EVALUACIÓN DE LOS ADULTOS DE ODONATA COMO GRUPO BIOINDICADOR DEL PROCESO DE SUCESIÓN ECOLÓGICA EN EL PARQUE NACIONAL NATURAL TATAMÁ

DANIELA AYALA SÁNCHEZ

UNIVERSIDAD ICESI

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

SANTIAGO DE CALI

2017

EVALUACIÓN DE LOS ADULTOS DE ODONATA COMO GRUPO BIOINDICADOR DEL PROCESO DE SUCESIÓN ECOLÓGICA EN EL PARQUE NACIONAL NATURAL TATAMÁ

DANIELA AYALA SÁNCHEZ

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TITULO DE

PREGRADO EN BIOLOGÍA

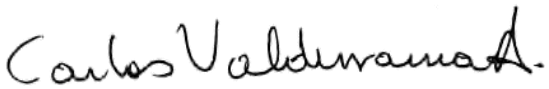
TUTOR: GUSTAVO ADOLFO LONDOÑO, PHD

COTUTOR: CORNELIO ANDRÉS BOTA SIERRA

SANTIAGO DE CALI

2017

Aprobado Por:



Carlos H. Valderrama Ardila
Evaluador

Gustavo Adolfo Londoño
Director del Proyecto

Cornelio Andrés Bota Sierra
Co-Director del Proyecto

Santiago de Cali, 08 de Agosto de 2017

AGRADECIMIENTOS

Al universo por darme la maravillosa oportunidad de estudiar biología y conspirar siempre a mi favor.

A mi madre por ayudarme, aconsejarme, creer en mí y nunca dejarme rendir. Sé que darte las gracias jamás bastará pues te debo mi vida y todo lo que soy. Sos la mujer de mi vida, mi motor, MI TODO.

A mi Zion por ser la alegría de la casa, por su amor incondicional y su mirada que me reconforta y me llena de paz incluso en los momentos más difíciles. Por ser mi paraíso terrenal.

A mis tutores. Gustavo, por el acompañamiento académico, el préstamo de los equipos y materiales necesarios para mi proyecto, por su gran paciencia. Cornelio, por todas sus enseñanzas como persona y profesional, por transmitir la pasión que tienes por la ciencia y abrirme la puerta hacia el mundo de las libélulas.

A los profesores Camila Pizano, Carlos Valderrama por sus comentarios oportunos para mejorar mi tesis. A Leonardo Herrera por facilitar el préstamo del p.Hmetro durante todo el periodo en campo.

A mi familia por su amor y apoyo durante toda mi carrera, especialmente a mi abuela por ser tan loca y decidir hacerme compañía en Tatamá. A mis amigas Angie y Lina, mis ebonys, por su amistad durante estos años porque de verdad hicieron más agradables los días de Universidad, las llevo en mi corazón.

A mis compañeros de carrera y profesores que de alguna u otra manera me han dejado grandes enseñanzas y recuerdos.

A las personas que viven en la Vereda Montebello, las cuales me recibieron con mucho cariño y siempre me ofrecieron su apoyo.

Al amor más grande de mi vida, mi papito †

Contenido

Resumen 11

1. Introducción 13

2. Descripción del trabajo 15

2.1. Planteamiento del problema 15

2.2. Marco teórico 16

2.3. Objetivos 19

2.3.1. Objetivo general 19

2.3.2. Objetivos específicos 19

2.4. Metodología 20

2.4.1. Área de muestreo 20

2.4.2. Trabajo en campo 21

2.4.3. Caracterización de las zonas de estudio 21

2.4.4. Comunidad de Odonata 23

2.4.5. Análisis de datos 24

2.5. Resultados 25

2.5.1. Descripción de la comunidad de Odonata 25

2.5.2. Curvas de acumulación de especies 26

2.5.3. Comparación de la comunidad de adultos de Odonata entre los estados de sucesión estudiados 27

2.5.4. Caracterización de las zonas de muestreo 31

2.5.5 Correlación entre las comunidades de los adultos de Odonata y el estado de sucesión ecológica de cada área de muestreo. 33

2.6. Discusión 34

2.7. Conclusiones 37

2.8. Recomendaciones 38

2.9. Bibliografía 39

2.10 Anexos 44

Resumen

Con el establecimiento de áreas protegidas, muchas zonas que fueron objeto de explotación son abandonadas, dando lugar a procesos de sucesión ecológica. Monitorear la sucesión ecológica es importante para poder evaluar el estado de los ecosistemas después del disturbio, esto respecto a su composición, estructura y funcionamiento. Así se puede evaluar si eliminar la perturbación es suficiente para recuperar las condiciones iniciales o si es necesario asistir el proceso para el restablecimiento del ecosistema. Una manera rápida y económica de realizarlo es utilizar grupos bioindicadores. Para ofrecer una alternativa al monitoreo de la sucesión ecológica, este proyecto evaluó la capacidad de los adultos de Odonata como grupo bioindicador del proceso de sucesión ecológica en el Parque Nacional Natural Tatamá. Para ello se eligieron como objeto de estudio tres tipos de sitios (pastizal, sucesión temprana y sucesión tardía) en los cuales se registró la comunidad de Odonata. Y, además, se hizo una caracterización de vegetación (cobertura de dosel y estructura vegetal vertical) y de las variables fisicoquímicas como temperatura y pH. En ese estudio encontramos que hay diferencias en la estructura de la comunidad de Odonata entre los estados de sucesión (pastizal-sucesión temprana y sucesión tardía), siendo sucesión tardía el estado con mayor riqueza (H'= 2,26) y pastizal el estado con menor riqueza (H'=1,80). Adicionalmente, se determinó que las comunidades más similares fueron sucesión temprana y sucesión tardía compartiendo 51% de sus especies, mientras que pastizal respecto a los otros dos estados de sucesión comparte menos del 4% de especies. El análisis de componentes principales arrojó que las variables que tuvieron principal influencia (62%) en la estructuración de dichas comunidades fueron las de vegetación. Dado que las diferencias encontradas entre las comunidades de Odonata, están asociadas a las variables de vegetación, las cuales en si definen los estados de sucesión ecológica, se sugiere que los adultos de Odonata pueden ser utilizados como un grupo bioindicador de los procesos de sucesión ecológica en la Vereda Montebello del PNN Tatamá

Palabras claves: Bioindicadores, Comunidad, Sucesión ecológica, Odonata.

Abstract

With the establishment of protected areas, many areas that were subject to exploitation were abandoned, these began processes of ecological succession. To monitor ecological succession is important to assess the status of composition, structure and functioning in the ecosystems after the disturbance. This way we can know if the elimination of a perturbation was sufficient to recover the initial conditions or if the ecosystem needs assistance for the ecological restoration. A quick and economical way to test the ecological succession is using bioindicator groups. In order to offer an alternative to the monitoring of ecological succession, our project evaluates the capacity of adults of Odonata as a bioindicator group of the process of ecological succession in the Tatamá National Park. Thus, three types of sites (i.e. pasture, secondary forest and mature forest) were chosen as object of study in which the community of Odonata was registered. In addition, a characterization of vegetation (canopy cover and vertical plant structure) and of physicochemical variables such as temperature and pH were measured. In our study, we found that there are differences in the structure of the Odonata community among succession stages (pasture-secondary forest and mature forest), with mature forest being site with highest specie richness (H '= 2.26) and pasture being the succession stage with the lowest specie richness (H '= 1.80). In addition, it was determined that the most similar communities were secondary forest and mature forest sharing 51% of their species, while pasture compared to the other two stages of succession share less than 4% of species. The Principal Components Analysis (PCA) showed that the variables that had the main influence (62%) in the structuring of these communities were those of vegetation. Given that, the differences found between Odonata communities are associated with vegetation variables, which defined stages of ecological succession, this suggested that Odonata adults can be used as a bioindicator group of the ecological succession process In the Montebello Trail of the PNN Tatamá

Key words: Bioindicators, Community, ecological succession, Odonata.

1. Introducción

Los bosques son ecosistemas que aparte de su valor para la biodiversidad, proveen servicios ecosistémicos como por ejemplo: actúan en la disminución de los efectos de las inundaciones, en la prevención de la erosión del suelo, y además aseguran el suministro de agua para la población, la industria y la agricultura, pese a su vital importancia, es impactante la velocidad con la que se pierden estos ecosistemas, se estima que Colombia ha perdido cerca del 70% de los bosques andinos, el 30% de los bosques del pacífico y el 95% de los bosques secos del Caribe (Victorino et al. 2012). En el caso específico de los Andes, entre 1985 y 2005 se perdieron 87.500 hectáreas por año, estimándose que el 62% de la región andina se encuentra transformada, por múltiples causas, entre estas: la deforestación, los incendios, las plagas, el cambio climático, las inundaciones y las sequias (Victorino et al. 2012).

En Colombia, una de las estrategias para la conservación es la implementación de áreas protegidas, tales como los Parques Nacionales Naturales (PNN). Dentro de estas áreas protegidas se regula la explotación de los recursos naturales, por lo que es común que algunos predios dentro de esta área, en los que se realizaba actividades de explotación como agricultura y ganadería, sean abandonados, situación que *a priori* beneficia a la conservación del ecosistema, ya que cuando en un ecosistema degradado se eliminan los factores tensionantes que impiden su regeneración, este ecosistema se restaurará solo, a través de procesos de sucesión ecológica secundaria (Ríos, 2011), es decir, que se espera que en estos sitios se recuperen condiciones similares a las que tenían antes de ser perturbados.

Dado que en nuestro país se encuentran varios escenarios como el mencionado anteriormente, surge la necesidad de evaluar estos procesos, lo cual es posible a través de un monitoreo que permita decir con certeza si los procesos de sucesión ecológica están siendo efectivos, es decir, que en estas áreas hay un restablecimiento del ecosistema a una condición similar antes de la perturbación, esto respecto a su composición, estructura y funcionamiento; o es necesaria la intervención humana a través de actividades de asistencia. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

Para cuantificar si los cambios en la regeneración natural están siendo efectivos para la recuperación de los bosques nativos se necesita un monitoreo sistemático por muchos años, el cual es posible facilitar mediante alternativas de monitoreo, tal como el uso de indicadores biológicos (Aguilar Garavito & Ramírez, 2015). McGeoch (1998) definió que los indicadores bioindicadores deben cumplir las siguientes condiciones: reflejar fácilmente el estado de un entorno, representar el impacto de los cambios ambientales en una variedad de escalas, o funcionar como sustituto útil o sombrilla de otros taxones. Basado en esto las libélulas pueden utilizarse como un grupo bioindicador debido a tres características. 1) Son un grupo diverso que además cuenta con una taxonomía clara, aunque falta mucho trabajo especialmente en la taxonomía de inmaduros en los trópicos, aun así, son el grupo de invertebrados acuáticos mejor conocido (Heckman 2006, 2008). 2) Su complejo

ciclo de vida durante el cual ocupan microhábitats tanto acuáticos como terrestres los hace sumamente sensibles a los cambios ambientales (Oertli, 2008) 3) Este grupo cuenta con una amplia distribución, con presencia en todos los continentes excepto la Antártida, lo cual permite realizar estudios comparativos (Oertli 2008).

