



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE  
MORELOS**

---

---

**Centro de Investigación en Biodiversidad y  
Conservación**

**La dispersión de semillas por agua en el río Ranchería, bajo los  
efectos de una represa y la minería de carbón, en el bosque seco tropical  
de La Guajira, Colombia.**

## **TESIS**

**QUE**

**DANIELA ALEJANDRA RÁTIVA GAONA**

**PRESENTA PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRA EN BIOLOGÍA INTEGRATIVA DE LA  
BIODIVERSIDAD Y LA CONSERVACIÓN**

**DIRECTORA:**

**DRA. ELISABET WEHNCKE**

**CODIRECTORA:**

**DRA. MARCELA OSORIO BERISTAIN**



**CUERNAVACA, MORELOS**

**2021**

## INDICE

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS.....	3
AGRADECIMIENTOS.....	6
RESUMEN.....	9
INTRODUCCIÓN.....	11
MARCO TEORICO.....	14
<b>La dispersión de semillas, su importancia y los diferentes agentes de dispersión.....</b>	<b>14</b>
<b>Hidrocoria: Dispersión de semillas a través del agua.....</b>	<b>15</b>
<b>Relación del caudal con la dispersión de semillas por el río.....</b>	<b>15</b>
LA REGIÓN DE LA GUAJIRA.....	17
<b>Características ambientales .....</b>	<b>17</b>
<b>Río Ranchería y Río Cesar .....</b>	<b>19</b>
PROBLEMÁTICA .....	22
<b>Afectaciones a los ecosistemas de la región .....</b>	<b>22</b>
<b>Efectos debidos a la minería.....</b>	<b>23</b>
<b>Minería de carbón a cielo abierto.....</b>	<b>24</b>
<b>Efectos debidos a la represa.....</b>	<b>26</b>
<b>Represa El Cercado:.....</b>	<b>26</b>
HIPOTESIS .....	28
OBJETIVOS .....	29
<b>Objetivo general .....</b>	<b>29</b>
<b>Objetivos particulares.....</b>	<b>29</b>
MATERIALES Y MÉTODOS .....	29
<b>El Río Ranchería y el Río Cesar.....</b>	<b>30</b>
<b>Caudal del Río Ranchería.....</b>	<b>31</b>
<b>Área de estudio.....</b>	<b>33</b>
<b>Selección de zonas de muestreo.....</b>	<b>33</b>
<b>Elaboración de las trampas de semillas .....</b>	<b>34</b>
METODOLOGÍA.....	35
<b>Fase de Campo .....</b>	<b>35</b>
<b>Sitios de muestreo.....</b>	<b>37</b>
<b>Fase de Laboratorio.....</b>	<b>38</b>
<b>Análisis estadísticos .....</b>	<b>39</b>

RESULTADOS.....	41
Análisis a nivel comunitario.....	41
<b>Curva de acumulación de especies</b> .....	43
<b>Índices de diversidad</b> .....	44
<b>Análisis de las comunidades de semillas en los ríos Cesar y Ranchería considerando las temporadas de muestreo: Curvas de Rango-Abundancia</b> ....	44
<b>Análisis de escalamiento multidimensional no paramétrico (NMDS)</b> .....	47
<b>Modelo mixto:</b> .....	48
<b>Análisis de varianzas</b> .....	49
DISCUSIÓN.....	51
Efecto de la represa.....	52
Efecto de la mina.....	55
Efecto por temporadas .....	57
REFERENCIAS .....	60
ANEXOS.....	72

## ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1. Valores del índice de Shannon en las zonas del Río Ranchería en cada temporada .....	44
Tabla 2. Resultados del ajuste de un modelo mixto para evaluar el efecto temporada, río y zona sobre el número de semillas transportadas por los ríos (ver material y método.....	48
Figura 1. Mapa de la posición Guajira en Colombia, la división administrativa del departamento de La Guajira y la ubicación de sus principales centros urbanos (PNUD, 2016).....	17
Figura 2. Mapa de los ecosistemas de La Guajira basado en Etter, 1998 .....	19
Figura 3. Mapa de ecosistemas de la Cuenca del río Ranchería. Basado en el mapa de ecosistemas de Etter, 1998 y el mapa de Bosque Seco tropical del Instituto Alexander Von Humboldt .....	20
Figura 4. Mapa del Departamento de la Guajira, con la localización de la cuenca del Río Ranchería, la Mina el Cerrejón, la Represa el Cercado, la vía férrea para el movimiento del carbón y las cabeceras de los principales municipios de la región. Tomado de Catalina Caro .....	23

Figura 5. Mapa de la cuenca del río Ranchería, con sus principales afluentes en azul oscuro y en azul claro sus tributarios. La ubicación de los puntos de muestreo, la represa el Cercado y la Mina el Cerrejón, además de los relictos de bosque seco tropical .....	30
Figura 6. Promedio de precipitación y temperatura en la cuenca media del Río Ranchería.....	31
Figura 7. Hidrograma del río Ranchería con base a cuatro estaciones hidrológicas de la región. La ubicación de las estaciones desde aguas arriba hacia aguas abajo del río es: Caracolí, El Silencio, Pte. Guajiro y Cuestecitas	32
Figura 8. Hidrograma del río Ranchería en cuatro estaciones hidrológicas de la región .....	32
Figura 9. Mapa con mayor detalle de la ubicación de las estaciones hidrológicas, las zonas y puntos de muestreo en el Río Ranchería y Río Cesar, la ubicación de la Mina el Cerrejón y la represa El Cercado. Elaboración propia .....	33
Figura 10. Elaboración de trampa. (a) modelo de Vogt, Rasran y Jensen (2004), utilizadas por Esper-Reyes et al. 2018, (b) trampas elaboradas en este proyecto .....	35
Figura 11. Muestra de las trampas acuáticas para capturar semillas puestas en el río de manera que queden flotando, atadas a rocas o arboles según el ajuste necesario para el estudio .....	36
Figura 12. Zonas del río Ranchería. A. Zona Alta B. Zona Media C. Zona Baja .....	37
Figura 13. Zonas del río Cesar. D. Zona Alta E. Zona Media.....	38
Figura 14. Curva de acumulación de especies para la comunidad de semillas	43
Figura 15. Curvas de rango abundancia de las especies de semillas transportadas por los ríos Cesar y Ranchería de acuerdo con las temporadas de muestreo (seca, húmeda).....	45
Figura 16. Curvas de rango abundancia de las especies de semillas transportadas por los ríos Cesar y Ranchería .....	46
Figura 17. Curva rango abundancia del Río Ranchería por zonas en cada temporada .....	47
Figura 18. Análisis de NMDS para la composición las temporadas, teniendo en cuenta las zonas alta y media de los dos ríos .....	48

