Finalmente, se realizó una correlación para determinar si existe una asociación entre la diversidad y el estado de conservación de los humedales y un análisis de PCA para determinar cuál de los factores está explicando mejor la variación de los datos.

## **2. Descripción del proyecto**

### **2.1 Planteamiento de la pregunta o problema de investigación y su justificación en términos de necesidades y pertinencia:**

Los humedales se localizan por lo general en zonas de transición entre sistemas acuáticos y terrestres, que, debido a condiciones geomorfológicas e hidrológicas, permiten la acumulación de agua (temporal o permanentemente) y que dan lugar a

un tipo característico de suelo y/o a organismos adaptados a estas condiciones (Jaramillo, Cortés-Duque, & Flórez, 2015; Rojas, Sepúlveda-Zúñiga, Barbosa, Rojas, & Martínez, 2015). Estos ecosistemas son de gran importancia —no sólo desde el punto de vista ecológico, sino también socioeconómico— por sus múltiples funciones, valores y atributos, los cuales son esenciales para la sociedad en su conjunto (Ministerio del Medio Ambiente -MMA-, 2002). A pesar de ello, son considerados altamente frágiles debido a que sus características intrínsecas pueden verse afectadas de forma negativa por una gran variedad de factores de origen antrópico (Álvarez et al., 2009; Hernández, 2015).

En Colombia, sin ser excepción el departamento del Valle del Cauca y su capital Santiago de Cali los humedales se ven afectados principalmente por actividades como la adecuación de tierras para cultivo y ganadería, la expansión urbana, la contaminación y los cambios en el régimen hidráulico, entre otras (Álvarez et al., 2009; Hernández, 2015). Ahora bien, en el caso específico de Santiago de Cali, sus humedales se clasifican como humedales urbanos debido a que se encuentran dentro de los límites de ciudades, poblaciones y otras conurbaciones (Ramsar, 2008), de los cuales la comuna 22 cuenta con cerca del 40% del total de humedales de la ciudad. Este tipo de humedal son altamente perturbados con relación a los ubicados en áreas naturales (Lubertazzi & Ginsberg, 2010), debido a que son afectado por al avance progresivo de las poblaciones de los alrededores (e.g. comercial y residencial), el establecimiento de infraestructura vial, la contaminación, el manejo inadecuado de los residuos y el relleno u otros fenómenos (Boyer & Polasky, 2004; Ramsar, 2008).

Teniendo en cuenta la importancia de los humedales y el deterioro al que se enfrentan, es preciso crear iniciativas que estén encaminadas a conocer, conservar y hacer uso sostenible de estos valiosos ecosistemas (MMA, 2002). Una de las primeras aproximaciones es el monitoreo de la salud de estos ecosistemas y uno de los métodos que ha venido cobrando popularidad a lo largo de los años es el uso de bioindicadores, ya que constituyen una herramienta precisa, económica, fácil de implementar y que permite la detección temprana de disturbios ambientales (González & Vallarino, 2014).

La mayoría de las investigaciones con bioindicadores en los humedales se enfocan en la determinación de la calidad del agua de estos ecosistemas (Roldan, 2003). Entre los métodos más comunes y ampliamente desarrollados se encuentra el uso de índices basados en los macroinvertebrados acuáticos, debido a que estos son reconocidos como los indicadores más eficientes (Reyes, 2013). Sin embargo, cuando se tiene en consideración cuan complejos son los ecosistemas de humedales (e. i., vegetación flotante, ribereña y asociada) y la diversidad de presiones antrópicas a las que son sometidos, este tipo de estudio se queda un poco corto debido a que centra sus esfuerzos solamente en determinar la calidad del agua e ignora otros componentes bióticos (como la vegetación) de importancia para el ecosistema (Ortega et al. 2003). Es necesario entonces el desarrollo de aproximaciones más amplias y/o precisas que logren responder a la diversidad

ambiental que implica las características de ecotono que poseen los humedales (Ortega et al., 2003).

Las libélulas (Odonata) son consideradas un agente útil en el monitoreo ambiental debido principalmente a que muchas especies son sensibles a alteraciones ambientales (Hernandez, 2015; Kutcher y Bried, 2014; Sato y Riddiford, 2007; Simaika y Samways, 2015). De la gran cantidad de especies que pueden ser consideradas como bioindicadores en los sistemas de humedales, las libélulas han sido considerados un grupo insignia debido a su historia de vida anfibia - estado larval acuático y terrestres adulto-, alta posición trófica y diversidad (Reece, & Mcintyre, 2009).

Este proyecto evaluó la existencia de cambios en la diversidad de la comunidad de adultos de odonatos en términos de riqueza y abundancia en 5 humedales de la comuna 22 de Santiago de Cali, y si estos cambios estaban asociados con el estado de conservación de los mismos. Esto con el fin de aportar información sobre la capacidad de los adultos de Odonata para indicar el estado de conservación de los humedales urbanos premontanos en los Andes Tropicales. Adicionalmente este proyecto permitió hacer listados de las especies presentes en los humedales del sur de la ciudad de los cuales no se contaba con información.

## **2.2 Marco teórico y estado del arte**

Existen más de cincuenta definiciones del término “humedal”; La más amplia y tradicionalmente aceptada es la propuesta por la Convención Ramsar, que define a los humedales como “las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de agua, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros” (Patrick, 1992; Secretaría de la Convención de Ramsar, 2006). Sin embargo, todos los humedales - naturales o construidos, de agua dulce o de sal - tienen una característica en común: la saturación del agua es el factor dominante que determina la naturaleza del desarrollo del suelo y los tipos de comunidades vegetales y animales que habitan en él (Cowardin et al. 1979; Davis, 1994).

Ahora bien, cuando se tiene en cuenta las características complejas y el dinamismo de estos ecosistemas, es evidente que existe una estrecha relación entre los componentes del agua y el suelo en donde a menudo las fronteras son imperceptibles, continuas y estacionales (Dutra & De Marco, 2015) .Por esta razón es importante reconocer también a los humedales como terrenos de transición (ecotonos), entre sistemas terrestres y acuáticos donde la capa freática se halla en la superficie terrestre o cerca de ella o la tierra está cubierta por aguas poco profundas (Burton & Tiner, 2009; Cowardin, Cartes, Golet & LaRoe, 1979).

Los humedales tropicales se encuentran entre los ecosistemas más productivos de la Tierra (Barbier, 1993) y son reconocidos como uno de los recursos naturales más valiosos del mundo (Mitsch, Bernal, & Hernandez, 2015). Además, estos ecosistemas contienen comunidades acuáticas y terrestres únicas con alta biodiversidad (Murdiyarsa, Kauffman, Warren, Pramova & Hergoualc'h, 2012). En Colombia se estima que existe cerca de 30.781.149 hectáreas de humedales y más de 88 tipos diferentes que pueden clasificarse en marino-costeros, interiores y artificiales (Cortés & Estupiñán, 2016). Un número importante de estos humedales en el país y el mundo está asociado con poblaciones humanas, en donde más del 50% de las mismas habitan entornos urbanos, por ello siguiendo los nuevos paradigmas en el contexto de la ecología y de conservación y su relación con el desarrollo de las urbes surgen el concepto de humedales urbanos definidos por Ramsar (2008) como los humedales que se encuentran dentro de los límites de ciudades, poblaciones y otras conurbaciones que puede agrupar ya sean estos marino-costeros, interiores y artificiales (Jaramillo et al., 2015a,2016b).

Además de las características ya mencionadas, los humedales -sin importar su procedencia- son claves para la fauna migratoria debido a que funcionan como lugares de paso de la avifauna y algunos peces principalmente (MMA, 2002; Álvarez et al., 2009). Por otro lado, los humedales ofrecen a la humanidad bienes y servicios ambientales como: (1) almacenamiento de agua y control de inundaciones; (2) recarga de agua subterránea; (3) depuración del agua, incluyendo la erosión y el control de sedimentos en el humedal y los ecosistemas acuáticos adyacentes, así como el uso directo de humedales para el tratamiento de aguas pluviales o aguas residuales; (4) estabilización del litoral y protección contra tormentas; (5) reservorios de biodiversidad, incluyendo hábitat para peces y vida silvestre y especies de plantas y animales en peligro de extinción; (6) recreación y turismo; (7) producción de alimentos, fibra y otros productos; y (8) valores culturales, relacionado con el enriquecimiento espiritual, la estética, la educación formal e informal, la inspiración y el patrimonio cultural (Burton & Tiner, 2009; Mitsch et al., 2015).

En el caso específico de los humedales artificiales, estos están creados para aprovechar muchos de los mismos procesos que ocurren en los humedales naturales -eg. servicios ecosistémicos-, pero dentro de un ambiente más controlado (United States Environmental Protection Agency, 1993). Algunos de estos sistemas han sido diseñados y operados con el único propósito de tratar aguas residuales y la mejora de la calidad del agua, mientras que otros han funcionan como el hábitat de la fauna y la mejora estética de los espacios abiertos (USEPA, 1993; Davis, 1994; Whigham, 1999).

A pesar de los servicios y beneficios que prestan, los humedales no son suficientemente apreciados y suelen ser poco protegidos, lo cual es especialmente

preocupante pues son ecosistemas frágiles que pueden reaccionar de manera negativa a una gran variedad de factores antrópicos (Hernández, 2015). En Colombia, sin ser excepción el departamento del Valle del Cauca y su capital Santiago de Cali, los humedales han sido sujetos a grandes transformaciones por actividades humanas como el desarrollo de la infraestructura, la conversión de las tierras, la extracción de agua, la contaminación, la recolección excesiva y la sobreexplotación, y la introducción de especies exóticas invasoras (Álvarez et al., 2009; Evaluación de los Ecosistemas del Milenio -EM-, 2005). Adicionalmente, otros factores que ha contribuido al deterioro progresivo de los humedales del país es la desinformación que existe en la comunidad sobre su importancia y la ausencia de una política y normatividad específica que permita un marco de gestión amplio para los mismos (MMA, 2002; Mejía, 2016). Es importante destacar que los humedales ubicados en las áreas urbanas son altamente perturbados y suelen ser más susceptibles a las afecciones mencionadas anteriormente con relación a los ubicados en áreas naturales (Lubertazzi & Ginsberg, 2010)

La conservación de los humedales es prioritaria para el país (MMA, 2002), por lo cual se hace urgente el desarrollo de herramientas que permitan determinar, monitorear y evaluar los impactos negativos que los aquejan, con el fin de proteger su integridad ecológica y la biodiversidad que en ellos habita (Goldschmidt, Helson y Williams, 2016). De igual manera, es importante considerar los estudios realizados en ecosistemas urbanos debido a que pueden dar respuestas interesantes sobre cómo se relacionan la fauna silvestre y su medio ambiente, permitiendo así la integración del paisaje urbano en los planes de conservación de la vida silvestre y proporcionando entonces información pertinente para los ejercicios regionales de planificación territorial (Clergeau, Savard, Mennechez, & Falardeau, 1998).

Teniendo en cuenta que es poco práctico llevar a cabo monitoreos en los cuales se vigilen todos los componentes biológicos y físicos que sean potencialmente relevantes dentro de un ecosistema, (Carignan & Villard, 2002; González & Vallarino, 2014) se ha optado por aprovechar la capacidad que poseen algunos organismos de ser sensibles a las perturbaciones ambientales y funcionar como un indicador del estado del ecosistema que se monitorea (González & Vallarino, 2014). Bajo esta premisa, surge el concepto de especie bioindicadora, definido «Una especie de amplitud restringida, con respecto a uno o más factores medioambientales y que es, cuando está presente, por lo tanto, indicativa de una determinada condición o conjunto de condiciones ambientales» (McGeoch, 1998).

En un sentido estricto, los bioindicadores proporcionan información cualitativa de la salud del ambiente a través de su presencia/ausencia o mediante cambios en su abundancia (González & Vallarino, 2014). De igual manera, las evaluaciones ambientales con bioindicadores son mucho más baratas de implementar, no

necesitan de un equipo muy costoso y un largo tiempo de entrenamiento para usarlo, como el requerido para los análisis fisicoquímicos (González & Vallarino, 2014). Además, añaden un componente temporal que corresponde a la vida útil o tiempo de permanencia de un organismo en un sistema particular, permitiendo la integración de condiciones ambientales pasadas, actuales o futuras (Holt y Miller, 2010).

En Colombia, la bioindicación en sistemas acuáticos se remonta a los años setenta con los trabajos de Roldan, cuando por primera vez se realizó un estudio de la fauna de macroinvertebrados como indicadores del grado de contaminación del río Medellín (Roldan, 2003). Los esfuerzos posteriores han seguido esta línea, enfocándose en la utilización de macroinvertebrados acuáticos como los indicadores biológicos predilectos para determinar la calidad del agua de estos ecosistemas (Pinilla, 2000; Roldan, 2003;).

Dentro de este grupo de insectos encontramos a las libélulas (Odonata), consideradas un agente útil en el monitoreo ambiental debido principalmente a que muchas especies son sensibles a alteraciones ambientales (Hernandez, 2015; Kutcher y Bried, 2014; Sato y Riddiford, 2007; Simaika y Samways, 2015). Algunos de los atributos que determinan esta capacidad de bioindicación radican en que son bien conocidos taxonómicamente, la mayoría de los adultos son fácilmente identificables en el campo (Kutcher y Briedb, 2014; Simaika & Samways, 2011). Adicionalmente, sus poblaciones son lo suficientemente grandes como para ser evaluadas, ocupan un espectro de hábitats específico (Simaika & Samways, 2011; Chovanec y Waringer, 2001) y son sensibles a los cambios en la calidad del agua y las condiciones ecológicas de sus hábitats debido a su ciclo de vida larval acuático y adulto terrestre. Esto permite que su diversidad y abundancia puedan reflejar mejor la perturbación y los cambios que se producen tanto en el medio acuático como terrestre (Barbosa, 2013; Lee & Rice, 2005). Algunos autores ya han reportado la ventaja de utilizar a los adultos de Odonata en la evaluación de ecosistemas de agua dulce, en donde ocupan un lugar destacado y pueden contribuir en gran proporción del total de la biomasa de invertebrados y riqueza de especies en otras regiones del planeta (Kutcher & Briedb, 2014; Simaika & Samways, 2011; Lee & Rice, 2005).