Con el fin de ofrecer una alternativa al monitoreo de la sucesión ecológica, este proyecto evaluó si la diversidad de los adultos de Odonata sirve para bioindicar el proceso de sucesión ecológica en tres tipos de zonas (pastizal, sucesión temprana y sucesión tardía) en la vereda Montebello del Parque Nacional Natural Tatamá. Para lograrlo, se caracterizó en cada área de muestreo, la vegetación, la historia de la perturbación y aspectos fisicoquímicos del agua. Además, se determinó la biodiversidad de las comunidades de Odonata presentes en cada una de las áreas de muestreo, y a partir de esta información se estableció si existe una correlación entre las comunidades de los adultos de Odonata y el estado de sucesión ecológica en el que se encuentra cada área de muestreo.

2. Descripción del trabajo

2.1. Planteamiento del problema

Colombia es uno de los dos países con mayor expresión de capital natural renovable (biodiversidad) (Rangel-Ch, 2015). Sin embargo, esta gran biodiversidad se está viendo amenazada por diferentes factores, entre estos la deforestación (Armenteras *et al.* 2006). Uno de los ecosistemas colombianos más amenazados son los bosques andinos, los cuales han perdido cerca del 70% (Victorino *et al.* 2012). En Colombia, una de las estrategias para la conservación es la implementación de áreas protegidas, áreas dentro de las cuales se regula la explotación de los recursos naturales, un ejemplo de áreas protegidas son los Parques Nacionales Naturales (PNN). Debido a la figura de conservación que tienen los PNN, es común que varios predios objeto de explotación dentro de estas áreas, sean abandonados. Los sitios que son abandonados después de ser afectados por explotaciones sufren procesos de regeneración natural, entre los que se encuentra la sucesión ecológica vegetal (López Aguilar *et al.* 2006).

Ya que en nuestro país se encuentran varios escenarios como el mencionado anteriormente, por ejemplo, actualmente la región de los Andes colombianos cuenta con catorce PNN, cinco en la región de los Andes Nororientales y nueve en los Andes Occidentales. Surge la necesidad de cuantificar la efectividad de los procesos de sucesión ecológica que sufren las áreas abandonadas post-explotación, una manera rápida y económica de realizarlo es utilizar grupos indicadores biológicos (Aguilar Garavito & Ramírez, 2015). Este proyecto pretende determinar si los adultos Odonata pueden ser utilizados para evaluar el proceso de sucesión ecológica en el Parque Nacional Natural Tatamá, vereda de Montebello, siendo esto un método novedoso para el monitoreo de este proceso. Específicamente, esta investigación busca responder las siguientes preguntas: ¿Existen diferencias en la estructura de la comunidad de libélulas entre las distintas zonas de muestreo? Si observamos diferencias en dicha comunidad: ¿Es posible establecer una correlación entre el estado de conservación de las distintas zonas del PNN Tatamá y la diversidad de las comunidades de Odonata?

2.2. Marco teórico

Los Andes tropicales son conocidos como “epicentro mundial de la biodiversidad” - Hotspots, según el *Critical Ecosystem Partnership Fund,* los Andes tropicales son el hotspots más diverso, en un estudio comparativo entre Hotspots, realizado por (Myers *et al*. 2000), esta región registró los siguientes datos: 45.000 especies de plantas, y el dato más cercano registrado para otro hotspot fue para la Cuenca mediterránea con 25.000 especies. En cuanto a endemismo, en los Andes Tropicales se registraron 20.000 especies de plantas endémicas, mientras que el hotspot que le sigue, Sundaland, contiene 15. 000.

Colombia, pertenece a los Andes Tropicales, y es considerado un país con alta diversidad, así lo han evidenciado distintos estudios, por ejemplo, (Rangel-Ch, 2015) muestra los resultados del inventario de la biodiversidad de flora (las plantas con flores, los helechos, los musgos y los líquenes) y fauna (los reptiles, las aves, los anfibios y a los mamíferos), y de las comunidades vegetales terrestres y acuáticas; concluyendo que, a nivel del globo, Colombia es uno de los dos países con mayor expresión de biodiversidad. Esta condición de riqueza en biodiversidad se refleja en la variedad de ecosistemas que posee este país, entre los que se encuentran: páramos, selvas húmedas, bosques andinos, bosques secos, humedales, sabanas, tepuyes y desiertos.

Los bosques son ecosistemas que aparte de su valor para la biodiversidad, proveen servicios ecosistémicos, por ejemplo: contribuyen a la regulación de la erosión y de la calidad del agua, también contribuyen en la regulación climática, y tienen un papel fundamental en la regulación de las inundaciones (Balvanera, 2012). Colombia cuenta con 61,06 millones de hectáreas de bosques, lo que equivale al 53,5% del territorio continental, es decir, la mitad del territorio nacional es bosque. Pese a la vital importancia de los bosques, Colombia ha perdido cerca del 70% de los bosques andinos, el 30% de los bosques del pacífico y el 95% de los bosques secos del Caribe (Victorino *et al.* 2012).Y resulta impactante la velocidad con la que se pierden estos ecosistemas, en los Andes entre 1985 y 2005 se perdieron 87.500 hectáreas de bosque por año, estimándose que el 62% de la región andina se encuentra transformada (Victorino *et al.* 2012).Entre los factores que influyen en esta pérdida de biodiversidad, se encuentran: la agricultura (Baudron & Giller, 2014), los cultivos ilícitos (Chadid *et al.* 2015), la colonización (Etter *et al.* 2008),la introducción de ganado y de especies exóticas (Etter *et al.* 2008).

La Cordillera Occidental de Colombia, uno de los tres ramales principales en los que se divide la Cordillera de los Andes en este país, atraviesa ocho departamentos: Antioquia, Caldas, Cauca, Chocó, Córdoba, Nariño, Risaralda y Valle del Cauca. La Cordillera Occidental, es una región en la que históricamente se ha practicado la agricultura y la ganadería de manera extensiva [(IGAC 1988) citado en: (Urrutia, 2005)]. Entre los años 1982 y 2002 se dieron cambios significativos en cuanto al uso del suelo de las áreas ubicadas en la Cordillera Occidental; En este periodo, porciones de territorio en el Macizo de Tatamá y sus alrededores, dejan de ser

baldíos de la nación para convertirse en áreas con alguna categoría de ordenamiento y conservación (Ballesteros *et al*.2005).

En relación con esto, en el año 1987 fue declarado El Parque Nacional Natural Tatamá, localizado en la Cordillera Occidental y el cual cuenta con una superficie de 51.900 hectáreas, este parque limita con tres departamentos Chocó, Risaralda y Valle del Cauca. La ubicación geográfica, la presencia de cuatro ecosistemas principales: bosque subandino, bosque andino, bosque alto andino y páramo, sumado a la condición de estrella hidrográfica, y un área en el cual más del 90% son bosques naturales de ambas vertientes, hacen que el PNN Tatamá sea un área protegida de alto interés científico, que además constituye un refugio natural para muchas especies vegetales y animales (Ballesteros *et al. 2005*). Con el establecimiento del Parque Nacional Natural Tatamá, algunos predios dentro de esta área en los que antes se realizaban actividades de explotación como agricultura, fueron abandonados, posibilitando la recuperación de los bosques. Un ejemplo de esto es la vereda Montebello, ubicada en el Departamento de Risaralda-Municipio de Pueblo Rico. Los primeros habitantes de esta vereda fueron migrantes del suroeste antioqueño que llegaron a principios del siglo XX, los cuales para establecerse realizaron tala rasa de áreas de bosque para obtener viviendas, pastos y cultivos; y además, para el sustento económico efectuaron tala selectiva de los bosques nativos, actividad que aun realizan pero en menor intensidad (Ballesteros, *et al*. 2005).

En este tipo de predios abandonados suceden procesos de sucesión, que eventualmente pueden permitir una regeneración natural de las coberturas. La regeneración natural se refiere a los procesos naturales mediante los cuales un ecosistema se recupera después de experimentar una perturbación, mientras que sucesión, se refiere a las comunidades vegetales que colonizan, y varían a lo largo de un periodo de tiempo, modificando así el sitio perturbado (Bloomfield, 2012). Existen dos tipos de sucesión ecológica: la sucesión ecológica primaria y la sucesión ecológica secundaria. La primera tiene lugar cuando una alteración retira el suelo y todos sus organismos, así como organismos que viven por encima de la superficie; los glaciares, las inundaciones, las erupciones volcánicas y los corrimientos de tierra suelen ser ejemplo de esto (Freeman, 2009). Mientras que el segundo tipo se refiere a la regeneración natural después de la destrucción de la comunidad biótica, tales como: tala, incendio, sobrepastoreo; siendo un ejemplo claro de esto el proceso que sufren las tierras de cultivo cuando son abandonadas (López Aguilar *et al.* 2006).

En nuestro país se encuentran varios escenarios como el mencionado anteriormente, por lo que surge la necesidad de evaluar estos procesos de sucesión ecológica. Esta evaluación es posible a través de un monitoreo, el cual permite saber si estos están siendo efectivos, es decir, que en estas áreas hay un restablecimiento del ecosistema a una condición similar antes de la perturbación, esto respecto a su composición, estructura y funcionamiento; o es necesario la intervención humana a través de actividades de asistencia. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

El monitoreo de estos procesos se puede realizar con el uso de indicadores biológicos. Un bioindicador es aquel cuya presencia y abundancia señalan algún proceso o estado del sistema en el cual habita (Agudelo, 1998). Es por esto que diferentes grupos de insectos han sido reconocidos como importantes elementos bioindicadores de la calidad de los ecosistemas ya que poseen características tales como una alta diversidad, importancia funcional, fidelidad ecológica, asociación estrecha con otras especies, rápida respuesta a la variabilidad ambiental y facilidad de captura costo-efectiva (Krebs 1988, Halffter & Favila 1993, Morón 1997, Noss 1999,Celi & Dávalos 2001, García & Pardo 2004, Pearce & Venier 2006, Gardner et al. 2008). En este contexto, las libélulas pueden utilizarse como un grupo bioindicador debido a las siguientes características. 1) Son un grupo diverso que además cuenta con una taxonomía clara, aunque falta mucho trabajo especialmente en la taxonomía de inmaduros en los trópicos, aun así, son el grupo de invertebrados acuáticos mejor conocido (Heckman 2006, 2008). 2) Su complejo ciclo de vida durante el cual ocupan microhábitats acuáticos como terrestres los hace sumamente sensibles a los cambios ambientales (Oertli, 2008). 3) Este grupo cuenta con una amplia distribución, con presencia en todos los continentes excepto la Antártida, lo cual permite realizar estudios comparativos (Oertli 2008). 4) Muchas especies son estenotópicas, principalmente afectadas por factores como la estructura y diversidad de la vegetación tanto de hidrófitas como de terrestres, velocidad del agua, hidroperíodo, temperatura, oxígeno disuelto, pH, conductividad, salinidad y contaminantes (Oertli 2008, Samways 2008). 5) Son fáciles de muestrear particularmente los adultos, aunque no existe un sistema internacional estándar, usualmente con una red entomológica y unos binóculos basta. Si se quieren trabajar larvas y/o exuvias las metodologías involucran mayor esfuerzo sobre todo para las larvas, que requieren bastante tiempo y entrenamiento en su identificación y en muchos casos sólo se puede llegar hasta género. (Oertli 2008). 6) Son especies bandera para la conservación, ayudando a la conservación de muchas otras especies menos populares (Oertli 2008, Samways 2008, Simaika y Samways 2008).

Por las características anteriormente mencionadas, las libélulas ya han sido utilizadas como grupo bioindicador en diferentes estudios. Hardensen y Wratten (1998) proponen poblaciones de *Xathocnemis zealandica* (Coenagrionidae) como indicador de contaminación causada por pesticidas, ya que en sus estudios sometieron larvas del último instar de esta especie a tres diferentes concentraciones de pesticidas y encontraron una disminución del 90% en la tasa de emergencia de adultos en la mayor concentración, disminución en la velocidad del desarrollo para todos los casos y una mayor fluctuación en la asimetría de la venación alar. Otro aporte es realizado por Foote y Hornung (2005) en el que evaluaron el efecto del ganado bovino en humedales, encontrando que a pesar de que los parámetros fisicoquímicos del agua no estaban alterados por la actividad de pastoreo al interior de los humedales, la disminución en la abundancia y riqueza de las libélulas adultas principalmente del suborden Zygoptera era evidente, situación que se explicaba

porque el pastoreo degradaba la estructura de la vegetación que las libélulas usaban por ejemplo para percharse, ovoposición y de refugio (Foote & Hornung, 2005). Finalmente, un estudio de gran importancia ha sido la creación del “Dragonfly Biotic Index” un índice basado en tres subíndices. La suma de los subíndices arroja un número para cada especie, entre más alta es la suma mayor relevancia en conservación y mejor conservado se encuentra el ecosistema (Simaika y Samways 2009)

2.3. Objetivos

2.3.1. Objetivo general

Evaluar si la diversidad de los adultos de Odonata sirve para bioindicar el proceso de sucesión ecológica en tres tipos de zonas (pastizal, sucesión temprana y sucesión tardía) en la vereda Montebello del Parque Nacional Natural Tatamá.

2.3.2. Objetivos específicos

1. Caracterizar la vegetación, la calidad del agua y la historia de las perturbaciones antropogénicas en las áreas de muestreo (pastizal, sucesión temprana y sucesión tardía).

2. Determinar la biodiversidad de las comunidades de Odonata presentes en cada una de las zonas de muestreo.

3. Establecer si hay una asociación entre las comunidades de los adultos de Odonata y el estado de sucesión ecológica de cada área de muestreo.

2.4. Metodología

2.4.1. Área de muestreo

2.4.1.1. Localización y características de las áreas de estudio

El muestreo para este proyecto se realizó en la vereda Montebello, ubicada en el Municipio Pueblo Rico, Risaralda, Colombia (05 ° 13'N, 076 ° 05'W). Esta vereda se encuentra en la vertiente oriental de la Cordillera occidental, ubicándose dentro del perímetro del Parque Nacional Natural Tatamá, el cual cubre un gradiente de elevación entre 1200 y 4200 m de elevación. El punto específico de estudio, la vereda Montebello, cuenta con ecosistema de bosque andino, una temperatura media diaria de 19.2 ± 1.7 ° C, precipitaciones anuales de 2199 mm, siendo enero y julio los meses más secos promediando 84,5 mm, y los meses más húmedos mayo y noviembre con un promedio de 294,0 mm.

En la vereda Montebello se identificaron y seleccionaron quebradas en zonas de diferentes estadios de sucesión ecológica (pastizal, sucesión temprana y sucesión tardía). El muestreo contó con tres replicas por tipo de estadio de sucesión. Cada una de estas zonas fue caracterizada en cuanto a la vegetación, historia de las perturbaciones antrópicas y calidad del agua (Anexo A y Figura 1).

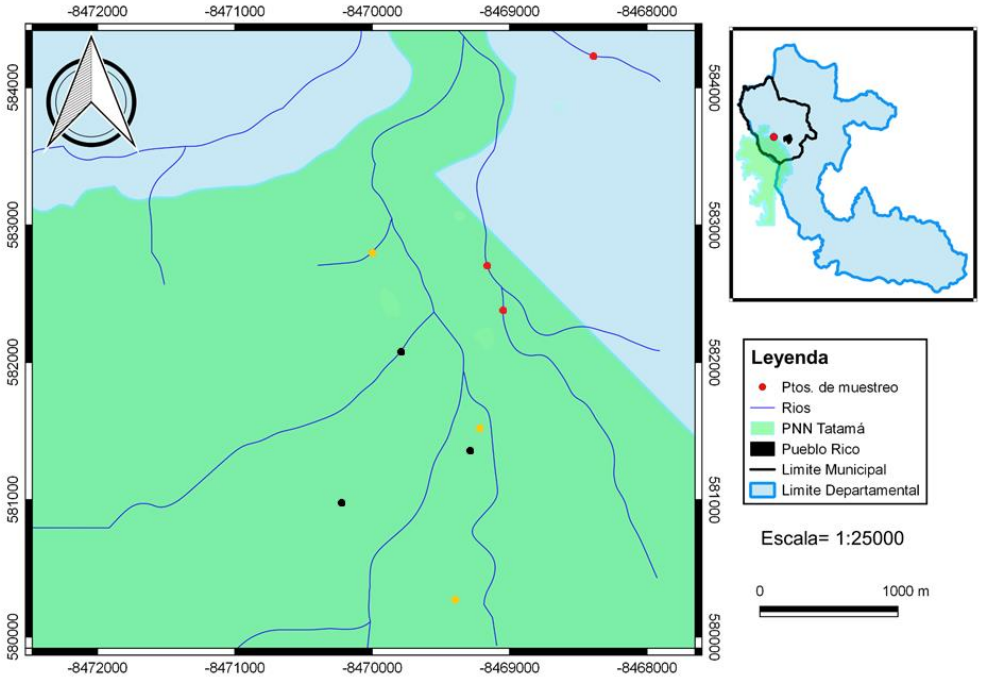


Figura 1. Ubicación de cada uno de los nueve puntos de muestreo en la Vereda Montebello. Puntos rojos:pastizal,puntos naranja: sucesión temprana y puntos negros: sucesión tardía.

2.4.2. Trabajo en campo

2.4.3. Caracterización de las zonas de estudio

2.4.3.1 Caracterización histórica de las perturbaciones

La caracterización histórica se basó en entrevistas a los habitantes de la vereda Montebello y personal del PNN Tatamá, con el fin de obtener datos como: tipo de explotación que han sufrido las zonas, y el tiempo transcurrido sin dichas perturbaciones antrópicas.

2.4.3.2 Caracterización vegetal de las zonas de estudio

En cada zona de muestreo se tomaron dos medidas (Cobertura vegetal y estructura vertical vegetal). En el primer caso, cobertura vegetal, consistió en la utilización de un densiómetro esférico convexo Modelo A (Forest Densiometers, 2413 North Kenmore Street, Arlington, VA 22207, U.S.A) de la siguiente manera: cada 10m se tomaba la medida en tres puntos: en la mitad de la quebrada, a tres metros de la orilla de la quebrada en el lado izquierdo y a tres metros de la orilla de la quebrada en el lado derecho. Esto se realizó una sola vez por sitio, en un periodo de siete días continuos, del 12 al 17 de marzo de 2017.

Figura 2. Medición de densidad de dosel con el densiómetro esférico (convexo) en la zona Sucesión temprana 3.

Para la segunda medida, estructura vegetal, se utilizó un tubo de 250 cm de alto, con líneas dibujadas cada centímetro. En cada zona de estudio y de manera aleatoria se eligieron 20 puntos (diez en cada lado de la quebrada). En cada punto seleccionado, se ubicó el palo y se anotó cuántas plantas y a qué altura interceptaban con el palo. Se consideraron las plantas hasta una cercanía de 10cm del palo. Esto con el objetivo de poder caracterizar la vegetación aledaña a la quebrada por estratos, de acuerdo con la propuesta realizada por Rangel y Lozano (1986) ajustada para ecosistemas andinos, en la cual se proponen los estratos vegetales de la siguiente manera: rasante menos de 0,3 m, herbáceo de 0,3m a 1,5 m, arbustivo de 1,5 m a 5 m y subarboreo de 5 a 12 m (Villareal *et al.* 2004)

Figura 3. Medición de la estructura vegetal en la zona pastizal 1.

2.4.3.3 Calidad del agua

Los datos registrados para la calidad del agua fueron: tipo de sustrato de fondo, velocidad del caudal, pH, temperatura ambiental y del agua, área transversal de la cuenca y caudal. Estos datos, a excepción de tipo de sustrato de fondo, fueron registrados en una planilla cada vez que se realizaba muestreo.

- **Velocidad del caudal**: se dejaba correr por el cuerpo de agua una pelota una distancia delimitada con una cinta métrica, y el tiempo que el objeto tardaba en realizar el recorrido se tomó con un cronometro. Este proceso se realizaba tres veces cada día de muestreo, para de estos sacar un promedio.

$$\text{Velocidad} = \frac{Distancia}{tiempo}$$

- **Área transversal de la cuenca:** en una sección del transecto de cada quebrada, se midió el ancho de la quebrada y se dividió este valor en cinco, y en cada punto se tomaba la profundidad de la quebrada. Posteriormente, se multiplicaba ancho por cada profundidad, y la suma de estos cinco datos es el área de la cuenca.

- **Volumen del caudal:** se obtuvo al multiplicar el área transversal de la cuenca por la velocidad del caudal.

- **Temperatura del agua y del ambiente:** cada día de muestreo se registró la temperatura con el uso de un Datalogger HOBO- U12 de cuatro canales (Onset Computer Corporation, http://www.onsetcomp.com, Cape Cod, MA,

USA) del cual se utilizaron solo dos canales, uno para el agua y el otro para el ambiente. El datalogger era instalado durante las horas de muestreo en la zona y luego se registraba el promedio de las temperaturas por cada día de muestreo.

Figura 4. Medición de la temperatura del agua y ambiental con el uso de un Datalogger en la zona Regeneración 1.

- **pH:** con el uso de un pH-metro portable impermeable (HI98190, HANNA Instrument, Romania) se tomó este dato para cada cuerpo de agua objeto de estudio, cada día de muestreo.

2.4.4. Comunidad de Odonata

2.4.4.1. Captura de individuos

Se realizó captura activa con red entomológica, dicha red (jama) tenía un diámetro de 40 cm, una extensión del cono de 60 cm y un mango de 1,5 m. Las recolectas idealmente debieron ser en horas soleadas entre las 9:00 am y las 02:00 pm, pero como consecuencia de las condiciones climáticas se consideraron también horas nubladas. A cada individuo capturado se le asignó una marca única entre especie, y se anotaron en una planilla las observaciones correspondientes (nombre científico, marca, longitud del ala, hora y fecha de captura, zona de muestreo, sexo y edad) además en algunos casos los individuos fueron fotografiados. Finalmente, los individuos eran liberados. Los individuos que fueron vistos, pero no fue posible capturar eran registrados como observaciones.

2.4.4.2. Identificación taxonómica

Para identificar los individuos de Odonata se utilizaron las claves taxonómicas especializadas: Heckman (2006); Garrison, von Ellenrieder y Louton (2006); Esquivel (2006); Heckman (2008).

2.4.5. Análisis de datos

2.4.5.1. Curvas de acumulación de especies

Las curvas de acumulación de especies se graficaron en el programa R, versión 3.4.0. y la plataforma Rstudio, versión 1.0.143. (R Development Core Team, 2017; RStudio Team, 2017) según el número acumulado de especies registradas (S) como función del esfuerzo de muestreo (n), que en este caso se refiere al tiempo de muestreo (Colwell y Coddington, 1994). Bajo los estimadores Chao1 y ACE.