Entre las ventajas mencionadas se encuentran que los adultos son visibles sobre el agua gracias a sus múltiples colores y relativamente fáciles de identificar a nivel de especie en relación con las larvas, (Kutcher y Briedb, 2014; Simaika & Samways, 2011). Por otro lado, los adultos de libélulas que se reproducen por lo general tienden a permanecer cerca de sus lugares de cría y no se dispersan ampliamente (Barbosa, 2013; Sato y Riddiford, 2007) lo que hace que sean especialmente adecuadas para evaluaciones amplias e integradoras del área en el que se reproducen y el paisaje circundante (Kutcher & Briedb, 2014; Simaika,

Samways, & Frenzel, 2016). También, los adultos de libélulas dada su belleza y carisma tienen el potencial de ser usadas como especie bandera en los programas de conservación de la naturaleza (Culhane, 2005).

Los estudios más destacados asociados con libélulas se han enfocado en descripciones taxonómicas (Ris, 1918; Pérez-Gutiérrez & Palacino-Rodríguez 2011), caracterizaciones e inventarios (Sanabria, 2006; Sanabria & Realpe, 2009). En el caso específico del Valle del Cauca se cuenta con información sobre la riqueza de especies zigópteros realizado por Urrutia (2005) y los primeros registros de libélulas en la Isla Malpelo por Bermúdez y López-Victoria (2009), además con las especies reportadas por Pérez-Gutiérrez & Palacino-Rodríguez (2011) para el departamento. Sin embargo, se conoce muy poco sobre la diversidad de especies de libélulas que habitan la ciudad de Cali asociados a humedales y menos sobre su papel como posibles bioindicadores. Con el fin de proveer una alternativa para el monitoreo de los humedales urbanos, el proyecto tiene como propósito, evaluar el potencial de los adultos de Odonata para bioindicar el estado de conservación de cinco humedales presentes en la comuna 22 de Santiago de Cali.

## **2.3 Objetivos**

### **2.3.1 Objetivo general**

Evaluar el potencial de los adultos de Odonata como grupo bioindicador del estado de conservación de los humedales presentes la comuna 22 de Santiago de Cali.

### **2.3.2 Objetivos específicos**

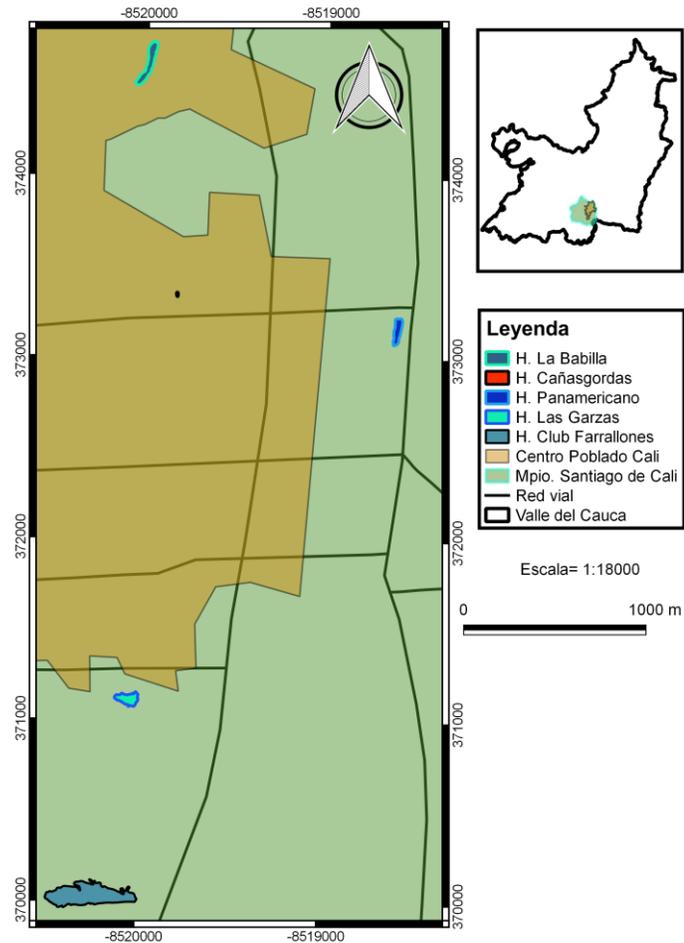
1. Determinar la diversidad de la comunidad de adultos de Odonata en cada una de las zonas de muestreo.
2. Determinar el estado de conservación en el que se encuentran los humedales estudiados.
3. Establecer la correlación entre la estructura de la comunidad de libélulas y el estado de conservación de los humedales muestreados.

## **2.4 Metodología**

### **2.4.1 Área de estudio**

La comuna 22 se encuentra en el extremo sur de la ciudad, recostada en el piedemonte de la vertiente oriental de la cordillera occidental que se conecta a través de ríos (Pance, Lili y Meléndez), algunos corredores y parches dispersos de vegetación. Adicionalmente, cuenta con las vías de acceso del suroccidente del

país (Panamericana y Cañasgordas) lo que la convierte en una de las áreas más dinámicas y propicias para el desarrollo de la ciudad y su área vecina (DAGMA & Icesi, 2010).

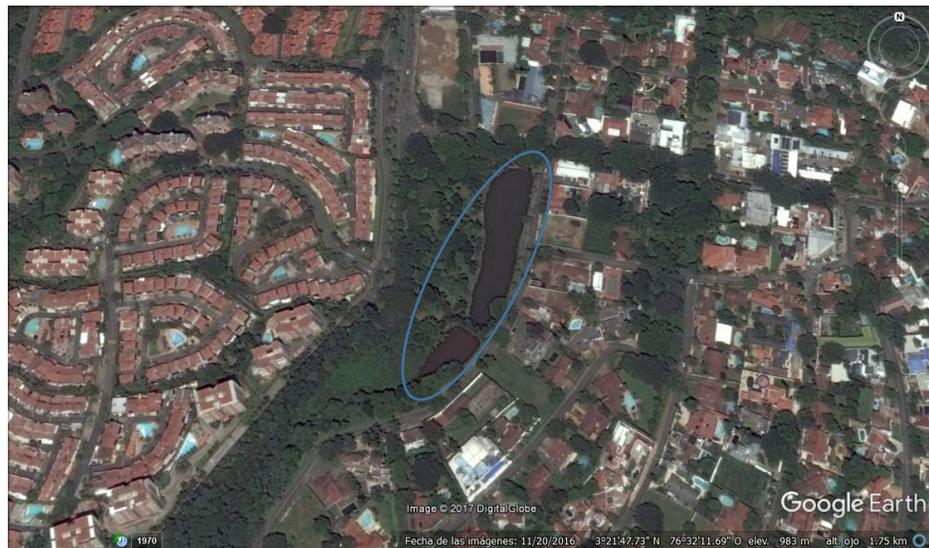


**Figura 1.** Ubicación de los humedales evaluados en la comuna 22 de Santiago de Cali

Esta área de la ciudad presenta temperaturas medias muy homogéneas con un promedio de temperatura menor al del resto de la ciudad -inferior o iguales a los 26°C- a lo largo del año (Fundación Río Cauca, 2007; Córdoba & García, 2013) y según la clasificación de Holdridge esta área pertenece a la zona de vida referente a Bosque Seco tropical y Bosque seco premontano en las partes más húmedas (Fundación Río Cauca, 2007). De igual manera, cuenta con espacios apropiados para la existencia de vida natural -algunos interconectados entre sí- y con áreas más o menos naturales que pueden proporcionar las condiciones para el desarrollo de una gran variedad de organismos (DAGMA & Icesi, 2010). Cabe destacar también que la comuna 22 cuenta aproximadamente con el 40% del total de los humedales de la ciudad lo cual le permite gozar de un régimen especial de clima y alternativas de proyección económica gracias a la oferta de espacios

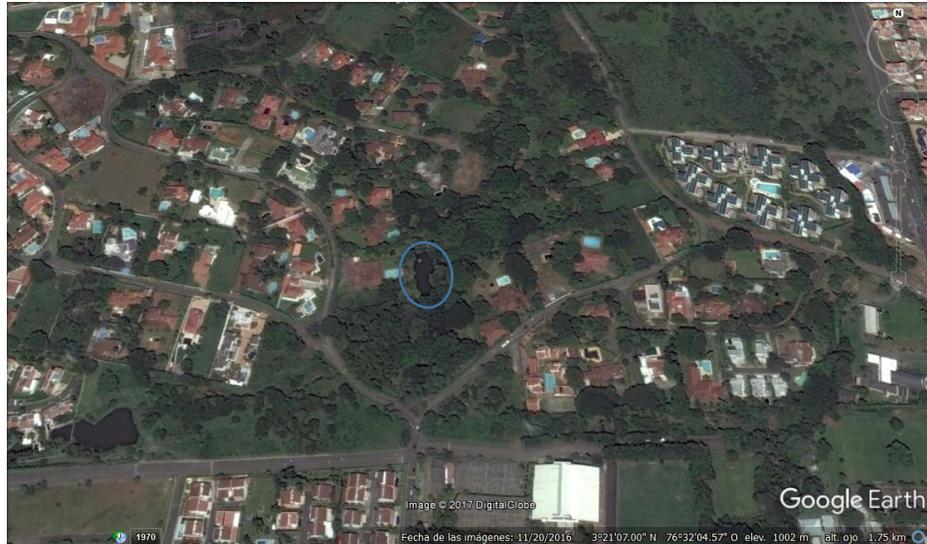
recreativos para la comunidad (DAGMA, s.f). En este estudio fueron seleccionados cinco humedales que constituyen las unidades de muestreo que presentan las siguientes características:

- *Humedal La Babilla y Zanjón del Burro*: Humedal público. Posee dos cuerpos de agua. La Babilla cuenta con 0,78 ha de espejo de agua y perímetro de 414,46 m mientras que Zanjón del Burro cuenta con 0,44 ha de espejo de agua y un perímetro de 291,52 m. Este humedal cuenta con una conexión con un fragmento de bosque natural que permite el flujo e intercambio de especies vegetales y de animales.



**Figura 2.** Ubicación del humedal de la Babilla. El círculo azul representa el espejo de agua. Foto tomada de Google Earth (2017).

- *Humedal Cañasgordas*: Humedal público. Con un espejo de agua de 0,45 ha siendo este el más pequeño de todos los humedales con un perímetro de 289,75 m. Por la zona pasa la quebrada “Guali”, recuperado de privados que se adueñaron de sus tierras. No presenta un sistema adecuado y funcional de entrada y salida de agua para su balance hídrico.



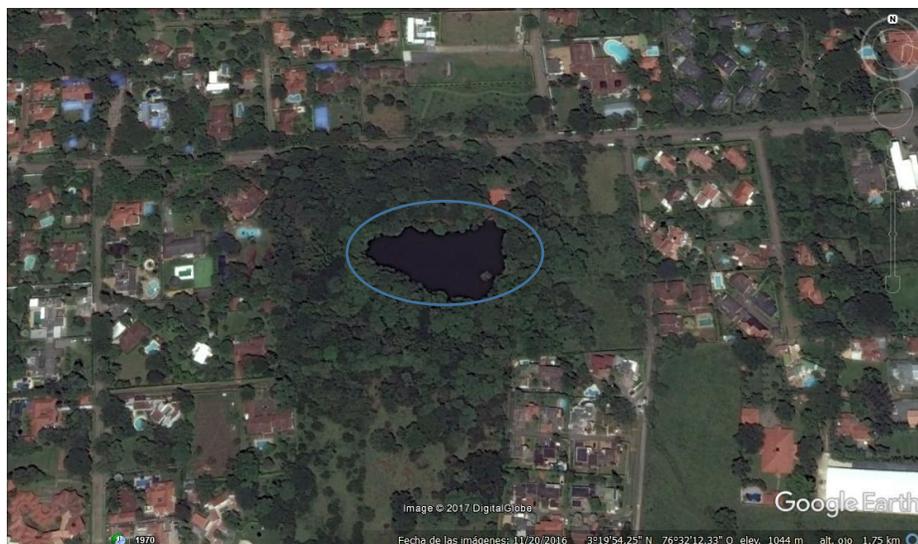
**Figura 3.** Ubicación del humedal del humedal Cañasgordas. El círculo azul representa el espejo de agua. Foto tomada de Google Earth (2017).

- *Humedal Club Farallones*: Humedal privado. Con un espejo de agua de 2,75 ha siendo así el humedal de mayor tamaño con un perímetro de 1062,19 m. Ubicado en las instalaciones del Club campestre Farallones, forma parte del sendero ecológico del club.



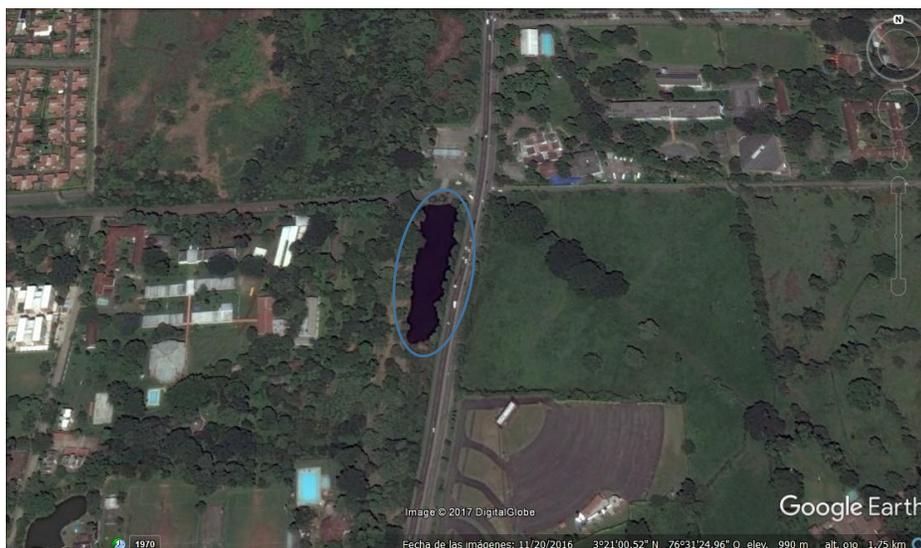
**Figura 4.** Ubicación del humedal del humedal del Club Farallones. El círculo azul representa el espejo de agua. Foto tomada de Google Earth (2017).