2.4.5.2. Comunidad de Odonata en días soleados y nublados

Dado a la condición de las libélulas de animales ectotermos se cree *a priori* que hay diferencias entre la comunidad de Odonata muestreada en días soleados respecto a los días nublados, así que para saber si efectivamente existe esta diferencia y si esta es estadísticamente significativa, se realizaron las siguientes pruebas estadísticas:

- Prueba de normalidad Shapiro-Wilk para la comunidad de Odonata clasificados en sol y nublados.
- Prueba T-pareada

2.4.5.3. Índice de Shannon

Con el fin de determinar cuantitativamente la diversidad de especies dentro de cada estado de sucesión ecológica, conocida como diversidad α, se calculó el índice de Shannon, ya que este índice refleja la heterogeneidad de una comunidad basado en los dos factores de comunidad tomados en cuenta para este estudio: el número de especies presentes y su abundancia relativa (Pla, 2006). Se calculó este índice para la comunidad de Odonata en cada estado de sucesión en días soleados y nublados, mediante el programa R, versión 3.4.0. y la plataforma Rstudio, versión 1.0.143. (R Development Core Team, 2017; RStudio Team, 2017).

2.4.5.4. Índice de disimilaridad de Bray-Curtis y PCA

Para cuantificar la diversidad entre hábitats o diversidad β, se calculó el índice de disimilaridad de Bray-Curtis para las comunidades de Odonata en los distintos estados de sucesión mediante el programa R, versión 3.4.0. y la plataforma Rstudio, versión 1.0.143. (R Development Core Team, 2017; RStudio Team, 2017). Este índice compara simultáneamente la composición de especies entre os hábitats y lo resume en un número el grado de relación, este índice se basa en datos de abundancia (Herrera, 2000).

Por otro lado, se realizó un análisis de componentes principales (PCA) que también fue realizado en el programa R, versión 3.4.0. y la plataforma Rstudio, versión 1.0.143. (R Development Core Team, 2017; RStudio Team, 2017). En este análisis se tuvieron en cuenta las variables fisicoquímicas y de vegetación.

2.4.5.5. Realización de gráficas

Todas las gráficas que se presentan en este estudio fueron realizadas mediante el programa R, versión 3.4.0. y la plataforma Rstudio, versión 1.0.143. (R Development Core Team, 2017; RStudio Team, 2017).

2.5. Resultados

2.5.1. Descripción de la comunidad de Odonata

El esfuerzo de muestreo total fue de 8499 minutos, distribuidos en 39 días entre los meses de enero a marzo, en este periodo, se registraron en total 397 individuos, distribuidos en ocho familias, 16 géneros y 25 especies (Anexo B). Para el suborden Zygoptera se registraron 15 especies agrupadas en cinco familias y nueve géneros, mientras que para el suborden Anisoptera 10 especies agrupadas en tres familias siete géneros y. Del total de individuos registrados, 336 fueron Zygoptera y 61 Anisoptera.

La familia que mostró la mayor abundancia fue Megapodagrionidae con un total de 118 individuos, 30% de la población total. Pero la familia con mayor riqueza fue Libellulidae que es el 32% de la comunidad total. Las familias que mostraron menor representación tanto en abundancia como en riqueza fueron Aeshnidae y Gomphidae, cada con una única especie representada por un individuo (Tabla 1).

Tabla 1. Datos de riqueza y abundancia para cada familia de Odonata registrada en las zonas de muestreo.

Familia	Abundancia	Riqueza
Aeshnidae	1	1
Calopterygidae	58	3
Coenagrionidae	70	3
Gomphidae	1	1
Libellulidae	59	8
Megapodagrionidae	118	4
Platystictidae	21	2
Polythoridae	69	3

El esfuerzo de muestreo de la comunidad de Odonata durante días soleados fue de 4606 minutos (1697 en pastizal, 1503 en sucesión temprana y 1406 en sucesión tardía) en los cuales se registraron 300 individuos y 25 especies. Por otro lado, el esfuerzo de muestreo en días nublados fue de 3893 minutos (1384 en pastizal, 1282 en sucesión temprana y 1227 en sucesión tardía) en los cuales se registraron 97 individuos y 14 especies. Los datos de la comunidad de adultos en días soleados y en días nublados, fueron sometidos a dos pruebas estadísticas: prueba Shapiro-Wilk (P=0.59) y T-pareada (P=0.001), a parir de las cuales se concluye que estos datos presentan una distribución normal y son estadísticamente diferentes, por lo que se tratarán por separado.

2.5.2. Curvas de acumulación de especies

La curva de acumulación de especies para el muestreo demostró que se realizó un muestreo adecuado (Figura 5). Estas curvas, se realizaron bajo dos estimadores (ACE y Chao1) de los cuales Chao1 se considera el más robusto (Villareal *et al.* 2004), por tanto, a partir de este se realizarán las comparaciones. El estimador de Chao1 predijo que las especies de Odonata registradas durante el trabajo de campo representan el 83,36% de las especies esperadas en las zonas de estudio. Así mismo, el estimador de Chao1 predijo que para cada estado de sucesión se observó casi la totalidad de las especies esperadas, pastizal (95,32%), sucesión temprana (86,78%) y sucesión tardía (96,55%).

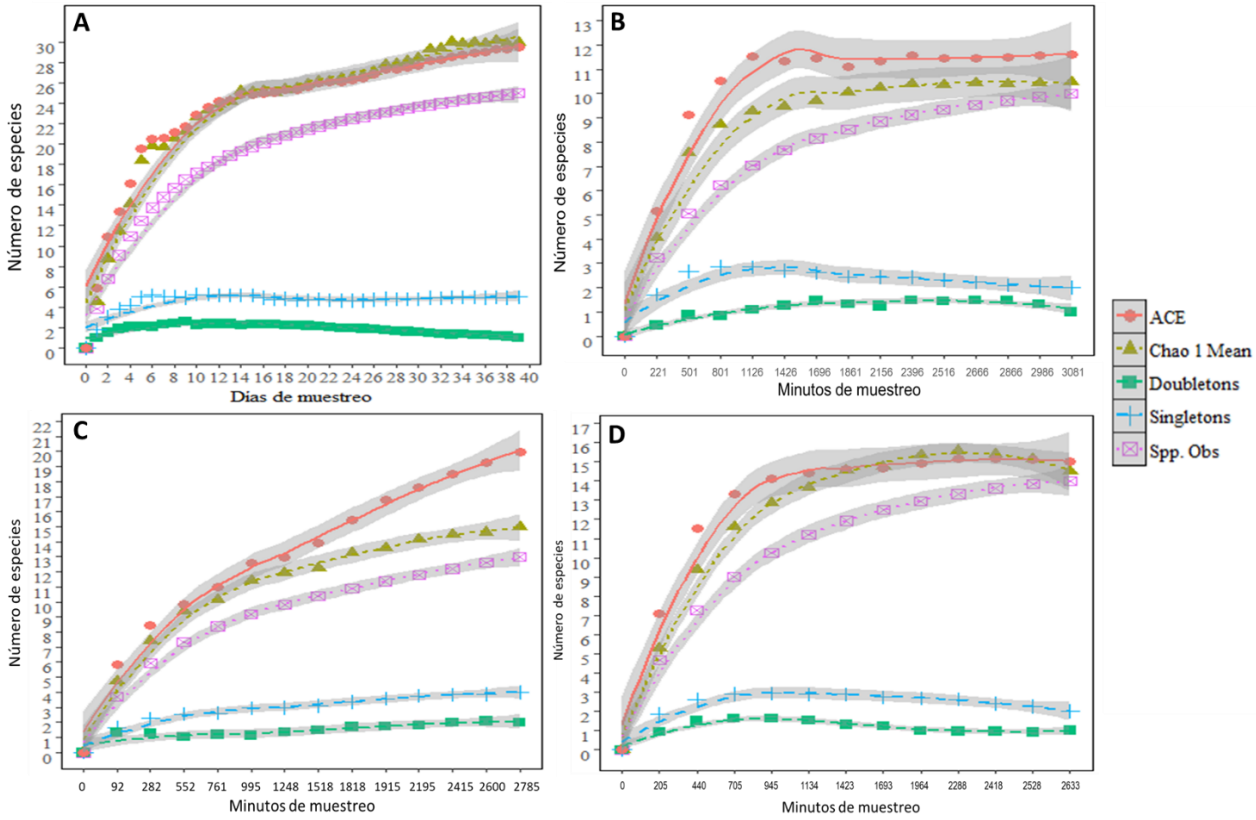


Figura 5. Curva de acumulación de especies bajo el estimador Chao1, la línea azul representa las especies observadas, la línea roja punteada representa los valores del estimador Chao1, mientras que la nube gris muestra el intervalo de confianza (de +/- 95%). (A) muestreo total, (B) estado de sucesión pastizal, (C) estado de sucesión sucesión temprana, (C) estado de sucesión sucesión tardía.

2.5.3. Comparación de la comunidad de adultos de Odonata entre los estados de sucesión estudiados

Comparación a nivel de suborden

En el estado de sucesión pastizal, el suborden Anisoptera representa el 80 % de las especies mientras que Zygoptera solo el 20%. En contraste, en sucesión temprana Zygoptera representa 76,92% de las especies y en sucesión tardía el 78,57 % de las especies. Adicionalmente, el suborden Anisoptera en días soleados registró 23,08% en sucesión temprana y 21,43 % en sucesión tardía, mientras que, en días nublados, en estos dos estados de sucesión no se registraron especies de Anisoptera. (Figura 6).

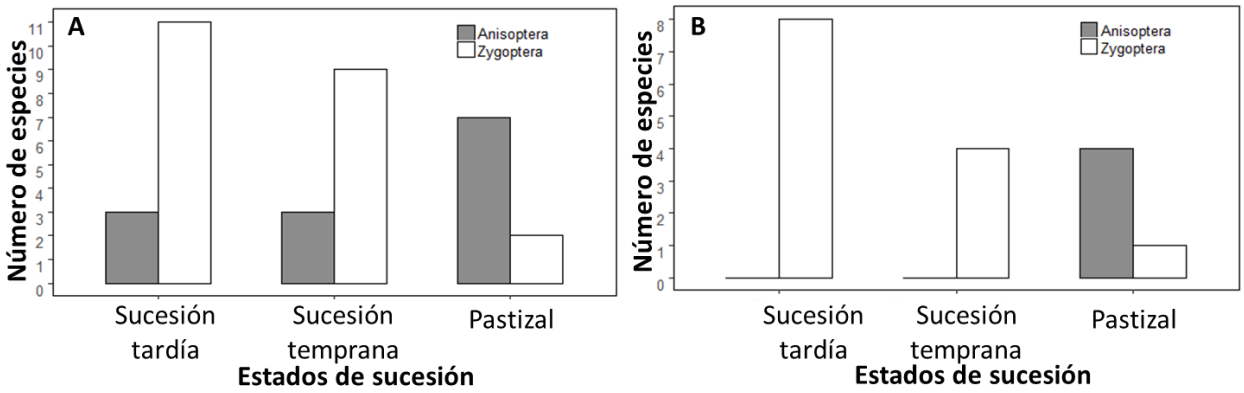


Figura 6. Número de especies por suborden en cada uno de los estados de sucesión ecológica evaluados. El color gris representa el suborden Anisoptera y el blanco el suborden Zygoptera. (A) Días soleados, (B) Días nublados.

En cuanto a la abundancia en porcentaje de los subordenes por cada uno de los estados de sucesión, es importante destacar que en días soleados en pastizal la mayoría de individuos fueron Anisoptera (45) mientras que en días nublados la mayoría fue Zygoptera (13). El número de individuos registrados fue: en días soleados, en sucesión temprana se registraron 81 individuos de Zygoptera y tres de Anisoptera, en sucesión tardía 130 individuos de Zygoptera y siete de Anisoptera, en pastizal fueron Anisoptera (45) y 34 Zygoptera; en días nublados en sucesión temprana se registraron un total de 33 individuos todos ellos Zygoptera y en sucesión tardía un total de 45 individuos todos ellos también Zygoptera y en pastizal fueron Zygoptera (13) y seis Anisoptera. (Figura 7).

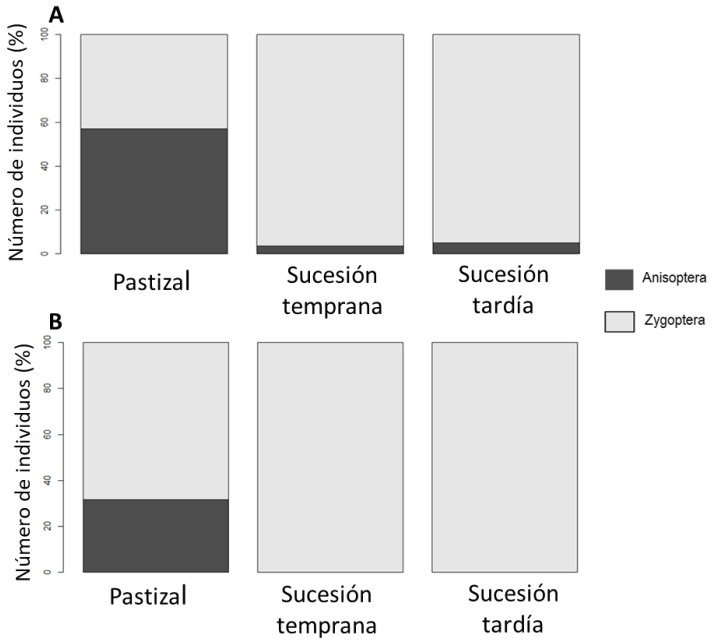


Figura 7. Número de individuos de Anisoptera y Zygoptera por cada estado de sucesión ecológica. Días soleados (A) En pastizal, se registraron 45 individuos de Anisoptera y 34 de Zygoptera. En sucesión temprana, se registraron tres individuos de Anisoptera y 81 de Zygoptera. Finalmente, en sucesión tardía se registraron siete individuos de Anisoptera y 130 de Zygoptera. Días nublados (B). En pastizal, se registraron seis individuos de Anisoptera y 13 de Zygoptera, mientras que en sucesión temprana y sucesión tardía no se registraron individuos del suborden Anisoptera, y de Zygoptera se registraron (33 y 45) respectivamente

Por otro lado, se calcularon los índices de Shannon para la comunidad de Odonata en cada estado de sucesión ecológica evaluados, tanto para días soleados como nublados. Este índice que refleja la heterogeneidad de una comunidad (Pla, 2006), dice para este estudio que los estados de sucesión sucesión temprana y sucesión tardía tienen valores más altos de riqueza y tienen una distribución más homogénea respecto a pastizal (Tabla 2).

Tabla 2. Resultado del índice de Shannon para cada estado de sucesión en días soleados y días nublados.

	Pastizal	**Sucesión temprana**	**Sucesión tardía**
Días soleados	1,80	2,10	2,26
Días nublados	1,01	1,78	1,56

También se realizó el índice de disimilaridad de Bray-Curtis, para la comunidad de Odonata registrada en días soleados y en días nublados (Figura 9 y 10). A partir de los resultados obtenidos, se puede concluir que los estados de sucesión más similares en cuanto a su composición de especies son sucesión temprana y sucesión tardía, en días soleados la similaridad entre estos es de 51% y en días nublados del 59%. Por el contrario, en días nublados no hay similaridad entre pastizal y sucesión temprana, y pastizal y sucesión tardía.

Tabla 3. Valores de disimilaridad obtenidos mediante el índice Bray-Curtis, en la comparación de la comunidad de Odonata entre los estados de sucesión en días soleados.

	Pastizal	**Sucesión temprana**	**Sucesión tardía**
Pastizal	0	0,98	0,97
Sucesión temprana	0,98	0	0,49
Sucesión tardía	0,97	0,49	0

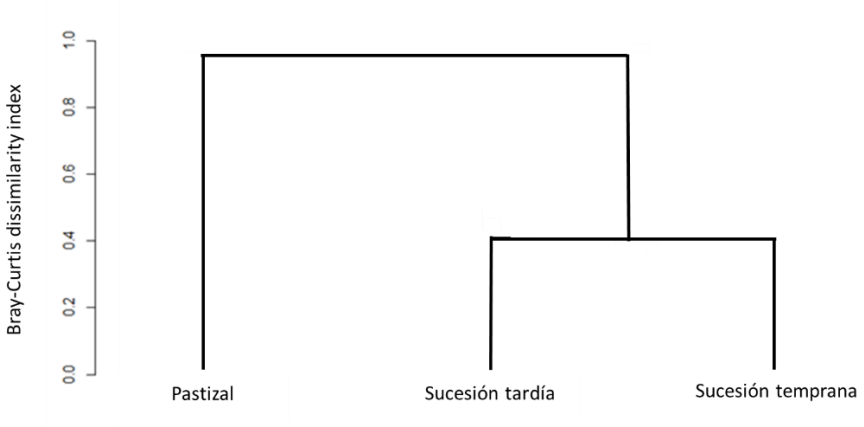


Figura 9. Dendrograma de la comunidad de Odonata en días soleados utilizando en índice de disimilaridad Bray-Curtis para cada estado de sucesión.

Tabla 4. Valores de disimilaridad obtenidos mediante el índice Bray-Curtis, en la comparación de la comunidad de odonata entre los estados de sucesión en días nublados.

	Pastizal	**Sucesión temprana**	**Sucesión tardía**
Pastizal	0	1,00	1,00
Sucesión temprana	1,00	0	0,41
Sucesión tardía	1,00	0,41	0

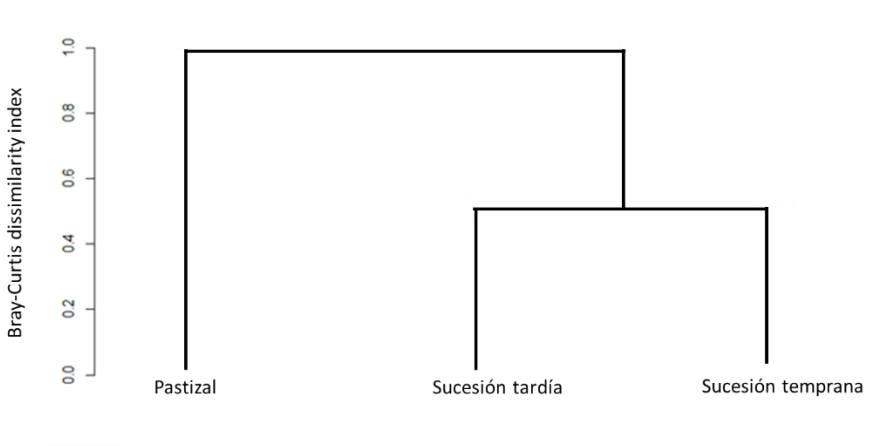


Figura 10. Dendrograma de la comunidad de Odonata en días nublados utilizando en índice de disimilaridad Bray-Curtis para cada estado de sucesión.

2.5.4. Caracterización de las zonas de muestreo

2.5.4.1 Caracterización vegetal

Para las variables medidas de vegetación, se encontró que los distintos estados de sucesión difieren en las variables evaluadas, de la siguiente manera: en el estado temprano de la sucesión (pastizal) hay menor cobertura de dosel y una mayor dominancia de los estratos vegetales más bajos, mientras que en los estados superiores de la sucesión la cobertura de dosel es mayor (más del 80%) y un aumento en el porcentaje de los sustratos vegetales más altos. Los valores para cada replica se pueden ver Anexo E.

Tabla 5. Valores promedio por estado de sucesión (pastizal, sucesión temprana y sucesión tardía) para cobertura de dosel y sustratos vegetales

	Porcentaje de cobertura de los sustratos vegetales				**Cobertura de dosel (%)**
SITIO	**RASANTE**	**HERBACEO**	**ARBUSTIVO**	**SUBARBOREO**	**Densiómetro**
Pastizal	67,32	27,56	1,88	3,24	31,95
Sucesión temprana	3,64	70,41	9,51	16,43	84,56
Sucesión tardía	7,3	65,03	12,29	15,38	87,37

2.5.4.2. Variables fisicoquimicas

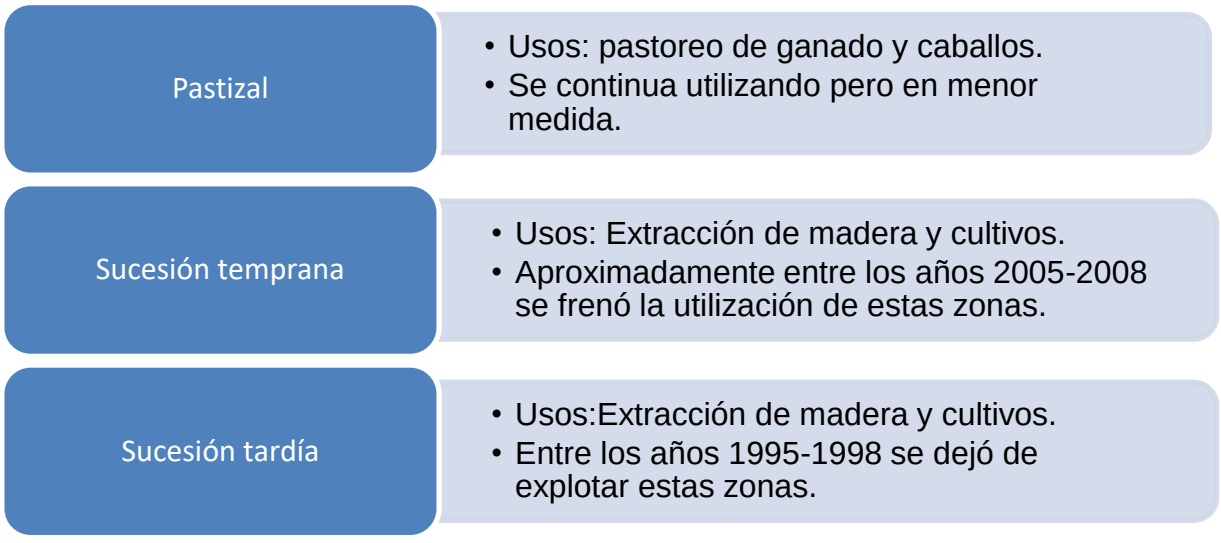
En cuanto a las variables fisicoquímicas evaluadas, se encontró que la temperatura del ambiente y del agua fue mayor en el estado de sucesión pastizal. El p.H en todos los estados de sucesión estuvo en el rango de ocho pero el estado de sucesión con el valor más alto fue sucesión tardía. La velocidad del caudal fue mayor en las quebradas presentes en el estado de sucesión sucesión tardía mientras que el caudal fue mayor en el estado de sucesión pastizal.