- *Humedal Las Garzas*: Humedal público. Con un espejo de agua de 0,80 ha y un perímetro de 415,93 m. En él se realizan actividades de investigación ambiental, programas educativos y contemplación pasiva de fauna y flora, con gran flujo de visitantes.



**Figura 5.** Ubicación del humedal del humedal de las Garzas. El círculo azul representa el espejo de agua. Foto tomada de Google Earth (2017).

- *Humedal Panamericano*: Humedal público. Con un espejo de agua de 0,71 ha y un perímetro de 621,47 m. Se caracteriza por mantener el nivel estable de agua, es utilizado por pescadores con fines recreativos.



**Figura 6.** Ubicación del humedal del humedal Panamericano. El círculo azul representa el espejo de agua. Foto tomada de Google Earth (2017).

#### 2.4.2 Diversidad de la comunidad de adultos de Odonata

Para determinar la diversidad de los adultos presentes en las zonas de interés se evaluó el número de especies y su abundancia relativa mediante un muestreo directo que consistió en conteos visuales que permitieron detectar e identificar los

individuos presentes mientras se realizaba un recorrido de entre 1-2 horas a baja velocidad siguiendo la orilla de los humedales, para que de esta forma se cubriera el perímetro de los mismos. Con el fin de estandarizar el muestreo, el tiempo dedicado a la observación de individuos y demás actividades -medición de pH y temperatura- en el perímetro fue igual en todos los humedales estudiados. Los registros se llevaron a cabo durante los meses de Febrero-Mayo del 2017 en las horas soleadas, es decir, en la mañana desde las 8 am hasta las 4 pm en la tarde, debido a que es en este momento cuando las libélulas adultas están más activas. Para evitar sesgos en la abundancia de individuos ocasionados por el clima, los muestreos se realizaron únicamente en días soleados.

### Identificación taxonómica de las especies

Se utilizaron tres mecanismos para la identificación los ejemplares: 1) *Identificación visual*: consistió en la identificación de los individuos solamente observándolos gracias a sus distintivas características morfológicas en campo. Para ello se utilizaron binoculares. 2) *Registro fotográfico*: consistió en la toma de fotografías que logran captar la mayoría de características morfológicas de aquellos individuos que no fueron identificados a simple vista en campo para que con la ayuda de un experto en su taxonomía los ejemplares pudieran ser identificados hasta nivel de especie exitosamente. En este caso, fue importante contar con cámaras fotográficas, guías taxonómicas especializadas y la ayuda de un experto. 3) *Captura de ejemplares*: este método se basó en la captura manual de los individuos mediante el uso de redes entomológicas (jamas), los especímenes fueron transportados al laboratorio donde a través del uso de estereoscopios y claves taxonómicas se facilitó su identificación hasta el nivel de especie (Blanco, Fernández, Mateos, y Menéndez-Majón, 2015).

En cuanto a los ejemplares colectados es importante destacar que la especie y el número de individuos por especie estuvo determinado por las condiciones a la hora de la captura -facilidad de acceso- y la habilidad del colector. Las especies colectadas se obtuvieron mediante captura manual usando redes entomológicas (jamas) como se mencionó anteriormente. Para la preservación de los individuos se siguió el protocolo propuesto por Márquez (2005). Posterior a la captura estos individuos fueron sacrificados con una inyección letal intratorácica de alcohol al 96%. Los individuos fueron preservados en una solución de alcohol al 96% por 8 horas a fin de no deteriorar las características anatómicas de los ejemplares. A continuación, estos pasaron a un recipiente de secado. Y después fueron depositados dentro de pequeñas bolsas tipo ziploc con sus tarjetas de identificación correspondiente en neveras de la colección Zoológica de la Universidad Icesi a -4°C. Estos ejemplares son de gran importancia ya que funcionan como garantía de calidad del estudio realizado y sirven como referencia para futuras investigaciones.

Todos los adultos capturados y depositados en la colección de Zoología de la Universidad Icesi fueron identificados hasta nivel de especie con la ayuda de estereoscopios ubicados en los laboratorios de la universidad y las claves taxonómicas de Heckman (2006); Garrison, von Ellenrieder y Louton (2006); Esquivel (2006); Heckman (2008); von Ellenrieder y Garrison (2009) y Garrison (2009).

### **2.4.3 Estado de conservación de los humedales**

#### **2.4.3.1 Integridad física de los sitios**

Para realizar una evaluación de las características físicas de cada humedal que determinaron su calidad ambiental y por ende su estado de conservación se adoptaron el Índice de Integridad de Hábitat (HII) de Nessimian et al. (2008) y el protocolo QBR -Índice de calidad del bosque de ribera- (Quintero, 2017). El Índice de Integridad de Hábitat (HII) se basa en 12 tópicos que describen las condiciones ambientales de los ecosistemas de ribera. De igual manera, el protocolo QBR (Índice de calidad del bosque de ribera) se centra en aspectos fundamentales de la vegetación de ribera distribuidos en 4 bloques. Para el caso específico de esta investigación, de los componentes analizados en ambos protocolos fueron utilizadas 2 variables:

- *Grado de cobertura de dosel riparia*: entendida como el % de cobertura de dosel de toda la vegetación muestreada presente en el humedal
- *Estructura de la vegetación*: referente a la distribución de los estratos vegetales verticales presentes

Estas dos variables fueron seleccionadas teniendo en cuenta la necesidad de hacer una caracterización rápida y representativa, adicionalmente son consideradas importantes para poder describir mejor los ecosistemas de humedales y ya han sido utilizadas en trabajos anteriores (Foote & Hornung, 2005; Barbosa et al., 2013; Cortés-Duque & Estupiñán-Suárez). En el caso de la cobertura de dosel se relacionó con el bloque denominado “Estructura de la cobertura” del protocolo QBR (Índice de calidad del bosque de ribera, mientras que estructura de la vegetación se relacionó con el ítem “Vegetación de la zona ribereña a 10 m del canal”.

Cada una de las variables estuvo compuesta por 4 alternativas –ya establecidas por los protocolos- de las cuales fueron seleccionadas las que tuviesen mayor relación con las características obtenidas para cada humedal en campo. Para que las variables tuviesen el mismo peso y además para realizar el cálculo final se utilizó la metodología por Nessimian et al. (2008). De acuerdo a los resultados

obtenidos con el índice HII los humedales se distribuyeron en tres categorías (Tabla 1), teniendo en cuenta que las puntuaciones más altas siempre representando los hábitats más conservados.

**Tabla 1.** Rangos establecidos para adjudicar un estado de conservación a los humedales de acuerdo con el valor final de HII

<b>Estado</b>	<b>Rango</b>
Preservado	0.67-1
Intermedio	0,34-0,66
Degradado	0-0,33

La estructura de la vegetación y la cobertura de dosel fueron medidas en campo de la siguiente manera: siguiendo el perímetro del espejo de agua se estableció cada cuatro metros un transecto de 2x5 en el cual se determinó una línea central con la ayuda de una brújula y a partir de la cual a ambos lados del transecto (3 puntos a cada lado) se estimó la estructura vertical de la vegetación presenten realizando puntos de intercepción y adicionalmente se determinó la cobertura de dosel con la ayuda de un densitómetro, además el DAP fue medido cuando fue necesario. De igual manera, cada 2 metros se determinó la estructura de la vegetación presente al borde del humedal. Los estratos verticales se clasificaron de la siguiente manera: rasante: <0.3 m, herbáceo: 0.3-1.5 m, arbustivo: 1.5-5 m (Villarreal et al., 2004).

#### **2.4.3.2 Variables fisicoquímicas**

Las variables fisicoquímicas medidas fueron:

- pH del agua utilizando un peachimetro Hanna pHep®5 (HI 98128)
- Temperatura ambiental y del agua mediante un termómetro Hanna2 HI98509 Checktemp®1
- Transparencia del agua con la ayuda de un Disco Secchi

El pH y la temperatura fueron medidos una vez por visita, mientras que la turbidez del agua con el disco se determinó una vez en cada humedal. Todas las medidas fueron tomadas entre los mese febrero y mayo del 2017. Cabe destacar que la toma de las medidas fue ejecutada duran los recorridos de conteo e identificación de especies y estuvo determinada por la disponibilidad de tiempo durante el muestreo.

#### **2.4.4 Procesamiento de la información**

Se utilizó el software R y su plataforma RStudio (R Development Core Team, 2017) con su paquete vegan para determinar la diversidad  $\alpha$  representada por el

índice de Shannon y la  $\beta$  por el índice de Bray-Curtis. En cuanto a la curva de acumulación de especies, el estimador de riqueza Chao 1 fue obtenido utilizando el programa EstimatesS 9.1.0 (Colwell, 2017). Se realizó un análisis de correlación lineal mediante la plataforma RStudio para determinar si existía una relación entre los estados de conservación de cada humedal y su riqueza. Después de establecida la relación, se hizo un análisis de componentes principales con RStudio para determinar cuáles de las variables estudiadas estaban afectando la riqueza de la comunidad de adultos de Odonata, además, para identificar patrones en los datos de tal manera que resalten sus semejanzas y diferencias. Todas las gráficas presentes en este trabajo fueron realizadas con el programa estadístico RStudio, con sus paquetes ggplot2 y ggbiplot, además de las opciones sencillas del programa.

## **2.5 Resultados**

### **2.5.1 Descripción de la comunidad de adultos de Odonata**

En general se dedicaron 715 minutos al trabajo de campo en cada humedal, en los cuales se observaron 5181 individuos distribuidos en 4 familias, 20 géneros y 30 especies (Tabla 2). Para identificar las especies fueron colectados 113 individuos (Anexo 2). El suborden Anisoptera contribuyó con 59,02% de las observaciones, conformado por una única familia (Libellulidae), 10 géneros y 17 especies. Dentro de la familia Libellulidae el género *Perithemis* presentó el mayor número de observaciones con un total de 48,17% (Figura 7 y 8), seguido de los géneros *Erythrodiplax* (18,93%) y *Micrathyria* (14,19%); es importante destacar que dentro de esta familia un espécimen no logró ser identificado hasta nivel de especie (Libellulidae sp. 1). Por otro lado, el suborden Zygoptera contribuyó con 40,98% de las observaciones distribuidas en 3 familias (Calopterygidae, Coenagrionidae y Protoneuridae), 10 géneros y 13 especies. La familia Coenagrionidae con un total del 91,38% presentó el mayor número de observaciones; el género *Argia* (Figura 7) fue el más abundante (46,08%), seguido por el género *Acanthagrion* (21,23%) y *Telebasis* (16,18%). Dentro de este último género, se encontró la especie *Telebasis farcimentum* (Figura 9) endémica del país considerada en estado vulnerable por La Lista Roja de especies amenazadas de la UICN 2016 (Bota-Sierra *et al.* 2016).

**Tabla 2.** Familias y especies encontradas en cada uno de los humedales. Se muestra el porcentaje de observación de cada especie por humedal.

Familia	Especie	HBa	HCa	HCI	HGa	HPa
Calopterygidae	<i>Hetaerina occisa</i>	42,9%	0,0%	14,3%	42,9%	0,0%
	<i>Coenagrionidae</i>					
Libellulidae	<i>Acanthagrion trilobatum</i>	40,0%	19,4%	11,2%	0,0%	29,4%
	<i>Argia pulla</i>	9,0%	53,7%	0,0%	23,1%	14,2%
	<i>Argia translata</i>	1,6%	3,2%	0,0%	95,2%	0,0%
	<i>Enallagma novaehispaniae</i>	71,4%	28,6%	0,0%	0,0%	0,0%
	<i>Ischnura ramburii</i>	9,4%	0,6%	76,6%	0,0%	13,3%
	<i>Leptobasis vacillans</i>	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
	<i>Neoerythromma cultellatum</i>	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%
	<i>Telebasis farcimentum</i>	61,1%	0,0%	0,0%	0,0%	38,9%
	<i>Telebasis filiola</i>	96,3%	0,0%	0,0%	0,0%	3,7%
	<i>Telebasis salva</i>	0,0%	27,7%	72,3%	0,0%	0,0%
	<i>Anatya guttata</i>	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
	<i>Brachymesia furcata</i>	18,2%	23,1%	14,7%	5,6%	38,5%
	<i>Brachymesia herbida</i>	0,0%	0,0%	91,7%	0,0%	8,3%
	<i>Dythemis nigra</i>	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
	<i>Dythemis sterilis</i>	46,0%	24,0%	2,0%	8,0%	41,0%
	<i>Erythemis plebeja</i>	0,0%	0,0%	99,1%	0,0%	0,9%
	<i>Erythemis vesiculosa</i>	4,8%	0,0%	28,6%	0,0%	66,7%
	<i>Erythrodiplax fusca</i>	24,5%	28,1%	26,9%	0,0%	20,5%
	<i>Erythrodiplax umbrata</i>	33,3%	66,7%	0,0%	0,0%	0,0%
	<i>Libellulidae sp. 1</i>	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<i>Miathyria simplex</i>	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	
<i>Micrathyria aequalis</i>	5,4%	3,0%	78,3%	0,0%	13,3%	
<i>Micrathyria ocellata</i>	13,6%	65,2%	21,2%	0,0%	0,0%	
<i>Orthemis discolor</i>	2,6%	87,0%	39,0%	2,6%	3,9%	
<i>Perithemis mooma</i>	13,2%	5,0%	54,4%	7,5%	19,9%	
<i>Tamea abdominalis</i>	12,5%	0,0%	87,5%	0,0%	0,0%	
<i>Tamea calverti</i>	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Protoneuridae	<i>Neoneura confundes</i>	13,2%	4,6%	60,0%	32,1%	25,3%
	<i>Protoneura amatoria</i>	0,0%	4,5%	0,0%	95,5%	0,0%