Tabla 6. Valores promedio por estado de sucesión (pastizal, sucesión temprana y sucesión tardía) de las variables fisicoquímica

SITIO	p.H	T.agua (°C)	T.ambiente (°C)	Caudal (cm3/s)	Velocidad del caudal (cm/s)
Pastizal	8,17 ± 0,33	21,00 ± 1,73	24,60 ± 2,05	2,60E5 ± 2,41E5	23,97± 14,23
Sucesión temprana	8,27 ± 0,15	18,42 ± 0,22	19,96 ± 1,00	1,54E5 ± 1,36E5	25,83 ± 11,47
Sucesión tardía	8,41± 0,26	18,80 ± 10,87	21,25 ± 1,96	1,22E5 ± 8,77E4	35 ± 63

.5.4.3 Historia de las perturbaciones antropogénicas

Se entrevistaron un total de cuatro personas, un funcionario de Parques Nacionales Naturales y tres habitantes de la vereda Montebello. El resumen de los datos relacionados con el tiempo transcurrido sin las perturbaciones y el tipo de perturbación, se presentan en el siguiente esquema.



Esquema 1. Historia de las perturbaciones antropogénicas en cada uno de los estadios de sucesión ecológica.

2.5.5 Correlación entre las comunidades de los adultos de Odonata y el estado de sucesión ecológica de cada área de muestreo.

En análisis de componentes principales arrojó que el 62,2% de las variaciones de la comunidad es explicada por los componentes 1 y 2. De manera que la variación en la estructuración de la comunidad de Odonata es justificada principalmente por las variables cobertura de dosel y los estratos vegetales Rasante, Arbustivo y Subarboreo. Tabla 7 y Figura 11.

Tabla 7. Valores de los Componentes 1 y 2 arrojados por el análisis de componentes principales (PCA) para los datos de riqueza de la comunidad de Odonata en cada estado de sucesión evaluado.

	Comp. 1	Comp.2
p.H	x	0.139
Tamb	-0.171	-0.529
Tagua	-0.134	-0.161
Vel.caudal	-0.224	-0.377
Caudal	-0.411	x
Cobertura. dosel	0.457	x
Rasante	-0.451	x
Herbáceo	0.403	-0.272
Arbustivo	0.323	-0.435
Subarbóreo	0.215	0.511

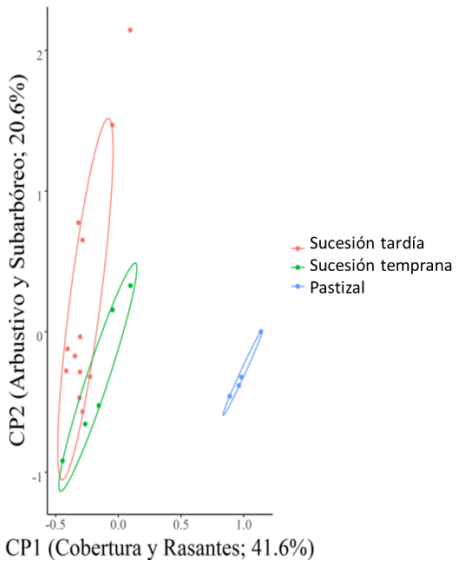


Figura 11. Gráfica resumen del análisis de componentes principales (PCA) realizado para explicar cómo las variables medidas en este estudio, tanto fisicoquímicas como de vegetación, explican la estructura de la comunidad de Odonata en los distintos estados de sucesión.

2.6. Discusión

Inicialmente, importante exponer que las zonas fueron agrupadas correctamente, porque las zonas clasificadas como sucesión temprana llevan aproximadamente el mismo tiempo sin las perturbaciones y sufrieron perturbaciones similares, y lo mismo ocurre con las demás zonas, sucesión tardía y pastizal (Esquema 1). En las comunidades presentes en estas zonas, de acuerdo con el índice de disimilaridad Bray-Curtis, se encontró diferencias (Figuras 9 y 10). Entre todas las variables analizadas, las variables de vegetación son las que más influyen sobre la variación encontrada de las comunidades de Odonata entre los estadios de sucesión evaluados, esto según lo obtenido en el PCA (Tabla 7 y Figura 11).

La primera comparación que se realizó para la comunidad de Odonata, es en cuanto a los subórdenes. Del total registrado, el suborden Zygoptera contribuyó con la mayoría de individuos y especies, 84,63% de individuos y 60 % de las especies, y en cuanto a los estados de sucesión Zygoptera fue mayoría en sucesión temprana y sucesión tardía , 97,44% y 96,15%; los resultados obtenidos para este suborden en el presente estudio se respaldan en que muchas especies de Zygoptera son altamente dependientes de áreas cubiertas por vegetación densa (seis de las nueve zonas de muestreo tenían una cobertura de dosel superior a 80 %) ya que ser más pequeñas y delgadas, presentan mayor relación superficie/volumen respecto a Anisoptera, estando así más sujetas al sobrecalentamiento y a la desecación, y por estas razones las especies de Zygoptera son más sensibles a las variaciones ambientales por restricciones ecofisiológicas (Corbet,1999; Corbet & May, 2008), quedando restringidas a ambientes más sombreados con gran presencia de vegetación riparia, consecuentemente más preservados (Juen & De Marco, 2011).

Los registros del suborden Anisoptera**,** pastizal registró la mayoría de especies de este suborden (ocho especies) y también el mayor porcentaje de individuos con un 52,04%, estos resultados concuerdan con la bibliografía de la fisiología de Anisoptera: al ser las especies de este suborden heliotérmicas son de manera general, altamente dependientes de la radiación solar (Remsburg et al., 2008), teniendo que calentarse para iniciar sus actividades (Corbet & May, 2008, Resende, 2010), evitando así las áreas sombreadas (Samways et al., 2005; Ward & Mill, 2005; Remsburg et al., 2008), esto último concuerda con el hecho que durante los días nublados se registraran especies de Anisoptera solo en pastizal. Con estos resultados queda evidenciado que existe una preferencia de hábitat contrastante para los subórdenes, que va de sitios abiertos (pastizal) para Anisoptera a sucesión temprana y sucesión tardía para Zygoptera.

En general, en cuanto a la comunidad de Odonata (número de especies y número de individuos) en pastizal, sucesión temprana y sucesión tardía; efectivamente, este estudio encontró diferencia en el número de especie y número de individuos entre los estados de sucesión. Estas diferencias se expresan en los resultados del Índice

de Shannon y el índice de disimilaridad de Bray-Curtis. El índice de Shannon en este estudio dice que pastizal es el estado de sucesión con menor riqueza y homogeneidad ($Shannon_{díassoleados}$ =1,80 y $Shannon_{díasnublados}$= 1,01). Mientras que en días soleados sucesión tardía presenta la comunidad con mayor riqueza y homogeneidad, en días nublados sucesión temprana representa la comunidad con más riqueza y homogeneidad; esta diferencia puede ser consecuencia que, en sucesión tardía en días nublados, se registró una dominancia de la especie *Heteragrion* sp.nov 1 representando el 53,3% de los individuos totales, lo cual disminuye el valor de homogeneidad para esta zona (Anexo C).

La menor diversidad en número de individuos y especies, encontrada en pastizal, concuerda con los estudios de Ward (1998) y Saavedra (2009), en el primer estudio se concluyó que los monocultivos interrumpen el régimen de perturbación natural; eliminando los gradientes ambientales, y estas alteraciones reducen la riqueza local porque homogenizan los ambientes, disminuyendo la disponibilidad de recursos y el segundo que fue realizado en Colombia se encontró que un sucesión temprana tiene mayor riqueza específica y abundancia, respecto a un monocultivo de mango. Así mismo, se puede decir que la mayor riqueza en sucesión temprana y sucesión tardía se debe a que estos son ambientes más heterogéneos y más estables (estructura vegetal vertical y cobertura de dosel) respecto a pastizal, y estudios como el de Suh & Samways (2005) destacan la importancia de proporcionar amplia variedad de biotopos (heterogeneidad) y condiciones de microhábitat para el aumento de la riqueza especies y / o para la conservación de especies raras.

Como complemento a lo anterior, el índice de disimilaridad de Bray-Curtis, dice que la comunidad de Odonata en pastizal es diferente a la del sucesión temprana y sucesión tardía con una similaridad entre estos igual o menor al 3%, y estas dos últimas, si bien no son la misma comunidad, son más similares entre sí, compartiendo en días soleados una similaridad del 51% y en días nublados de 59% (Tabla 3 Y 4). Un ejemplo de estas diferencias, es la familia Libellulidae, representada por ocho especies, siete de estas se encuentran en pastizal y de estas solo tres especies fueron registradas en las otras zonas pero con un bajo número de individuos (cinco entre las tres especies), este tipo de diferencias pueden puede ser explicadas principalmente a que pastizal presentó una cobertura de dosel de 31,95% es decir que la radiación solar que se percibe es superior que en los otros dos estados, y de esta manera permite suplir mejor el requerimiento de radiación solar que tiene Anisoptera (Remsburg *et al.* 2008).La similaridad entre sucesión temprana y sucesión tardía , se debe a que ambos están representados en su mayoría por Zygoptera, especies que como se mencionó tienen requerimientos de áreas sombreadas. Finalmente, es importante aclarar que sucesión temprana y sucesión tardía comparten nueve especies mientras que pastizal con estos dos solo una especie *Libellula hercúlea*. Cabe anotar que las diferencias encontradas en este estudio para la comunidad de Odonata entre pastizal, sucesión temprana y sucesión tardía, contrasta con estudios como el de Ometo *et al.* (2000) donde no encontraron

relaciones entre el uso del suelo (áreas urbanizadas, pastizales y caña de azúcar) y la riqueza de macroinvertebrados, sugiriendo que solamente alteraciones bruscas del uso del suelo pueden determinar las condiciones locales de los sistemas acuáticos.

En este estudio se evaluaron las variables (pH, temperatura agua, temperatura ambiente, velocidad del caudal, caudal, cobertura del dosel y estructura vegetal vertical) con el fin de evaluar cual o cuales de estas explican la composición de la comunidad de adultos de Odonata en cada uno de los estados de sucesión. Para resolver esta incógnita se realizó un análisis de componentes principales, el cual dice que la composición encontrada se explica en un 62,2% por las variables de vegetación (cobertura y los sustratos vegetales: rasantes, arbustivo y subárboreo), estos resultados difieren de estudios en los que las variables fisicoquímicas explican en su mayoría la estructuración de la comunidad de Odonata**,** por ejemplo Oertli (2008) en el que se concluye que en el trópico, varias especies de Odonata son estenotópicas, es decir que presentan escasa tolerancia a las diferentes condiciones o niveles de recursos, siendo afectadas significativamente por factores tales como estructura y diversidad de la vegetación (hidrófita y terrestre), velocidad del agua, hidroperíodo, temperatura, oxígeno disuelto, pH, conductividad, salinidad y contaminantes; y Samways *et al.* (2011) donde sus resultados de revelaron que la temperatura y el pH del agua fueron muy importantes para la estructuración del conjunto de adultos libélulas, representando el 70% de la variabilidad en la estructura de ese conjunto. Pero corroboran estudios en los que la integridad, representada principalmente por la vegetación riparia, son factores mucho más importantes para la estructuración de la comunidad de Odonata que otros parámetros, como las variaciones fisicoquímicas del agua (Silva *et al*. 2010). Así como el estudio de Foote & Hornung (2005) en el cual no se encontraron relaciones de las variables fisicoquímicas del agua como predictor de la diversidad de libélulas, pero si demostraron que la estructura de la vegetación riparia podría ser un importante predictor.