**Figura 7.** *Perithemis* géneros que presentaron el mayor número de observaciones para el suborden Anisopteras.



**Figura 8.** *Argia* género que presentaron el mayor número de observaciones para el suborden Zygoptera.



**Figura 9.** *Telebasis farcimentum* especie endémica del país encontrada en los humedales Babilla y Panamericano

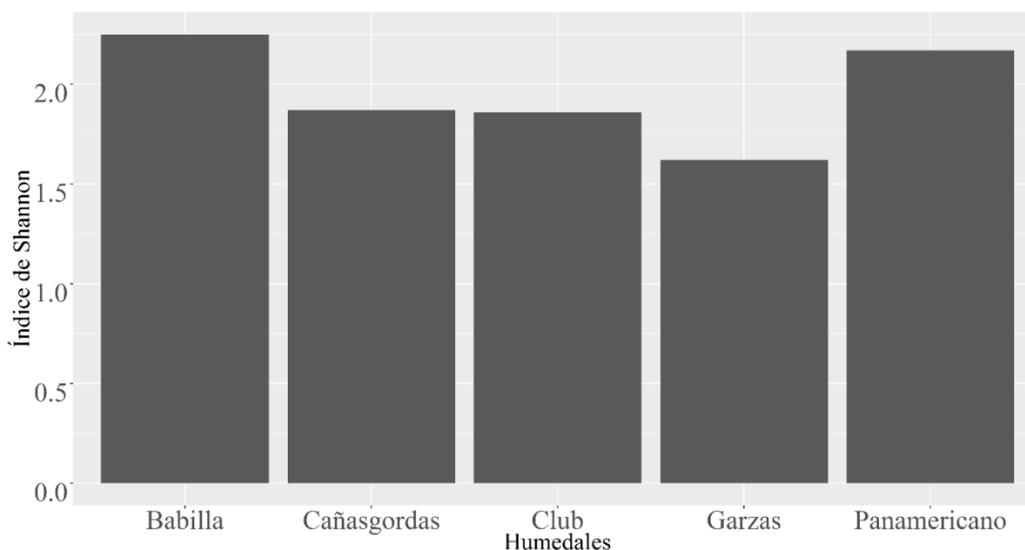
Con respecto a las medidas de alfa-diversidad, se estimó la riqueza específica, la densidad, el índice de Shannon y el estimador de riqueza Chao 1 obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 2.** Resumen de índices y estimadores calculados para determinar la diversidad y riqueza de los humedales estudiados. HBa: Humedal La Babilla, HCa: Humedal Cañasgordas, HCl: Humedal Club Farallone, HGa: Humedal Las Garzas, HPa: Humedal Panamericano

<b>Parámetro</b>	<b>HBa</b>	<b>HCa</b>	<b>HCl</b>	<b>HGa</b>	<b>HPa</b>
<b>Riqueza de especies</b>	20	17	18	9	18
<b>Densidad (Numero individuos/hectárea)</b>	98,0	322,5	115,6	85,7	189,3
<b>UM (min)</b>	715	715	715	715	715
<b>Shannon</b>	2,3	1,9	1,9	1,6	2,2
<b>Chao 1</b>	21,5	17	22,5	9	18,3

El humedal La Babilla presenta el mayor porcentaje de especies observadas por sitio con un valor de 66,67% del total de especies, seguido muy de cerca por los humedales Panamericano y Club farallones con un 60% y el Cañasgordas con 56,77% del total de especies. Mientras que el humedal Las Garzas presento los valores más pequeños con solo el 30% del total de las especies observadas. En cuanto a la densidad de individuos observados en cada humedal se encontró que existen diferencias significativas entre los humedales, específicamente entre el humedal Cañasgordas que es el que presenta los valores de densidad más altos y los humedales La Babilla ( $P < 0.001$ ), Club ( $P = 0.04$ ) y Las Garzas ( $P < 0.001$ ) con los valores más pequeños, adicionalmente este último presenta diferencias con el humedal Panamericano ( $P = 0.02$ ) que es el que presenta la segunda mayor densidad de individuos por hectárea.

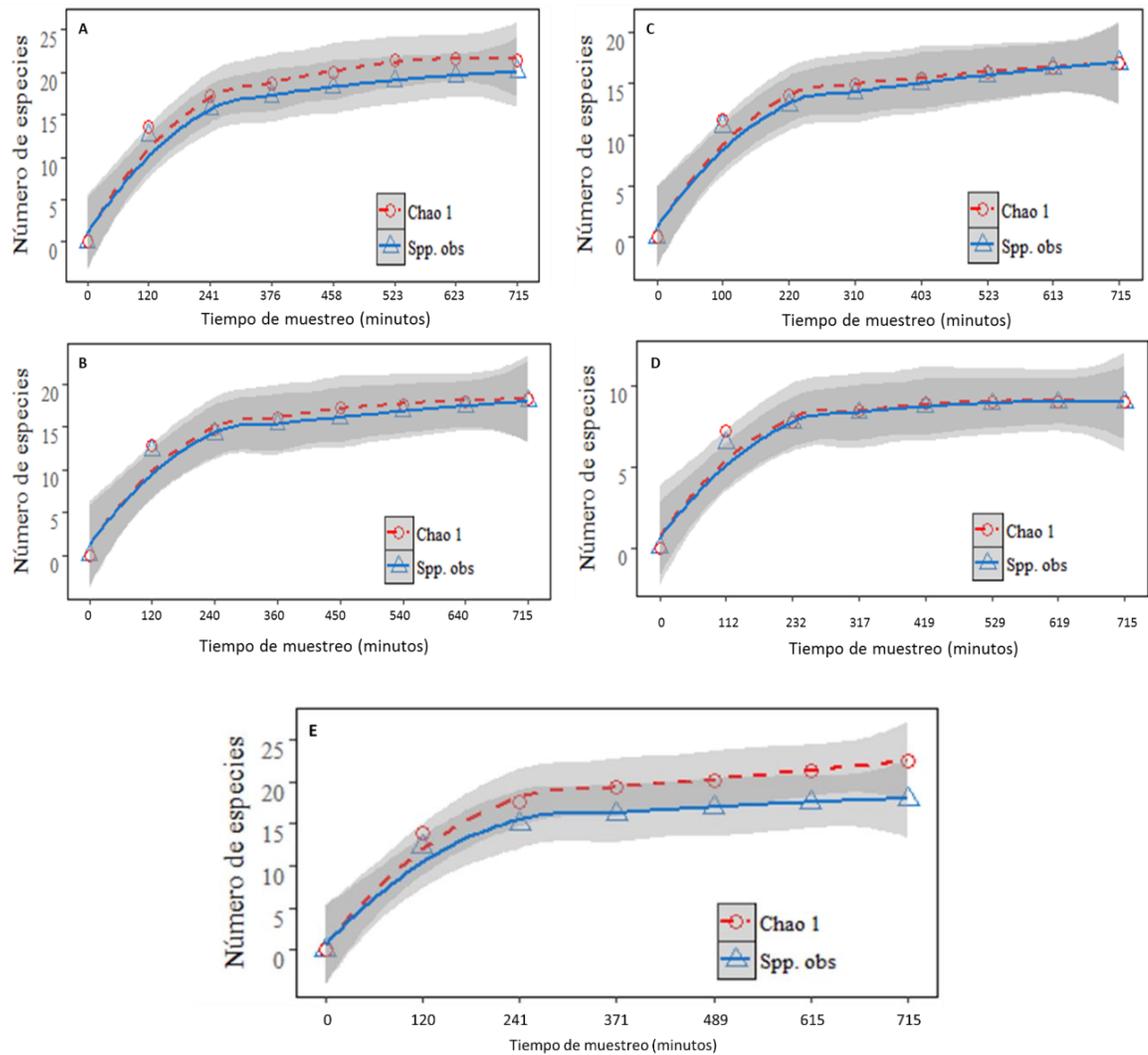
Ahora bien, el índice de Shannon es un estimador de la equitatividad que refleja la heterogeneidad de una comunidad (Pla, 2006), en donde los valores altos de  $H'$  representan valores mayores de riqueza y una distribución más homogénea entre las especies. Se observó (Figura 10) que el humedal de la Babilla presenta el valor más alto ( $H' = 2,3$ ) seguido muy de cerca por el humedal Panamericano ( $H' = 2,2$ ). Por su parte los humedales Cañasgordas y Club Farallones mostraron valores similares ( $H' = 1,9$ ). Mientras que el humedal de las Garzas presento el valor más pequeño ( $H' = 1,6$ ). Finalmente, el índice de Chao 1 que representa la riqueza de especies esperada para cada sitio de estudio se obtuvo que el humedal del Club Farallones ( $Chao1 = 22,5$ ) debería contar con la mayor riqueza, seguido del humedal Babilla ( $Chao1 = 21,5$ ) mientras que para el humedal de las Garzas obtuvo los valores más pequeños de riqueza ( $Chao1 = 9$ ) lo que muestra que los valores observados se acercan mucho a lo esperado por la teoría.



**Figura 10.** Valores de diversidad obtenidos mediante el índice de Shannon ( $H'$ ) para cada humedal. Valores altos del índice de Shannon representan valores mayores de riqueza y una distribución más homogénea entre las especies

## 2.5.2 Curvas de acumulación

Las curvas de acumulación de especies obtenidas demuestran que se realizó un muestreo representativo (Figura 11). Como se muestra en las gráficas, en todos los humedales la curva alcanza una asíntota, lo que indica que, aunque se aumenten el tiempo de muestreo dedicado -esfuerzo de muestreo-, no se incrementan el número de especies observadas debido a que se llegó a los valores de riqueza máximos. El estimador de riqueza Chao 1 se utilizó para contrastar las especies observadas con las esperadas con el fin de determinar así la eficiencia de muestreo (riqueza observada/riqueza estimada) obtenida para cada humedal. Se encontró en el caso de los humedales Babilla y Panamericano (A y B) del 100% de las especies que se esperarían encontrar fueron registradas el 93,02% y 98,19% respectivamente. Mientras que, los humedales Cañasgordas y Garzas (C y D) registraron el 100% de las especies esperadas. Finalmente, el humedal del Club Farallones (E) presentó solo el 80% de las especies esperadas siendo esta el menor valor de todos los humedales.



**Figura 11.** Curva de acumulación de especies para cada humedal, la línea azul representa las especies observadas y la línea punteada roja representa los valores del estimador Chao 1, mientras que la nube gris muestra el intervalo de confianza, (A) Humedal de la Babilla, (B) Humedal Panamericano, (C) Humedal Cañasgordas, (D) Humedal de las Garzas, (E) Humedal Club Farallones

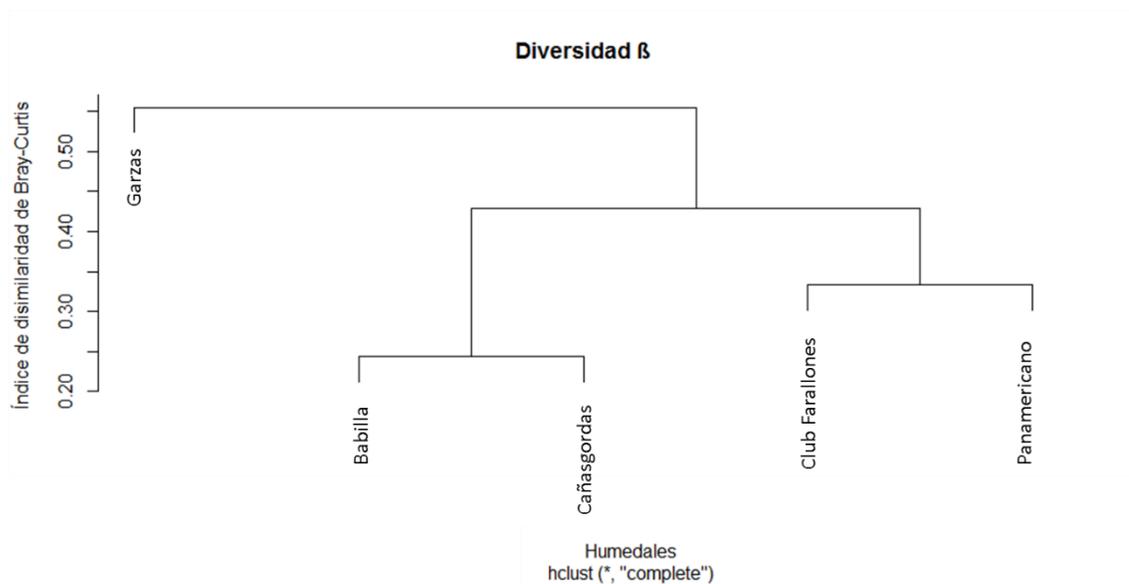
### 2.5.3 Comparación de la comunidad de adultos de Odonata entre los humedales estudiados

En general se observó que los humedales Babilla y Cañasgordas son relativamente similares en cuanto a su composición de especies compartiendo aproximadamente un 75,68% (índice de Bray-Curtis=0.24) (Figura 12). Por otro lado, los humedales del Club Farallones y Panamericano comparten el 66,67% de sus especies. Estos cuatro humedales son parecidos entre sí, compartiendo entre el 68,42% y el 57,14% de sus especies. Finalmente, el humedal de Garzas

presento los valores más pequeños de similaridad, compartiendo entre el 61,54% y el 44,44% de especies con los demás humedales (tabla 3).

**Tabla 3.** Valores de disimilaridad obtenidas mediante el índice de Bray-Curtis en las comparaciones efectuadas entre los humedales estudiados.

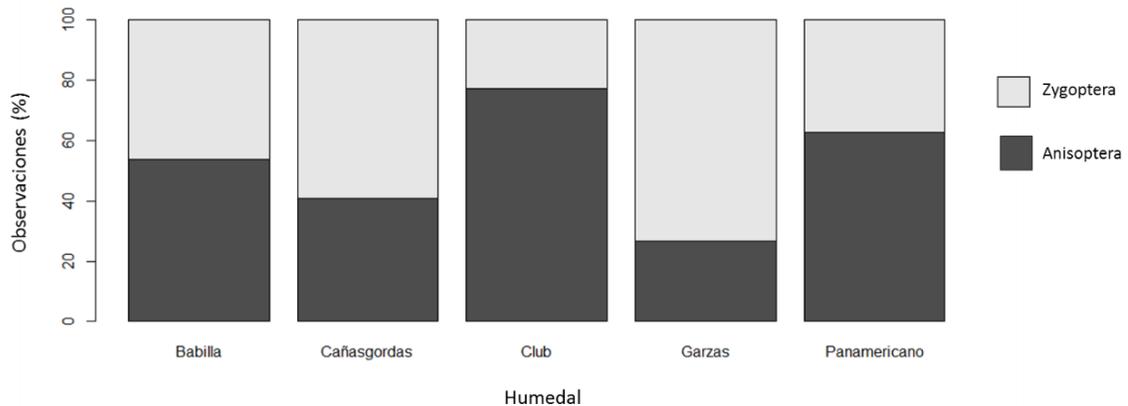
	Babilla	Cañasgordas	Club Farallones	Garzas	Panamericano
Babilla	0	0.24	0.32	0.45	0.32
Cañasgordas	0.24	0	0.37	0.39	0.43
Club Farallones	0.32	0.37	0	0.56	0.33
Garzas	0.45	0.39	0.56	0	0.56
Panamericano	0.32	0.43	0.33	0.56	0



**Figura 12.** Dendrograma de la comunidad de adultos de Odonata utilizando el coeficiente similitud de Bray-Curtis

Ahora bien, en cuanto a la distribución de las observaciones por suborden, como se puede establecer en la Figura 13 el humedal del Club Farallones con un 77,34% presenta el mayor número de observaciones para el suborden Anisoptera seguido del humedal Panamericano con un 62,70%. De igual manera, el humedal

de las Garzas presento el mayor porcentaje de las observaciones del suborden Zygoptera con un 73,33% seguido del humedal Cañasgordas con un 59,06%. El humedal de la Babilla presento valores más homogéneos con un 53,88% de observaciones de Anisoptera con un 46,12% de observaciones de Zygoptera como puede observarse en la siguiente figura:



**Figura 13.** Comparación del porcentaje de observaciones por suborden (Anisoptera-Zygoptera) en los humedales. El color gris oscuro representa el porcentaje de observaciones para el suborden Anisoptera mientras que el gris claro las del suborden Zygoptera

#### 2.5.4 Estados de conservación de los humedales

La puntuación obtenida para cada humedal de acuerdo a la adaptación de los protocolos se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 4.** Puntuación obtenida mediante la adaptación de los protocolos IHH y QBR que determina el estado de conservación.

Humedal	IHH	Estado de conservación
La Babilla	0,35	Intermedio
Cañasgordas	0,45	Intermedio
Club Farallones	0,35	Intermedio
Las Garzas	0,87	Preservado
Panamericano	0,45	Intermedio

- *Intermedios:* humedales con dominancia de vegetación rasante y herbácea y pocos árboles representados en un porcentaje de cobertura de dosel bajo.
- *Preservados:* humedales con una cobertura de dosel de más 90% dominados por estratos arbustivos.

### 2.5.4.1 Variables fisicoquímicas

En cuanto a la caracterización fisicoquímica, se estimó para cada humedal el promedio de las variables medidas que fueron: temperatura (ambiental y del agua), pH y turbiedad como puede verse en la siguiente tabla:

**Tabla 5.** Resultado promedio de las variables fisicoquímicas evaluadas para cada humedal junto con su desviación estándar. Amb: Temperatura ambiental; T. Agua: Temperatura del agua; pH: pH del agua; Transparencia del agua: Transparencia del agua obtenida con el disco Secchi

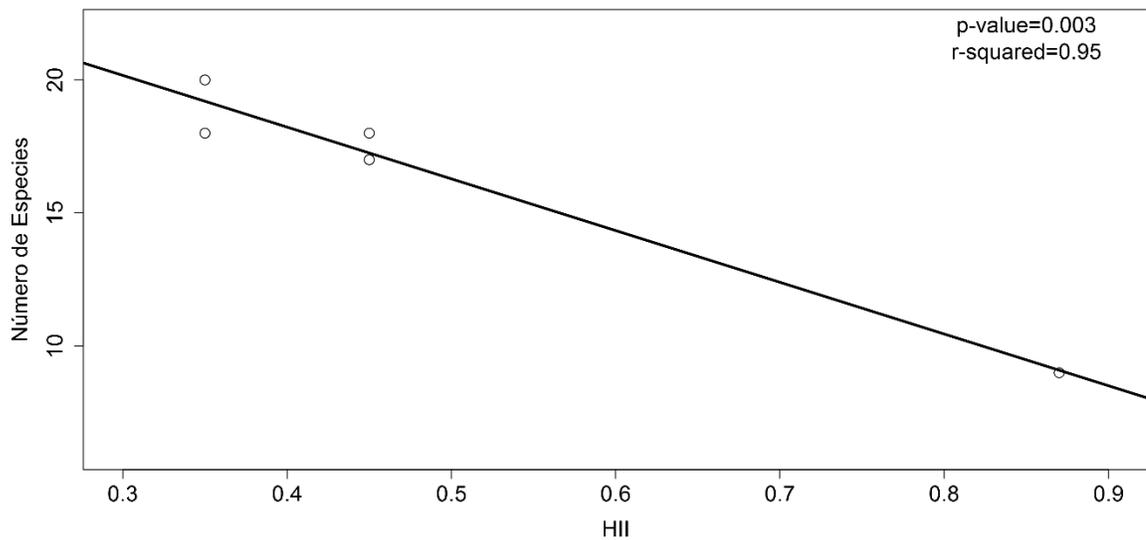
Humedal	T° Amb (°C)	T° Agua (°C)	pH del agua	Transparencia Disco Secchi (m)
La Babilla	27,52±3,15	27,12±1,73	7,74±0,23	1,03
Cañasgordas	28,63±2,95	25,89±1,23	7,88±0,23	0,95
Club	28,85±3,97	27,63±1,48	7,80±0,46	0,89
Las Garzas	28,60±2,87	27,80±1,44	9,07±0,43	0,73
Panamericano	29,80±1,79	27,75±0,75	7,65±0,29	0,93

En cuanto pH promedio los humedales se encuentran dentro de los rangos establecidos para aguas naturales que oscilan entre valores de 4 y 9 (Instituto de investigaciones marinas y costeras “José Benito Vives De Andrés” – INVEMAR, 2003; Quintero, 2017). En cuanto a la temperatura encontrada en los humedales los valores se encuentran dentro de las condiciones normales del piso térmico de la zona que ostentan temperaturas entre los 25,5 y 31 grados centígrados (Córdoba & García, 2013). Las distancias obtenidas con el disco muestran que el humedal La Babilla tiene las aguas más transparentes a diferencia del humedal Las Garzas que obtienen las menores distancias presenta la menor transparencia.

### 2.5.5 Correlación entre el estado de conservación y comunidad de libélulas

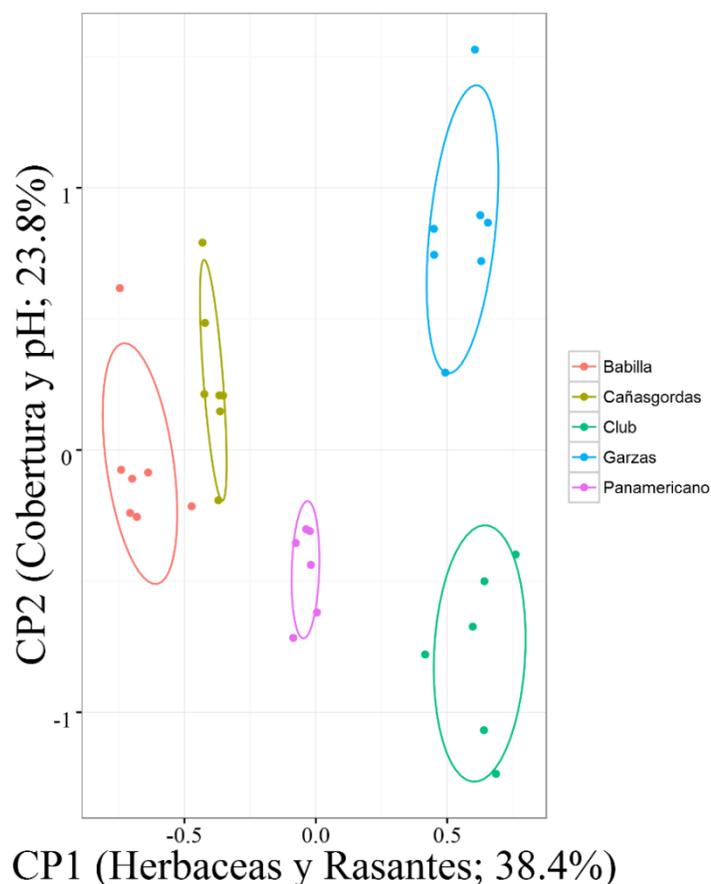
Se encontró que existe una relación entre la comunidad de adultos de Odonata y el estado de conservación establecido por Índice de integridad física (Figura 14), en donde a valores menores de integridad física del hábitat están asociados con estados de conservación intermedios se obtiene un mayor número de especies

presentes en los humedales.



**Figura 14.** Correlación lineal determinada entre los valores del Índice de Integridad de Hábitat (HII) y el número de especies.

El análisis de PCA arrojó que el 62,2% de las variaciones en la riqueza obtenida es explicada por los componentes 1 y 2 (Tabla 6 y Figura 15). En el Componente principal 1 está fuertemente correlacionado con 5 de las variables originales. Se encontró que el número de especies aumenta cuando existe un mayor porcentaje de cobertura de vegetación rasante y herbácea mientras existen las correlaciones negativas con los estratos rasantes del borde del humedal y herbáceo y arbustiva determinados en los transectos. Teniendo en cuenta que todas estas variables están asociadas con la vegetación de los humedales podríamos concluir que la composición de la vegetación es la que está explicando la mayor variación en los datos, afectando principalmente –de forma positiva y negativa- la estructura de la comunidad en los humedales. En cuanto al componente 2 las correlaciones positivas están dadas por los variables pH y cobertura de dosel, mientras que las negativas por la transparencia del agua con el disco Secchi.



**Figura 15.** Grafica del análisis de componentes principales (PCA) para las variables evaluadas

**Tabla 6.** Análisis de componentes principales que muestran cuales de las variables influyen en cada uno de los componentes. pH: pH del agua; Tam: Temperatura ambiental; Tagua: Temperatura del agua; TrasDiSe: Transparencia del agua con el disco Secchi; BoRasante: Estrato rasante del borde; BoHerbacea: Estrato herbáceo del borde; BoArbustiva: Estrato arbustivo del borde; TRasante: Estrato rasante del transepto; THerbaceo: Estrato herbaceo del transepto; TArbustivo: Estrato arbustivo del transepto.

	Comp.1	Comp.2
pH	X	0.549
Tam	-0.117	-0.109
Tagua	-0.155	X
TrasDiSe	0.247	-0.493
BoRasante	-0.370	X
BoHerbacea	0.416	0.178
BoArbustiva	X	-0.258
TRasante	0.468	X
THerbaceo	-0.469	X
TArbustivo	-0.382	-0.198
Cobertura	X	0.550

## 2.6 Discusión

En general se determinó que existen diferencias en la composición de adultos de Odonata presentes en los humedales y que estas diferencias están asociadas con el estado de conservación en el que se encuentran los mismos lo cual sugiere que podrían ser usados como organismos bioindicadores, resultado similar a lo hallado por Foote & Rice (2005) en humedales donde las libélulas respondieron a cambios en las condiciones ambientales de sus hábitats. De igual manera, estudios realizados en complejos de humedales influenciado por disturbios antropogénicos han demostrado que la obtención de información sobre la diversidad de los odonatos y la distribución de las especies puede funcionar como uno de los primeros pasos necesarios para los esfuerzos de conservación futuros (Reece & McIntyre, 2009). Adicionalmente, de Oliveira-junior et al., (2015) y Dutra & De Marco (2015) en pequeños arroyos en Brasil han determinado que la comunidad de odonatos está fuertemente asociado con las diferencias en la condición de los ecosistemas acuáticos.

En cuanto a la comunidad de libélulas, el presente estudio con un total de 3575 minutos de trabajo de campo y una eficiencia de muestreo entre 80-100% encontró un total de 30 especies, valores similares o muy cercanos a los encontrados por otros trabajos en el país asociados con cuerpos de agua lenticos y loticos, donde el número de especies observados oscila entre valores de 20 y 40 especies (Urrutia, 2005; Gil Palacio, Bustillo, Gómez Solarte, García Rincón & Zuluaga, 2007; Altamiranda, 2009; Garzón & Realpe, 2009). Las especies encontradas se distribuyeron en cuatro familias – Calopterygidae, Coenagrionidae, Libellulidae y Protoneuridae- de las cuales las Libellulidae y Coenagrionidae presentaron el mayor número de especies con un total de 17 y 10 respectivamente, ambas familias presentan el mayor número de especies registradas para los andes tropicales (Bota-Sierra *et al.*, 2016). Evaluaciones realizadas en Bosque seco tropical han reportado resultados similares donde de todas las familias registradas, Libellulidae mostró la mayor abundancia y riqueza (Altamirano, 2009), una de las razones que puede explicar este comportamiento es que esta familia suele estar asociada con áreas que presentan intervención antrópica (Saavedra, 2009), lo que concuerda con los humedales estudiados que de una u otra forma al encontrarse en el área urbana están asociados con las comunidades humanas (Rojas, Sepúlveda-Zúñiga, Barbosa, Rojas, & Martínez, 2015).