Ahora teniendo en cuenta de que existen diferencias de la comunidad de adultos de Odonata entre los distintos estados de sucesión, es adecuado exponer que de las 25 especies registradas, nueve se consideran en este estudio como importantes, por las siguientes razones: primero, de las 25 especies registradas solo una fue común en los tres estados de sucesión (*Libellula hercúlea*) segundo, se registraron cinco especies únicas al estado de sucesión pastizal que fueron (*Argia indicatrix, Brechmorhoga vivax, Erithrodiplax fusca, Erithrodiplax abjecta* y *Hetaerina cruentata*) y finalmente, tres especies fueron únicas al estado de sucesión tardía (*Archaeopodagrion, Brechmorhoga rapax* y *Cora Klenei*). En sucesión temprana no se registraron especies únicas. Para esto, se omitieron las especies con un solo individuo registrado, debido a que su inclusión puede arrojar mayor error, ya que estos pueden ser individuos errantes (Anexo G).

Finalmente, ya que las diferencias de la comunidad de libélulas entre los estados de sucesión están relacionadas con la vegetación característica de cada estado de sucesión evaluado, se puede decir, que las especies registradas se encuentran limitadas por las condiciones ambientales características de cada tipo de zona, debido a los requerimientos fisiológicos que poseen. A partir de lo cual, es válido concluir que Odonata puede funcionar como un grupo bioindicador de los estados de sucesión ecológica en la vereda Montebello del Parque Nacional Natural Tatamá ,pero bajo dos parámetros, primero, a nivel de suborden Odonata permite diferenciar pastizal de los otros dos estados de sucesión pero no permite diferenciar entre estos dos últimos (sucesión temprana y sucesión tardía) segundo, se encontró que a nivel de especie posiblemente se puede diferenciar cada estado evaluado en el estudio, debido a la presencia de especies únicas al estado de sucesión tardía y a pastizal.

2.7. Conclusiones

- ✓ Zygoptera se ve favorecida a mayor cobertura de dosel y mayor complejidad mientras que con Anisoptera ocúrrelo contrario.
- ✓ A mayor heterogeneidad en la vegetación mayor número de especies.
- ✓ Las variables fisicoquímicas no tuvieron relevancia explicando la estructuración de las comunidades de Odonata.
- ✓ A nivel de suborden Odonata puede funcionar como un grupo bioindicador entre pastizal y los estados de sucesión temprana y tardía pero no entre estos dos últimos.
- ✓ Sin embargo, es posible que a nivel de especie se encuentren bioindicadores que diferencien los estados de sucesión temprana y tardía.

2.8. Recomendaciones

Se recomienda hacer más minutos de muestreo ya que con los minutos de este estudio no se logró las especies esperadas de acuerdo con el estimador Chao1, se registraron 25 especies y las estimadas fueron 30.

Adicionalmente, se recomienda en estudios posteriores considerar variables fisicoquímicas y de la vegetación, que en este estudio no pudieron ser evaluadas, estas son:

- Conductividad: en el estudio de Ribeiro et al. (1998) se concluyó que la conductividad proporciona un aumento en la concentración de seston, conjunto de partículas y microorganismos que flotan en el agua. comprenden los detritos orgánicos (tripton) y organismos vivos en suspensión (plancton) y las partículas que precipitan en calma (sentón), fenómeno que se acompaña de un aumento de la producción del fitoplancton y de macroinvertebrados, lo que favorece el surgimiento de muchos Depredadores (debido a la mayor disponibilidad de alimento) por ejemplo, larvas de Zygopteras.

- Oxígeno disuelto: (Oertli, 2008) concluye que, en el trópico, varias especies de Odonata afectadas significativamente por factores tales como estructura y diversidad de la vegetación (hidrófita y terrestre), velocidad del agua, hidroperíodo, temperatura, oxígeno disuelto, pH, conductividad, salinidad y contaminantes.

- Vegetación por especies, esto permitiría conocer las características de las especies vegetales aledañas a la quebrada, esto es importante ya que en el estudio de (Barbosa, 2013) se encontró que el número de especies leñosas fue un factor que influenció la riqueza de especies de Zygoptera, y tal relación se justifica por el hecho de que estas presentan oviposición Epifítica o endofítica (Fulan & Henry, 2007).

2.9. Bibliografía

Agudelo, G. P. (1998). *Indicadores biológicos en ecosistemas continentales de Colombia. Compilación bibliográfica.* Bogotá D.C: Universidad Jorge Tadeo LozGARno.

Aguilar Garavito, M., & Ramírez, W. (2015). *Monitoreo a procesos de restauración ecológica, aplicado a ecosistemas terrestre.* Bogotá D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).

Armenteras, D., Rudas, G., Rodriguez, N., Sua, S., & Romero, M. (2006). Patterns and causes od deforestation in Colombia Amazon. *Ecological Indicators*, 353-368.

Balvanera, P. (2012). Los servicios ecosistémicos que ofrecen. *Ecosistemas Revista científíca de ecología y medio ambiente*, 136-147.

Barbosa, J. M. (2013). *O EFEITO DA ALTERAÇÃO AMBIENTAL SOBRE ASSEMBLEIAS DE ODONATA NA AMAZÔNIA ORIENTAL.* Mato grosso: Universidade do Estado de Mato Grosso.

Baudron, F., & Giller, K. (2014). Agriculture and nature: Trouble and strife? *Biological Conservation*, 232-245.

Ballesteros, H. F., Ríos, C., Hernández, J.,Gallego, L. E., Ruiz, J., Restrepo, R. I., Rodríguez, Y. (2005). Plan de manejo Parque Nacional Natural Tatamá.

Balvanera, P. (2012). Los servicios ecosistémicos que ofrecen. *Ecosistemas Revista científíca de ecología y medio ambiente*, 136-147. revisar

Bloomfield, G. (2012). *Enviromental Leardership & Traingng Iniciative (elti).* Obtenido de http://elti.fesprojects.net/2013Azuero/j.slusser.intro.pdf

Celi, J. & A. Dávalos. 2001. Manual de Monitoreo. Los escarabajos peloteros como indicadores de la calidad ambiental. EcoCiencia, Quito, Ecuador.

Corbet, P.S. (1999). Dragonflies: Behavior and ecology of Odonata. Comstock Publ. Assoc., Ithaca, NY, 829p.

Corbet, P.S. & May, M.L. (2008). Fliers and perchers among Odonata: dichotomy or multidimensional continuum? A provisional reappraisal. International Journal of Odonatology, 11, 155-171.

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

Fulan, J.A. & Henry, R. (2007). Temporal distribution of immature Odonata (Insecta) on Eichhornia azurea (Kunth) stands in the Camargo Lake,

Paranapanema River, São Paulo. Revista Brasileira de Entomologia, 51, 224-227.

Foote, A.L & Hornung, C.L.R. (2005). Odonates as biological indicators of grazing effects on Canadian prairie wetlands. Ecological Entomology, 30, 273-283.

García, J.C. & L. Pardo. 2004. Escarabajos Scarabaeinae saprófagos (Coleóptera: Scarabaeidae) en un Bosque muy Húmedo Premontano de los Andes Occidentales Colombianos. Ecol. Aplicada 3: 59-63.

Gardner, T.A., J. Barlow, I.S. Araujo, T.C. Ávila-Pires, A.B. Bonaldo, J.E. Costa, M.C. Esposito, L.V. Ferrei- ra, J. Hawes, M.I.M. Hernandez, M.S. Hoogmoed, R.N. Leite, Lo-N.F. Man-Hung, J.R. Malcolm, M.B. Martins, L.A.M. Mestre, R. Miranda-Santos, W.L. Overal, L. Parry, S.L. Peters, M.A. Ribeiro-Junior, M.N.F. da Silva, C.S. Motta & C.A. Peres. 2008. The cost-effectiveness of biodiversity surveys in tropical forests. Ecol. Lett. 11: 139-150

Garrison W, R., Ellender, N., Louton , J A. (2006). Dragonfly Genera of the New World. Baltimore, Maryland USA: The Johns Hopkins University Press.

Hardersen, S. and Wratten, S.D. (1998) The effects of carbaryl exposure of the penultimate larval instars of Xathocnemis zealandica on emergence and fluctuating asymmetry. Ecotoxicology 7, 297–304.

Halffter, G. & M.E. Favila. 1993. The Scarabaeidae (Insecta: Coleoptera) an animal group for analysing, inventoryng and monitoring biodiversity in tropical rainforest and modified landscapes. Biol. Int. 27: 1-21.

Heckman, C. W. 2006. Encyclopedia of South American aquatic insects: Odonata – Anisoptera. Springer, Dordrecht. 733 p

Heckman W C., (2008). Encyclopedia of South American Aquatic Insects: Odonata – Zygoptera. Olympia Washington USA: Springer Science.

Juen, L. & De Marco, P.Jr. (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, 265-274.

Rangel-Ch, J. O. (2015). La biodiversidad de Colombia: significado y distribución regional. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 176-200.

Remsburg, A.J., Olson, A.C. & Samways, M.J. (2008). Shade alone reduces adult dragonfly (Odonata: Libellulidae) abundance. Journal Insect Behaviour, 21, 460-468.

Resende, D.C. (2010). Residence advantage in heterospecific territorial disputes of Erythrodiplax Brauer species (Odonata, Libellulidae). Revista Brasileira de Entomologia, 54, 110-114.

Ríos, O. V. (2011). RESTAURACIÓN ECOLÓGICA: BIODIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN. Acta biológica colombiana, 221-246.

Krebs, C. 1988. Ecología: Estudio de la distribución y la abundancia. Oxford University, England.

Morón, M.A., B. Ratcliffe & C. Deloya. 1997. Atlas de los escarabajos de México, Coleoptera: Lamellicor- nia, Vol. I Familia Melolonthidae. CONABIO-SME, México.

Noss, R.F. 1999. Assessing and monitoring forest biodiver- sity: a suggested framework and indicators. Forest. Ecol. Manag. 115: 135-146.

Pearce, J.L. & L.A. Venier. 2006. The use of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) and spiders (Araneae) as bioindicators of sustainable forest management: a review. Ecol. Indicators 6: 780-793.

Pla, L. (2006). Biodiversidad: inferencia basada en el índice de shannon y la riqueza, Revista Interciencia, Volumen (31), pp **

Myers, N., Mittermeier, R., Mittermeier, C., da Fonseca, G., & Ken, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 853-858.

Chadid, M., Dávalos, L., Molina, J., & Armenteras, D. (2015). A Bayesian Spatial Model Highlights Distinct Dynamics in Deforestation from Coca and Pastures in an Andean Biodiversity Hotspot. *Forests*, 3828-3846.