Para este estudio, de las 30 especies encontradas 6 son compartidas por todos los humedales lo que podría sugerir que son especies que pueden adaptarse fácilmente a cualquier tipo de condición sin discriminar entre ellas (Euritópicas) como lo plantean Sanabria & Realpe (2009). Dentro de estas, se encuentran las especies *Brachymesia furcata*, *Dythemis sterilis*, *Orthemis discolor*, *Perithemis mooma* de la familia Libellulidae que pertenecen al suborden anisoptera con gran

capacidad de dispersión (Juen & De marco, 2011), además los generos *Orthemis*, y *Perithemis* son considerados oportunistas de cuerpos lenticos (Gómez-Anaya, Novelo-Gutiérrez & Bruce, 2011).

A pesar de compartir especies, las estimaciones realizadas utilizando el Índice Bray-Curtis demostraron que existen diferencias en la composición de especie presentes en los humedales, de forma tal que estos pueden agruparse de acuerdo con sus similitudes de la siguiente manera: Babilla-Cañasgordas, seguido por Club Farallones-Panamericano y esto a su vez son más parecidos entre si y se diferencian del humedal de las Garzas compartiendo con este un promedio del 52% de su comunidad. Los humedales La Babilla, Cañasgordas, Club Farallones y Panamericano fueron categorizados en estados de conservación intermedios debido a que presentan dominancia de vegetación rasante y herbácea y pocos arboles representados en un porcentaje de cobertura de dosel menor al 90%, mientras que el humedal de las Garzas en estado de conservación preservado presenta una cobertura de dosel de más 90% dominado por árboles maduros (Nessimian et al., 2008). Se determinó que existe una correlación lineal entre los estados de conservación obtenidos para cada humedal y el número de especies observados, en donde los humedales Babilla, Cañasgordas, Club Farallones y Panamericano ostentan estados de conservación intermedios y pueden soportar especies que tienen requerimientos de hábitat similares (Juen & De Marco 2011), mientras que estos se diferencian del humedal de las Garzas catalogado como preservado con características de hábitat muy contrastantes.

Después de determinar dichas asociaciones se hizo importante conocer cuáles de las variables evaluadas estaban explicando la variación de los datos. Los análisis realizados sugieren en términos generales que, de los componentes evaluados, la estructura de la vegetación - complejidad vertical y cobertura de dosel-, el pH y la transparencia del agua medida con el Disco Secchi son los que están explicando la mayoría de la variación en la composición de la comunidad. Ahora bien, en cuanto a la estructura de la vegetación, los resultados obtenidos coinciden con lo reportado en la literatura en donde las libélulas suelen ser particularmente sensibles a la variación en los microclimas y la entrada de luz producidos por la vegetación, respondiendo así más a la variedad estructural que a las especies de plantas particulares (Foote & Hornung, 2005; Remsburg *et al.*, 2008; de paiva Silva *et al.*, 2010; Barbosa *et al.*, 2013; Vilela *et al.*, 2016). Se encontró que la riqueza de especies de libélulas dominada principalmente por individuos de la familia Libellulidae se ve favorecida por los estratos rasantes y herbáceos lo que concuerda con lo planteado por Remsburg *et al.*, (2008) y Foote & Hornung (2005) en donde la mayor abundancia y riqueza de libélulas adultas asociadas con el suborden Anisoptera se presentan en áreas con plantas altas de humedales que pueden funcionar como sitios de perchas que están asociados con la defensa de territorios para reproducción, termorregulación y vigilancia de las presas desde los sitios de perchas de las plantas.

Para esta investigación valores altos de pH se asociaron con poca riqueza y diversidad de especies, como lo mostrado por el humedal de las Garzas lo que podría sugerir que el pH está limitando la comunidad de libélulas. Dentro de las características fisicoquímicas, el pH del agua es una de las variables que tiene influencia en la estructura biótica y en la organización dentro de los sistemas acuáticos debido a que puede afectar el desarrollo de las larvas, comprometiendo su éxito como adulto y/o aumentando la probabilidad de extinción local (Barbosa et al., 2013). Asimismo, evaluaciones realizadas por Simaika y Samways (2011) han resaltado la importancia del pH en relación con las demás variables fisicoquímicas en el ensamblaje de las comunidades de los adultos de Odonata.

La profundidad de visibilidad de un objeto bajo el agua -disco de Secchi- provee una medida de la transparencia (Boyd, 1998). Por lo que, mientras mayor sea la turbidez del agua, menor será la visibilidad. Se conoce que las libélulas adultas escogen sus lugares de oviposición debido a señales visuales como el color, la transparencia y otras propiedades ópticas de los cuerpos de agua que puede brindarles información importantísima sobre la calidad de estos para el desarrollo de sus crías (Šigutová et al., 2015). Adicionalmente, se ha encontrado que existe una relación entre la transparencia del agua y la concentración de oxígeno disuelto, debido a que se ha demostrado que las bajas concentraciones de oxígeno disuelto asociado con aguas turbias disminuyen la riqueza de especies de macroinvertebrados y que los sitios con altas concentraciones de oxígeno asociadas con aguas poco turbias están positivamente correlacionados con una alta riqueza de especies (De Marco et al., 2014)

La hipótesis de perturbación intermedia propuesta por Connell (1978) plantea que la diversidad es alta cuando las perturbaciones ocurren en una frecuencia intermedia o con intensidad intermedia (Weithoff et al., 2001). Investigaciones realizadas por Gómez-Anaya *et al.*, (2011) y Oliveira-junior *et al.*, (2015) han demostrado que en ecosistemas acuáticos con alteraciones ambientales intermedias o moderadas el número de especies no nativas o generalistas puede aumentar, de igual forma lo hacen la carga de nutrientes, la temperatura (aumentando así la productividad) y la exposición del suelo a la luz solar favoreciendo el sostenimiento de un mayor número de especies. Adicionalmente, se ha propuesto que valores de mayor riqueza de especies de odonatos en sitios más degradados se deben principalmente a la alta incidencia de Anisoptera, probablemente relacionada con la pérdida de vegetación seguida de la sustitución de algunas especies especializadas por muchas especies generalistas (de Oliveira-Junior et al., 2015). Lo obtenido en esta investigación soporta esta teoría, debido a que se encontró una correlación positiva entre estados de conservación intermedias y valores altos de riqueza. Específicamente, el humedal de la Babilla presentó la mayor riqueza de especies y diversidad -índice de Shanno-Wiener-, seguido por los humedales Panamericano, Club Farallones y Cañasgordas, todos con estados de conservación intermedios con cierto grado de perturbación

mientras que el humedal Las Garzas, que resulta ser el que se encuentra en un estado de conservación mayor presente los valores más pequeños de riqueza - con solo nueve especies- y diversidad. De igual forma, se conoce que en el caso específico de los hábitats urbanos con alto grado de intervención humana algunos grupos como los insectos pueden presentar niveles crecientes de diversidad generalmente asociado por la presencia de especies generalistas (McKinney, 2008).

Otro componente relevante de la comunidad de libélulas es la distribución de los subordenes en los sitios de estudio. Es bien conocido que existen diferencias bionómicas entre las especies pertenecientes a los subordenes Anisopetera y Zygoptera (Dutra, S & De Marco, 2015), basadas principalmente en su tamaño corporal asociado también con su capacidad de termorregulación y potencial de dispersión (Juen & De Marco, 2011; Dutra, S & De Marco, 2015). Se esperaba encontrar en las áreas preservadas mayor fidelidad por los individuos del suborden Zygoptera, mientras que las especies de Anisoptera estuvieran asociadas con entornos degradados. Lo obtenido concuerda con las expectativas planteadas debido a que el humedal Las Garzas catalogado como preservado, es decir, el que presenta mejores condiciones de vegetación riparia presento una dominancia considerable de individuos observados del suborden Zygoptera siendo estos los que se encuentran en mayor proporción, mientras que los demás humedales en estados de conservación intermedios mostraron dominancia del suborden Anisoptera a excepción del humedal Cañasgordas.

Lo obtenido concuerda con otras investigaciones en donde se demostró que los individuos de este suborden se destacaron como indicadores positivos de hábitats preservados ( Juen & De Marco, 2011; Barbosa et al., 2013; Oliveira-junior et al., 2015). Las especies de este grupo suelen vivir en regiones tropicales, en cuerpos de agua cubiertos por vegetación densa y están restringidos a ambientes sombreados como el que se encentra en el humedal de las Garzas, debido a que son pequeños, delicados y tienen cuerpos delgados con una alta relación superficie/volumen que probablemente los hace susceptibles al sobrecalentamiento y la deshidratación volviéndose más sensibles a las variaciones ambientales por restricciones ecofisiológicas (Barbosa et al., 2013; Oliveira-junior et al., 2015).

En adición a lo anterior, investigaciones similares ya se ha reportado una disminución en la abundancia de los individuos de Anisoptera con el aumento del sombreado provocado por la vegetación de dosel, esta disminución puede ser explicada por la poca preferencia que tienen los individuos de este grupo con áreas sombreadas como lo han demostrado Remsburg et al., (2008). La iluminación o entrada de luz en los ecosistemas puede desempeñar un papel importante en la selección del hábitat porque los insectos que vuelan durante el día como las libélulas son orientado casi enteramente basado en señales visuales (Remsburg et al., 2008; de Oliveira-Junior et al., 2015; Šigutová et al., 2015).

Estas formas de organización reafirman lo obtenido en el presente estudio, en donde el humedal de las Garzas que presenta una cobertura de dosel del 99% mostro pocas observaciones de especies Anisopteras con solo el 26,57%, es importante debido a que está directamente implicada en la entrada de luz a los ecosistemas es una de las características físicas que está explicando las variaciones existentes entre los humedales.

Ahora bien, de los humedales en estado de conservación intermedio Club Farallones-Panamericano cumplieron con el patrón establecido, mostrando una dominancia mucho mayor de los individuos de Anisoptera asociadas con áreas abiertas de poca vegetación riparia como ya se mencionó. Este no fue el caso de los humedales La Babilla y Cañasgordas que son parecidos entre sí en cuanto a su composición de especies no mostraron una dominancia clara de los individuos del suborden Anisoptera como se esperaría, inclusive en este último humedal dominan por poco los individuos del suborden Zygoptera -59,06%- este patrón puede explicarse porque, aunque ambos humedales presentan áreas abiertas cuentan con una conexión con ecosistemas naturales además, el humedal Cañasgordas presenta una cobertura de dosel del más 50% lo que representan aéreas cubiertas que favorecen a las especies de Zygoptera como se había mencionado antes. En el caso del humedal La Babilla este está conectado con un remanente de bosque seco (anexo 3), por su parte el humedal Cañasgordas está rodeado por la quebrada "Guali" (anexo 4) ambos ecosistemas que pueden ofrecer y albergar especies con requerimientos de hábitat más específicos.

Estas asociaciones demostradas entre la forma en que organizan las comunidades de adultos de Odonata y el estado de conservación sugieren que pueden ser usados como potenciales organismos bioindicadores de los humedales ubicados en el sur de Santiago de Cali, debido a que cambios en sus comunidades se están viendo reflejados con cambios en las condiciones de la vegetación asociada a cada humedal, su pH y la transparencia de agua, las cuales son variables importantes para definir su calidad ambiental (Simaika & Samways, 2011; Šigutová *et al.*, 2015). En donde, la dominancia de especies Zygopteras está asociada con ecosistemas más preservados (Juen & De Marco, 2011; Barbosa *et al.*, 2013; Oliveira-junior *et al.*, 2015) mientras que una dominancia en especies Anisopteras se observa en ecosistemas con algún tipo de perturbación (de Oliveira-junior *et al.*, 2015)

Un hallazgo importante dentro de esta investigación fue la presencia de la especie *Telebasis farcimentum* en los humedales La Babilla y Panamericano que solía estar asociada a áreas sombreadas con buena cobertura de vegetación. Esta especie es endémica del sur de las cordilleras Central y Occidental en Colombia donde habita humedales entre los 1000 y los 1700 m.s.n.m, con una distribución restringida reportada solo en tres localidades, los factores reportados como causales de su estado vulnerable son agricultura y expansión urbana (Bota-Sierra *et al.*, 2016). Esto reafirma la idea que los humedales urbanos, especialmente los

artificiales funcionan como sitios de resguardo de diversidad (Davis, 1994; USEPA, 1993). Por otro lado, al ser registrada en humedales con estado de conservación intermedia su permanencia en los sitios puede estar comprometida, lo que hace urgente que se desarrollen medidas de protección en estos humedales.

## 2.7 Conclusiones

- Se encontró un total de 30 especies distribuida en 4 familias en los humedales Babilla, Cañasgordas, Club Farallones, Garzas y Panamericano ubicados en la comuna 22 de Santiago de Cali. Las familias más diversas fueron Libellulidae y Coenagrionide.
- Existen diferencias en la comunidad de adultos de Odonata presente en el humedal de las Garzas con respecto a los humedales Babilla, Cañasgordas, Club Farallones y Panamericano que son más parecidos entre sí.
- Los análisis realizados sugieren en términos generales que de los componentes evaluados, la estructura de la vegetación - complejidad vertical y cobertura de dosel- , el pH del agua y la transparencia del agua medida con el Disco Secchi son los que están explicando la mayoría de la variación en la composición de la comunidad.
- Las asociaciones demostradas entre la forma en que organizan las comunidades de adultos de Odonata y el estado de conservación sugieren que pueden ser usados como potenciales organismos bioindicadores de los humedales ubicados en el sur de Santiago de Cali.
- Los humedales urbanos representan hábitats que pueden soportar un número considerable de especies de libélulas.

## 2.8 Recomendaciones

- Hacer descripciones más complejas de los humedales estudiados para determinar que otras variables puedan estar afectadas la comunidad de libélulas. Es importante aclarar que el objetivo de este estudio no era determinar especies bioindicadoras, sino más bien demostrar la existencia de una relación entre estado de conservación y comunidad de libélulas adultas teniendo en cuenta que esta labor no es una tarea fácil, debido a que es necesario información historia de vida y estudios ecológicos sobre estas especies un área con muy poca información para el Neotrópico (Garrison *et al.*,2006). Adicionalmente, es importante acumular conocimientos sobre los rasgos de la historia de vida, que permiten la interpretación adecuada (y la predicción) de la magnitud y dirección de los efectos medidos como ya lo han mencionado Dutra y De Marco (2010). En

segundo lugar, necesitamos una evaluación cuantitativa de la respuesta de las especies a las características ambientales, proporcionando apoyo empírico para las opciones de indicación (Dutra & De Marco, 2010).

- Hacer descripciones más complejas de los humedales estudiados para determinar que otras variables puedan estar afectadas la comunidad de libélulas.
- Ampliar el número de muestras incluyendo más humedales, que cuenten con distintos grados de conservación para realizar comparaciones más contrastantes. Adicionalmente, incluir humedales con buena cobertura boscosa para determinar si el efecto del pH y la Turbidez en las Garzas son los que realmente están causando el patrón observado.
- Evitar la homogenización del paisaje asociada a cada humedal dominado por estratos rasantes y herbáceos, debido a que el área sombreada y con buena cobertura de dosel representan áreas de importancia para especies con requerimientos de hábitat más específicos y restringidos.

## 2.9 Bibliografía

Altamiranda Saavedra, M. (2009). Diversidad de libélulas (Insecta-Odonata) para dos usos de suelo, en un bosque seco tropical. *Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín*, 62(2).

Alvarez, H., Arana, A.E., Baena, L.M., Balanta, C., Bolivar, W., Calero, A., Castro, F., Flórez, P.E., Gomez, N., Gonzales, C.A., Mondragon, C.E., Muñoz, L.A., Orejuela, J.E., Palta, M.V., Peck, R.B., Quintero, H.J., Reyes, M., Rivera, M., Rojas, V., Salazar, M.I., Sandoval M.C. & Vargas, W. (2009). *Humedales del valle geográfico del rio Cauca: génesis, biodiversidad y conservación*. Recuperado de [https://issuu.com/natucreativa/docs/humedales\\_del\\_valle\\_geogr\\_fico\\_del](https://issuu.com/natucreativa/docs/humedales_del_valle_geogr_fico_del)

Barbosa, J.M. (2013). *O efeito da alteração ambiental sobre assembleias de Odonata na Amazônia Oriental* (Tesis de maestría). Universidade do Estado de Mato Grosso, Mato Grosso, Brasil.

Bermudez R, C., Lopez Victoria M., (2009). Primeros registros de libélulas (Odonata: Anisoptera) en la Isla Malpelo, Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, Volumen 35 (2), pp 286-287.

Blanco, M., Fernández, I., Mateos, B. y Menéndez-Majón, C. (2015). *Caracterización de la comunidad de Odonatos (Insects: Odonata) de la Playa del Xagó*. Recuperado de [http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/32382/3/Caracterizaci%C3%B3n%20de%20la%20comunidad%20de%20Odonatos%20de%20Xag%C3%B3%20\(prot egido\).pdf](http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/32382/3/Caracterizaci%C3%B3n%20de%20la%20comunidad%20de%20Odonatos%20de%20Xag%C3%B3%20(prot egido).pdf)

- Boyer, T., & Polasky, S. (2004). Valuing urban wetlands: a review of non-market valuation studies. *Wetlands*, 24(4), 744-755. [https://doi.org/10.1672/0277-5212\(2004\)024\[0744:VUWARO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1672/0277-5212(2004)024[0744:VUWARO]2.0.CO;2)
- Burton, T., & Tiner, R. (2009). Ecology of Wetlands. *Encyclopedia of Inland Waters*, 507–515. <https://doi.org/10.1016/B978-012370626-3.00056-9>
- Carignan, V., & Villard, M.-A. (2002). Selecting indicator species to monitor ecological integrity: a review. *Environmental Monitoring and Assessment*, 78(1), 45–61. <https://doi.org/10.1023/A:1016136723584>
- Chovanec, A. y Waringer, J. (2001). Ecological integrity of river–floodplain systems—assessment by dragonfly surveys (Insecta: Odonata). *Regulated Rivers: Research & Management*, 17, 493–507. doi: 10.1002/rrr.664
- Clergeau, P., Savard, J. P. L., Mennechez, G., & Falardeau, G. (1998). Bird abundance and diversity along an urban-rural gradient: a comparative study between two cities on different continents. *Condor*, 413-425.
- Colwell, R. (2017). EstimateS Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from samples, Version 9.1.0. Recuperado de: <http://viceroy.colorado.edu/estimates/>
- Córdoba, J. & Garcia, N. (2013). Caracterización de islas frescas urbanas –IFU- en la ciudad de Santiago de Cali, Colombia. *Entorno geográfico*, vol. 3, 122-144
- Cortés-Duque, J. & L. M. Estupiñán-Suárez. (Eds.). 2016. Las huellas del agua. Propuesta metodológica para identificar y comprender el límite de los humedales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Fondo Adaptación. Bogotá D. C., Colombia. 340 pp.
- Cowardin, L., Cartes, V., Golet, F. & LaRoe, E. (1979). *Classification of Wetlands and Deepwater Habitats of the United States*. Washington, United States of America: U.S. Department of the Interior, US Fish and Wildlife Service.
- Culhane, Fiona (2005). *The Impact of Forest Disturbance on Odonata Communities and the Potential Use of Odonata as Indicators of Environmental Disturbance, Buton Island, Indonesia* (Tesis de pregrado). Trinity College Dublin, Dublín, República de Irlanda.
- Davis, L. (1994). *A handbook of constructed wetlands [electronic resource] : a guide to creating wetlands for agricultural wastewater, domestic wastewater, coal mine drainage, stormwater in the Mid-Atlantic Region*. Recuperado de <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-10/documents/constructed-wetlands-handbook.pdf>
- Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente -DAGMA-. (2005). *Diagnostico técnico componente florístico de cuatro ecosistemas urbanos Cali* Recuperado de [http://www.cali.gov.co/publico2/documentos/dagma/estudios\\_ambientales/INFORMEFINALCONTRATOCONSULTORIA207\\_2005.pdf](http://www.cali.gov.co/publico2/documentos/dagma/estudios_ambientales/INFORMEFINALCONTRATOCONSULTORIA207_2005.pdf)

Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente -DAGMA-. (s.f). Agenda Ambiental (413). Recuperado de <https://consejoambiental.files.wordpress.com/2009/10/comuna-221.pdf>

de Oliveira-Junior, J. M. B., Shimano, Y., Gardner, T. A., Hughes, R. M., de Marco Júnior, P., & Juen, L. (2015). Neotropical dragonflies (Insecta: Odonata) as indicators of ecological condition of small streams in the eastern Amazon. *Austral Ecology*, 40(6), 733–744. <https://doi.org/10.1111/aec.12242>

De Marco, P., Nogueira, D. S., Correa, C. C., Vieira, T. B., Silva, K. D., Pinto, N. S., ... & de Oliveira, A. A. B. (2014). Patterns in the organization of Cerrado pond biodiversity in Brazilian pasture landscapes. *Hydrobiologia*, 723(1), 87-101.

de paiva Silva, D., De Marco, P., & Resende, D. C. (2010). Adult odonate abundance and community assemblage measures as indicators of stream ecological integrity: A case study. *Ecological indicators*, 10(3), 744–752. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2009.12.004>

Dugan, P.J. (Ed.). (1992). Conservadio de Humedales, Un analisis de temas de actualidad y acciones necesarias. Gland, Suiza: International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (UICN).

Dutra, S., & De Marco, P. (2015). Bionomic differences in odonates and their influence on the efficiency of indicator species of environmental quality. *Ecological Indicators*, 49, 132–142. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.09.016>

Esquivel, C. 2006. Libélulas de Mesoamerica y el caribe. Editorial INBIO, San José de Costa Rica. 320 p.

Evaluación de los Ecosistemas del Milenio -EM-. 2005. *Los Ecosistemas y el Bienestar Humano: Humedales y Agua*. Informe de Síntesis. World Resources Institute. Washington, EUA. 80 p.

Fundación Río Cauca. (2007). Plan de manejo ambiental integral del Humedal Cañasgordas Municipio de Santiago de Cali. Santiago de Cali, Colombia. Recuperado de [http://www.cali.gov.co/publico2/documentos/dagma/estudios\\_ambientales/PLANM\\_ANEJOCONTRATOCONSULTORIA557\\_06\\_PARTE12007.pdf](http://www.cali.gov.co/publico2/documentos/dagma/estudios_ambientales/PLANM_ANEJOCONTRATOCONSULTORIA557_06_PARTE12007.pdf)

Garzón C. & Realpe E., (2009). Diversidad de odonata (insecta) en la reserva natural cabildo-verde (Sabana de Torres-Santander, Colombia), una aproximación hacia la conservación. *Revista Caldasia*, Volumen 31 (2), 459-470

Garrison, R., (2009). A synopsis of the genus *Telebasis* (Odonata: Coenagrionidae). *International Journal of Odonatology*, 12(1), 1-121. doi: 10.1080/13887890.2009.9748331

Garrison, R. W., von Ellenrieder, N., & Louton, J. A. (2006). *Dragonfly genera of the New World: an illustrated and annotated key to the Anisoptera*. JHU Press.

Gil Palacio, Z. N., Bustillo Pardey, A. E., Gómez Solarte, N., García Rincón, P. A., & Zuluaga, Y. M. (2007). Las libélulas y su rol en el ecosistema de la zona cafetera. *Avances técnicos Cenicafé*. 357 ISSN-0120-0178

Gómez-Anaya, J. A., Novelo-Gutiérrez, R., & Bruce Campbell, W. (2011). Diversity and distribution of Odonata (Insecta) larvae along an altitudinal gradient in Coalcomán mountains, Michoacán, Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 59(4), 1559-1577.

González, C. & Vallarino, A. (2014). Los bioindicadores ¿una alternativa real para la protección del medio ambiente?. En González, C. A., Vallarino, A., Pérez, J. C & Low, A. M. (Ed.). *Bioindicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental*. San Cristóbal de Las Casas y México, D.F., México: El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur) y Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)

Goldschmidt, T., Helson, J. E., & Williams, D. D. (2016). Ecology of water mite assemblages in Panama—First data on water mites (Acari, Hydrachnidia) as bioindicators in the assessment of biological integrity of neotropical streams. *Limnologica-Ecology and Management of Inland Waters*, 59, 63-77. <https://doi.org/10.1016/j.limno.2016.03.007>

Harabiš, F., & Dolný, A. (2012). Human altered ecosystems: suitable habitats as well as ecological traps for dragonflies (Odonata): the matter of scale. *Journal of Insect Conservation*, 16(1), 121-130.

Heckman, C. W. (2006). *Encyclopedia of South American aquatic insects: Odonata-Anisoptera: illustrated keys to known families, genera, and species in South America*. Springer Science & Business Media.

Heckman, C. W. (2008). *Encyclopedia of South American aquatic insects: Odonata-Zygoptera: Illustrated keys to known families, genera, and species in South America*. Springer Science & Business Media.

Hernandez Henao, Santiago. (2015). *Indicadores de Calidad Ambiental de Humedales* (Tesis de pregrado). Recuperado de <http://repositorio.ucm.edu.co:8080/jspui/bitstream/handle/10839/1136/Santiago%200>

Hernandez%20Henao.pdf?sequence=1Holt, E. A. y Miller, S. W. (2010) Bioindicadores: Using Organisms to Measure Environmental Impacts. *Nature Education Knowledge*, 3(10), 8. Recuperado de <http://www.nature.com/scitable/knowledge/library/bio-indicators-using-organisms-to-measure-environmentalimpacts-16821310>

Instituto de investigaciones marinas y costeras “José Benito Vives De Andrés” – INVEMAR Vinculado al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2003). *Manual de técnicas analíticas para la determinación de parámetros fisicoquímicos y contaminantes marinos*. Recuperado de

<http://www.invemar.org.co/redcostera1/invemar/docs/7010manualTecnicasanaliticas..pdf>

Jaramillo, U., Cortés-Duque, J. & Flórez, C. (eds.). 2015. *Colombia Anfibia. Un país de humedales. Volumen I*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C., Colombia. 140 pp.

Jimenez Valverde, A., Hortal, J. (2003). Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*, Volumen (8), pp 151-161.

Jaramillo, U., Cortes-Duque, J. y Florez, C. b(eds.). 2016. *Colombia Anfibia, un país de humedales. Volumen II*. Instituto de Investigacion de Recursos Biologicos Alexander von Humboldt. Bogota, D. C., Colombia. 116 p.

Juen, L., & De Marco, P. (2011). Odonate biodiversity in terra-firme forest streamlets in Central Amazonia: On the relative effects of neutral and niche drivers at small geographical extents. *Insect Conservation and Diversity*, 4(4), 265–274. <https://doi.org/10.1111/j.1752-4598.2010.00130.x>

Kutcher, T. E., y Bried, J. T. (2014). Adult Odonata conservatism as an indicator of freshwater wetland condition. *Ecological Indicators*, 38, 31-39. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.10.028>

Lee, A., & Rice, C. L. (2005). Odonates as biological indicators of grazing effects on Canadian prairie wetlands. *Ecological Entomology*, 30(3), 273-283.

Marquez, J. (2005). Técnicas de colecta y preservación de insectos. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, 37,385 – 408.

McGeoch, M. a. (1998). The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicadores. *Biological Reviews*, 73(1998), 181–201. <https://doi.org/10.1017/S000632319700515X>

Mejía, M. A. (ed.). 2016. *Naturaleza Urbana: Plataforma de Experiencias*. Bogotá. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 208 págs.

McKinney, M. L. (2008). Effects of urbanization on species richness: a review of plants and animals. *Urban ecosystems*, 11(2), 161-176.

Ministerio del Medio ambiente -MMA-. 2002. *Política nacional para humedales interiores de Colombia*. Documento en línea. [http://www.minambiente.gov.co/documentos/normativa/ambiente/politica/polit\\_nal\\_humedales\\_int\\_colombia.pdf](http://www.minambiente.gov.co/documentos/normativa/ambiente/politica/polit_nal_humedales_int_colombia.pdf); consultado: 18-10-2016.