Colwell, R., & Coddington, J. (1994). Estimating terrestrial biodiversity throught extrapolation. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci., 345*, 101-18. doi:10.1098/rstb.1994.0091

Etter, A., McAlpine, C., & Possingh, H. (2008). Historical Patterns and Drivers of Landscape Change in Colombia since 1500: A regionalized spatial approach. *Annals of the Association of American Geographers*, 2-23.

Freeman, S. (2009). *Biología .* Madrid: Pearson Education.

Herrera, A. (2000). *La clasificación numérica y su aplicación en la ecología.* Santo Domingo: Sanmenycar.

López Aguilar, I., Chagollan Amaral, F., Del Campo Amezcua, J., García Reynaga, R., Contreras García, I., & García Vargas, R. (2006). *Ecología.* Jalisco: umbral Editorial.

McGeoch. (1998). The selection, testing ans application of terrestrial insects as bioindicators. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society, 73*(2), 181-201.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Plan Nacional de Restauración: restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de áreas disturbadas.* BOGOTÁ D.C.: MINAMBIENTE.

Oertli, B. (2008). The use of dragonflies in the assessment and monitoring of aquatic habitats. En A. Córdoba-Aguilar, *Dragonflies & Damselflies: Model Organisms for Ecological and Evolutionary Research* (págs. 79-95). New York: Oxford University Press.

Ometo, J.P., L.A. Martinelli; M.V. Ballester, A.F. Gessner; A.V. Krusche;R.L. Victoria and M. Williams. 2000. Effects of land use on water chemistry and macroinvertebrates in two streams of the Piracicaba river basin, south-east Brazil. Freshwater Biology 44:327-337

Saavedra, M. A. (2009). DIVERSIDAD DE LIBÉLULAS (INSECTA-ODONATA) PARA DOS USOS DE SUELO, EN UN BOSQUE SECO TROPICAL. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 5071-5079.

Urrutia, M. X. (2005). *Riqueza de especies de Odonata Zygoptera por unidades fisiograficas en el departamento del Valle del Cauca.* Santiago de Cali: Boletin del museo de entomologia de la Universidad del Valle.

Samways, M.J., Taylor, S. & Tarboton, W. (2005). Extinction reprieve following alien removal. Conservation Biology, 19, 1329-1330.

Samways M. J., 2008 Dragonflies as focal organisms in contemporary conservation biology. In: Córdoba-Aguilar, A. (Ed.), Dragonflies and Damselflies: Model Organisms for Ecological and Evolutionary Research. Oxford University Press, USA, pp 97 – 108.

Simaika, J. P. and M. J. Samways. 2008. Valuing dragonflies as service providers. In: Dragonflies: Model Organisms for Ecological and Evolutionary Research. (ed. A. Córdoba-Aguilar). Oxford University Press, Oxford pp 109-123.

Simaika, J.P., Samways, M.J., 2009. An easy-to-use index of ecological integrity for prioritizing freshwater sites and for assessing habitat quality. Biodivers. Conserv. 18, 1171–1185.

Simaika, J. P., & Samways, M. J. (2011). Comparative assesment of indices of freshwater habitat conditions using different invertebrate taxon sets. Western Cape Province: Stellenbosch University. REVISAR

Silva, D.P., De Marco, P.Jr. & Resende, D.C. (2010). Adult odonate abundance and community assemblage measures as indicators of stream ecological integrity: A case study. Ecological Indicators, 10, 744-752.

Suh, A.N. & Samways M. J. (2005). Significance of temporal changes when designing a reservoir for conservation of dragofly diversity. Biodiversity and Conservation, 14, 165-178.

Ribeiro, J.R., Nessimian, J.L., Mendonça, E.C. (1998). Aspectos da distribuição dos Nepomorpha (Hemiptera: Heteroptera) em corpos d'água na restinga de Maricá, estado do Rio de Janeiro. Oecologia Brasiliensis, 5, 113-128.

Victorino, A., Rodríguez, J., Peláez, S., Guevara, A., Moreno, R., Ko, K., Vargas, J. (2012). Bosques para las personas,Memorias del Año Intenacional de los Bosques,2011. Bogotá. D.C: Instituto de Investigacion de Recursos Biologicos Alexander von Humboldt y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Villareal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., y otros. (2004). Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biólogicos Alexander von Humboldt.

Ward, J.V. 1998. Riverine landscapes: biodiversity patterns disturbance regimes, and aquatic conservation. Biological Conservation 83(3): 269-278

Ward, L. & Mill, P.J. (2005). Habitat factors influencing the presence of adult Calopteryx splendens (Odonata: Zygoptera). Euopean Journal of Entomology, 102, 47-51.

2.10 Anexos

Anexo A. Fotografías de ocho de las nueve zonas de muestreo.

Anexo B. Lista de especies de odonatos identificados en las distintas zonas de muestreo en la vereda Montebello. Risaralda, Colombia.

Especie	Zona de muestreo		
	Pastizal	Sucesión temprana	Sucesión tardía
I. Aeshnidae			
Aeshnidae sp.	**1**		
II. Calopterygidae			
Hetaerina		**7**	**8**
Hetaerina aurora Ris, 1918		**1**	
Hetaerina capitalis Selys*, 1873*		**24**	**6**
Hetaerina cruentata (Rambur, 1842)	**12**		
III.Coenagrionidae			
Argia indicatrix Calvert, 1902	**35**		
Argia medullaris Hagen in Selys, 1865		**14**	**20**
Argia variegata Förster, 1914			**1**
IV.Gomphidae			
Epigomphus sp nov		**1**	
V.Libellulidae			
Brechmorhoga rapax Calvert, 1898			**4**
Brechmorhoga vivax Calvert, 1906	**3**		
Cannaphila vibex (Hagen, 1861)	**2**		1
Erythrodiplax abjecta (Rambur, 1844)	**6**		
Erythrodiplax fusca (Rambur, 1842)	**26**		
Libellula herculea Karsch, 1889	**3**	**1**	**2**
Macrothemis hahneli Ris, 1913	**9**	1	
Orthemis discolor (Burmeister, 1839)	**1**		
VI.Megapodagrionidae			
Archaeopodagrion			**13**
Heteragrion sp.nov 1		**17**	**58**
Heteropodagrion superbum Ris, 1918		**17**	**11**
Teinopodagrion croizati De Marmels, 2002		**2**	
VII. Platystictidae			
Palaemnema brucelli Kennedy, 1938		**2**	**7**
Palaemnema cf. melanocauda		**3**	**9**
VIII. Polythoridae			
Cora aurea Ris, 1918		**8**	**7**
Cora klenei Karsch, 1891			**3**
Polythore gigantea (Selys, 1853)		**19**	**32**

Anexo C. Comunidad de Odonata registradas en días nublados.

ESPECIES	BOSQUE	SUCESIÓN TEMPRANA	PASTIZAL
Archaeopodagrion	1	0	0
Cora aurea	2	4	0
Hetaerina	4	0	0
Hetaerina capitalis	1	1	0
Heteragrion sp.nov 1	24	11	0
Heteropodagrion superbum	4	8	0
Palaemnema brucelli	1	2	0
Palaemnema cf. melanocauda	2	1	0
Polythore gigantea	6	3	0
Argia indicatrix	0	0	13
Erythrodiplax abjecta	0	0	1
Erythrodiplax fusca	0	0	3
Macrothemis hahneli	0	0	1
Orthemis discolor	0	0	1
Argia medullaris	0	3	0

Anexo D. Comunidad de Odonata registradas en días soleados.

ESPECIES	BOSQUE	SUCESIÓN TEMPRANA	PASTIZAL
Aeshnidae sp.	0	0	1
Archaeopodagrion	12	0	0
Argia indicatrix	0	0	22
Argia medullaris	20	11	0
Argia variegata	1	0	0
Brechmorhoga rapax	4	0	0
Brechmorhoga vivax	0	0	3
Cannaphila vibex	1	0	2
Cora aurea	5	4	0
Cora klenei	3	0	0
Epigomphus sp nov	0	1	0
Erythrodiplax abjecta	0	0	5
Erythrodiplax fusca	0	0	23
Hetaerina	4	7	0
Hetaerina aurora	0	1	0
Hetaerina capitalis	5	23	0
Hetaerina cruentata	0	0	12
Heteragrion sp.nov 1	34	6	0
Heteropodagrion superbum	7	9	0
Libellula herculea	2	1	3
Macrothemis hahneli	0	1	8
Palaemnema brucelli	6	0	0
Palaemnema cf. melanocauda	7	2	0
Polythore gigantea	26	16	0
Teinopodagrion croizati	0	2	0

Anexo E. Resultados de la estructura vegetal vertical y cobertura de dosel para cada replica

	Sustratos vegetales- Estructura vegetal vertical				Cobertura de dosel (%)
SITIO	**RASANTE**	**HERBACEO**	**ARBUSTIVO**	**SUBARBOREO**	**Densiómetro**
Pastizal 1	77,19	21,05	1,75	0	12,78
pastizal 2	77,19	22,81	0,00	0	40,14
pastizal 3	47,57	38,83	3,88	9,71	42,92
sucesión temprana 1	10,92	59,66	6,72	22,69	85,07
sucesión temprana 2	0	79,75	6,33	13,92	85,83
sucesión temprana 3	0	71,83	15,49	12,68	82,78
bosque 1	7,97	57,97	8,70	25,36	87,38
bosque 2	10,97	64,52	14,84	9,68	85,97
bosque 3	2,96	72,59	13,33	11,11	88,75

Anexo F. Resultados de la de las variables fisicoquímicas estudiadas para cada replica

	Caudal (cm3/s)	T.agua (°C)	T.ambiente (°C)	Velocidad del caudal (cm/s)	p.H
BOSQ1	119582,70 ± 69622,05	17, 68 ± 2,89	19,29 ± 0,53	27,96 ± 5,32	8,31 ± 0,49
BOSQ2	36012,76 ± 2097,81	19,44 ± 0,92	21,96 ± 1,22	38,14 ± 9,43	8,70 ± 0,18
BOSQ3	211312,09 ± 25302,36	18,16 ± 2,07	23,10 ± 2,17	38,10 ± 4,96	8,22 ± 0,64
POTRE1	188699,27 ± 47679,46	22,10 ± 1,65	25,47 ± 1,55	16,14 ± 2,62	8,49 ± 0,36
POTRE2	62139,65 ± 0,00	21,94 ± 1,79	26,07 ± 2,12	15,37 ± 1,03	7,84 ± 0,77
POTRE3	528080,47 ± 0,00	18,95 ± 1,25	22,25 ± 0,51	40,40 ± 16,08	8,18 ± 0,15
REG1	274616,10 ± 116697,7	18,60 ± 1,01	18,81 ± 1,37	23,96 ± 6,75	8,36 ± 0,36
REG2	6926,08 ± 1432,62	18,48 ± 0,25	20,54 ± 0,64	15,40 ± 0,80	8,09 ± 0,46
REG3	181877,30 ± 20944,05	18,18 ± 0,81	20,53 ± 2,05	38,12 ± 2,82	8,35 ± 1,68

Anexo G. Imágenes fotográficas de las especies consideradas como importantes en este estudio.

Generalista:

Libellula herculea

Exclusivas de Pastizal:

Erithrodiplax abjecta

Argia indicatrix

Erithrodiplax fusca

Brechmorhoga vivax

Hetaerina cruentata

Exclusivas de Sucesión tardía:

Archaeopodagrion
Tomada por C.Bota

Cora Klenei
Tomada por C.Bota

Brechmorhoga rapax