Mitsch, W. J., Bernal, B., & Hernandez, M. E. (2015). Ecosystem services of wetlands. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 11(1), 1–4. <https://doi.org/10.1080/21513732.2015.1006250>

Munné, A.; Solà, C. & Prat, N. (1998). *QBR: Un índice rápido para la evaluación de la calidad de los ecosistemas de ribera*. *Tecnología del Agua*, 175: 20-37.

Murdiyarso, D., Kauffman, J.B., Warren, M., Pramova, E. and Hergoualc'h, K. (Ed.). (2012). *Tropical wetlands for climate change adaptation and mitigation: Science and policy imperatives with special reference to Indonesia*. Working Paper 91. CIFOR, Bogor, Indonesia.

Nessimian, J. L., Venticinque, E. M., Zuanon, J., De Marco, P., Gordo, M., Fidelis, L., & Juen, L. (2008). Land use, habitat integrity, and aquatic insect assemblages in Central Amazonian streams. *Hydrobiologia*, 614(1), 117-131.

Oliveira-Junior, J. M. B., Shimano, Y., Gardner, T. A., Hughes, R. M., Marco Júnior, P., & Juen, L. (2015). Neotropical dragonflies (Insecta: Odonata) as indicators of ecological condition of small streams in the eastern Amazon. *Austral ecology*, 40(6), 733-744. <https://doi.org/10.1111/aec.12242>

Ortega, M.; Martínez, F. & Padilla, F. (2003). *Aspectos metodológicos para evaluar la calidad ambiental de los humedales*. En, Paracuellos, M. (ed.): *Ecología, manejo y conservación de los humedales*, pp. 125-137. Recuperado de [http://www.herbogeminis.com/IMG/pdf/evaluacion\\_calidad\\_ambiental\\_humedales.pdf](http://www.herbogeminis.com/IMG/pdf/evaluacion_calidad_ambiental_humedales.pdf)

Pérez-Gutiérrez, L. A., & Palacino-Rodríguez, F. (2011). Updated checklist of the Odonata known from Colombia. *Odonatologica*, 40, 203–225

Pla, L. (2006). Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. *Interciencia*, 31(8).

Pinilla, G. A. (2000). *Indicadores Biológicos en Ecosistemas Acuáticos Continentales de Colombia: Compilación bibliográfica*. Santafé de Bogotá, Colombia: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.

Quintero, . A C., (2017). *Integración de índices de calidad del hábitat con modelos fisicoquímicos y ecológicos orientados a la recuperación del ecosistema acuático del río Meléndez bajo el marco de acción del proyecto corredor verde de Cali* (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma de Occidente, Santiago de Cali, Colombia.

R Development Core Team. (2017). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R *Foundation for Statistical Computing Vienna Austria*, 0, {ISBN} 3-900051-07-0. <http://doi.org/10.1038/sj.hdy.6800737>

Reece, B. A., & McIntyre, N. E. (2009). Community assemblage patterns of odonates inhabiting a wetland complex influenced by anthropogenic disturbance. *Insect Conservation and Diversity*, 2(2), 73-80. doi: 10.1111/j.1752-4598.2008.00044.x

Remsburg, A. J., Olson, A. C., & Samways, M. J. (2008). Shade alone reduces adult dragonfly (Odonata: Libellulidae) abundance. *Journal of insect behavior*, 21(6), 460-468. <https://doi.org/10.1007/s10905-008-9138-z>

Reyes-Morales, F. (2013). Macroinvertebrados acuáticos de los cuerpos lénticos de la Región Maya. Guatemala. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia*, 22(1), 7-16.

Rivera, J.J., Pinilla, G., Camacho, D. (2013). Grupos tróficos de macroinvertebrados acuáticos en un humedal urbano andino de Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, vol. 18 (2), 43-56. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=319028011005>

Rojas C., Sepulveda Z E., Barbosa O., Rojas O., Martinez C. (2015). Patrones de urbanización en la biodiversidad de humedales urbanos en Concepción metropolitana. *Revista de Geografía Norte Grande*. (61), 181-204.

Roldan Perez, Gabriel. (2003). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del Método BMWP/Col*. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia

Samways, M. J. (2006). Threat levels to odonate assemblages from invasive alien tree canopies. Cordero, A. (Ed.), *Forests and Dragonflies: Fourth WDA International Symposium of Odonatology*, Pontevedra (Spain), July 2005 (pp. 209-224). Bulgaria: Pensoft.

Sandoval, D. (2010). *Estudio evolutivo de la madre vieja Guarino y la incidencia de las comunidades aledañas en su recuperación y preservación como ecosistema estratégico* (Tesis de maestría). Universidad Santiago de Cali, Santiago de Cali

Sato, M. & Riddiford, N. (2007). A preliminary study of the Odonata of S'Albufera Natural Park, Mallorca: status, conservation priorities and bio-indicator potential. *Journal of Insect Conservation*, 12(5), 539-548. doi: 10.1007/s10841-007-9094-5

Secretaría de la Convención de Ramsar -Ramsar-. (2006). *Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971)*, 4a. edición. Recuperado de [http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/lib/lib\\_manual2006s.pdf](http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/lib/lib_manual2006s.pdf)

Secretaría de la Convención de Ramsar. (2008). *10ª Reunión de la Conferencia de las Partes en la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971)*. Recuperado de [http://archive.ramsar.org/pdf/res/key\\_res\\_x\\_27\\_s.pdf](http://archive.ramsar.org/pdf/res/key_res_x_27_s.pdf)

Šigutová, H., Šigut, M. & Dolný, A. (2015). Intensive fish ponds as ecological traps for dragonflies: an imminent threat to the endangered species *Sympetrum depressiusculum* (Odonata: Libellulidae). *Journal of Insect Conservation*, 19, 961–974. doi: 10.1007/s10841-015-9813-2

Simaika, J. P., & Samways, M. J. (2011). Comparative assessment of indices of freshwater habitat conditions using different invertebrate taxon sets. *Ecological Indicators*, 11(2), 370-378.

Simaika, J. & Samways, M. (2015). Predicted range shifts of dragonflies over a wide elevation gradient in the southern hemisphere. *Freshwater science*, 34(3), 1133-1143. doi:10.1086/682686

Simaika, J. P., Samways, M. J., & Frenzel, P. P. (2016). Artificial ponds increase local dragonfly diversity in a global biodiversity hotspot. *Biodiversity and Conservation*, 25(10), 1921–1935. <https://doi.org/10.1007/s10531-016-1168-9>

Tognelli, M.F., Lasso, Tognelli, M.F., Lasso, C.A., Bota-Sierra, C.A., Jiménez-Segura, L.F. y Cox, N.A. (2016). Capítulo 5. Estado de conservación de las libélulas de los Andes Tropicales. En Bota-Sierra, C., Maufray, B., Palacino-Rodríguez, F., Hofmann, J., Tennessen, K., Rache, L y. & Tognelli, M. (Ed.), Estado de conservación y distribución de la biodiversidad de agua dulce en los andes tropicales (pp. 67-85). Gland, Suiza, Cambridge, UK y Arlington, USA: UICN

United States Environmental Protection Agency -USEPA-. (1993). *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment and Wildlife Habitat* (EPA832-R-93-005). Recuperado [https://www.epa.gov/sites/production/files/201510/documents/2004\\_10\\_25\\_wetlands\\_introduction.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/201510/documents/2004_10_25_wetlands_introduction.pdf)

Urrutia, M. X. (2005). Riqueza de especies de Odonata Zigoptera por unidades fidiográficas en el departamento del Valle del Cauca. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle*, 6(2), 30-36.

Vilela, D. S., Ferreira, R. G. y Del-Claro, K. (2016). The Odonata community of a razilian vereda: seasonal patterns, species diversity and rarity in a palm swamp environment. *Bioscience Journal*, 32(2), 486–495.

Villarreal, H., Alvarez, M., Cordoba, S. Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza H., Ospina, M. y Umaña, A. (2004). *Manual para los Métodos para el Desarrollo de Inventarios de Biodiversidad*. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt.

Weithoff, G., Walz, N., & Gaedke, U. (2001). The intermediate disturbance hypothesis--species diversity or functional diversity? *Journal of Plankton Research*, 23(10), 1147–1155. <https://doi.org/10.1093/plankt/23.10.1147>

Whigham, D. F. (1999). Ecological issues related to wetland preservation, restoration, creation and assessment. *Science of the Total Environment*, 240(1), 31-40.

## Anexos

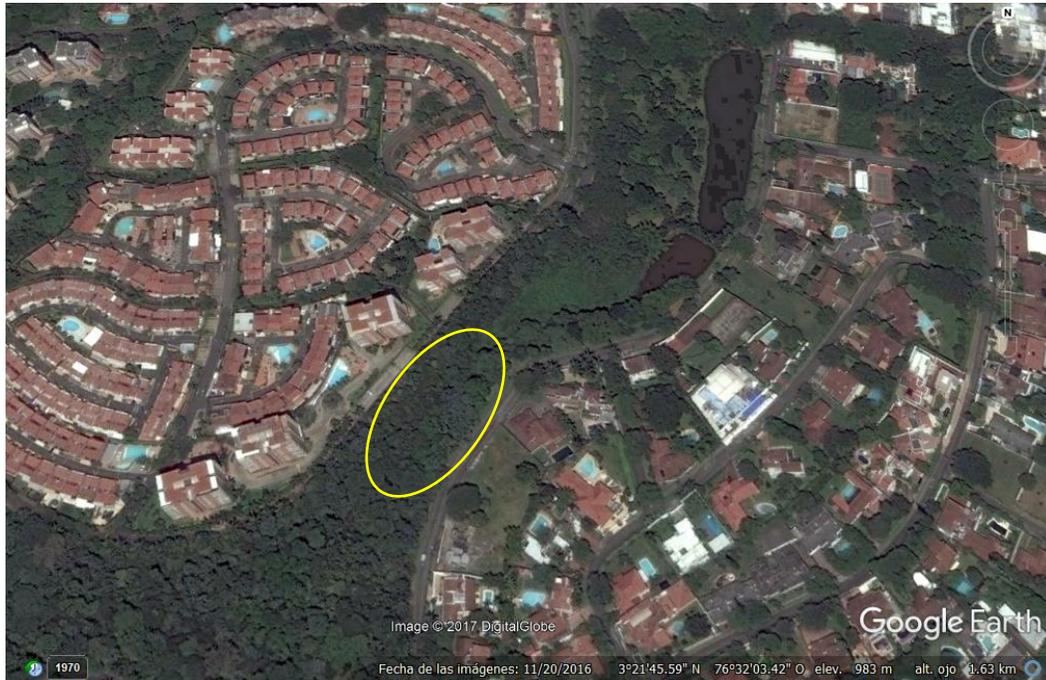
### Anexo 1. Número de individuos colectados por especies

<b>Especies</b>	<b>Número de individuos</b>
<b><i>Acanthagrion trilobatum</i></b>	8
<b><i>Anatya guttata</i></b>	2
<b><i>Argia pulla</i></b>	30
<b><i>Argia translata</i></b>	8
<b><i>Brachymesia furcata</i></b>	1
<b><i>Cannaphila vibex</i></b>	2
<b><i>Dythemis multipunctata</i></b>	1
<b><i>Dythemis sterilis</i></b>	5
<b><i>Enallagma novaehispaniae</i></b>	6
<b><i>Erythrodiplax fusca</i></b>	8
<b><i>Hetaerina occisa</i></b>	2
<b><i>Ischnura ramburii</i></b>	7
<b><i>Leptobasis vacillans</i></b>	1
<b><i>Micrathyria aequalis</i></b>	5
<b><i>Micrathyria ocellata</i></b>	3
<b><i>Perithemis mooma</i></b>	3
<b><i>Protoneura amatoria</i></b>	4
<b><i>Telebasis farcimentum</i></b>	3
<b><i>Telebasis filiola</i></b>	2
<b><i>Telebasis salva</i></b>	4

**Anexo 2.** Variables analizadas en el Análisis de componentes principales (PCA). Los humedales son representados de la siguiente manera, HBa: Humedal de la Babilla, HCa: Humedal Cañasgordas, HCl: Humedal Club Farallone, HGa: Humedal de las Garzas, HPa: Humedal Panamericano. Con el fin de determinar cuáles son las que estas explicando la variación. Las variables incluidas en el análisis fueron pH: pH del agua; Tam: Temperatura ambiental; Tagua: Temperatura del agua; TrasDiSe: Transparencia del agua con el disco Secchi; BoRasante: Estrato rasante del borde; BoHerbacea: Estrato herbáceo del borde; BoArbustiva: Estrato arbustivo del borde; TRasante: Estrato rasante del transepto; THerbaceo: Estrato herbáceo del transepto; TArbustivo: Estrato arbustivo del transepto

Humedal	No.s pp	pH	Tam	Tagua	Turbiedad	Bo Ra (%)	Bo Her (%)	Bo Ar (%)	TR a (%)	TH er (%)	TA r (%)	Co Do (%)
HBa	20	7,7 35	27,5 21	27,1 21	1,03	20	52	28	94, 17	4,8 3	1	22
HCa	17	7,8 84	28,6 26	25,8 89	0,95	5	38	11	79	13, 67	7,3 3	62
HCl	18	7,7 99	28,8 45	27,6 3	0,89	68, 12	12,2	19, 65	52	36, 67	11, 17	13
HGa	9	9,0 65	28,5 98	27,7 95	0,73	34	46	19	70, 67	25, 33	4	99
HPa	18	7,6 48	29,8 01	27,7 5	0,93	11	42	39	64, 67	25, 5	9,8 3	41

**Anexo 3.** Imagen satelital tomada del Google Earth del humedal de la Babilla. El círculo rojo muestra el área donde inicia la conexión entre el humedal y un remanente de bosque seco



**Anexo 4.** Imagen satelital tomada del Google Earth del humedal Cañasgordas. El círculo amarillo resalta el área donde pasa la quebrada.