Figura 19. Comparación del número de especies en las zonas del Río Ranchería en cada temporada .....	49
Figura 20. Comparación del número de semillas en cada temporada en las zonas de los ríos.....	50
Figura 21. NMDS de las zonas del río Ranchería en cada temporada .....	51
Anexo 1. Tabla de información geográfica de las zonas de muestreo .....	72
Anexo 2. Tabla 2. Composición florística y abundancia de las semillas encontradas en el río Ranchería y el río Cesar en las temporadas seca y húmeda .....	73

## **AGRADECIMIENTOS**

A Mariela Gaona, mi madre. Ella quien ha sido el más grande apoyo y soporte en todos mis procesos de vida. Quien me demostró que, ante los problemas, solo hay que tener fuerza y convicción para salir adelante.

A mi hermana, Sandra Rátiva-Gaona. Pilar de mi vida, sostén emocional, social, económico, académico, y, sobre todo, guía en el proceso de no perder la esperanza. Por su amor, por su paciencia, por su alegría, por soportar mi vida, de todas las maneras posibles.

A mi sobrina Angela Munar-Rátiva. A ella, por ser la alegría y la frescura de los todos los días. Por dejarnos ver que el mundo podría tener un futuro mejor.

A todas las mujeres que me acompañaron. Mis abuelas Marina y Nuncia, por enseñarme el valor del trabajo arduo, del trabajo de campo, del trabajo con la tierra. Por enseñarme que nosotros somos dueñas de nuestras vidas y de nuestras decisiones. A ellas por siempre orar por mi y protegerme. A mis tías y primas. Quienes siempre me acompañaron a lo lejos, siempre me abrazaron, siempre rieron conmigo.

A mis amigas en Colombia. Ana, Sara, Erika, quienes me apoyaron, me dieron ideas, y en los días difíciles me escucharon a pesar de la distancia.

A mis amigas Erika, Patricia, Juliana, Sofia, Diana por ser parte de este proceso, por escuchar todas mis quejas, por acompañarme en otro país, por darme soporte, por ser mi familia en el extranjero, por todos los momentos alegres que compartimos.

A Celeste Tamayo, quien llego en el momento más complejo de este proceso, a darme alas, darme paz, enseñarme un nuevo camino y mostrarme que siempre estamos en constante evolución.

A mi directora, Elisabeth Wehncke por poner tantas cosas mi disposición para poder llevar a cabo este camino. Por todas las experiencias buenas y malas que vivimos en campo. Por dejarme cumplir mi sueño de trabajar en un río en Colombia. Y por guiarme en este proceso académico.

A todas las profesoras, secretarias, estudiantes, compañeras, amigas, académicas, que en algún momento estuvieron para darme su opinión, soporte y guía.

A mis amigos. A Cristian Pinzón, por ayudarme a pensar, a soñar, a idear, a escribir, a terminar este manuscrito. Por escuchar, por sugerir, por acompañarme y abrazarme cada vez que lo necesité. A Sebastián y Daniel, por los momentos de fiesta y por la compañía en momentos tristes, por sus aportes a la tesis, sus soportes en los días difíciles.

A Luis Hernández. Por su amor, por su paciencia, por sus risas, por su compañía, por su atenta escucha. A él por todo su cariño en los momentos más complejos y por jalarme en los momentos donde no creí terminar de escribir.

A Jorge Fragoso, José Villalobos y a Luis Maestre, sin su compañía, guía en el trabajo de campo, sin sus conocimientos este trabajo no hubiera sido posible.

A mi profesor Edgar Linares. Por su compañía académica, por ser tan generoso con sus conocimientos, con sus espacios y enseñarme del mundo de las semillas. Y a mi profesor Orlando Rivera, porque a lo largo de los años sigue siendo mi tutor en la vida y en la academia.

A mi Alma Mater, la Universidad Nacional de Colombia. Espacio donde me formé y gracias al cual puedo ser la profesional que logra culminar este proceso. Porque a pesar de la distancia sigue siendo el soporte de esta investigación.

Al Centro de Investigación de Biodiversidad y Conservación (CIBYC) y la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, por darme esta oportunidad, acompañarme y permitirme complementar mi formación. A ustedes por permitirme experimentar y crecer como bióloga, superando retos y cumpliendo sueños.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y a las mexicanas, por el soporte económico que me brindaron, el cual me permitió vivir una experiencia única en mi vida. Por permitirme dedicarme exclusivamente a lo que me apasiona.

A la Fundación Rufford, por la beca que me otorgó. La cual me permitió terminar con éxito mis salidas de campo y tener información complementaria a este estudio.

A la Coffee, la Agatha y la Nievba por la alegría de compartir con otras especies.

## RESUMEN

Los ríos son corredores que permiten el movimiento de nutrientes, migraciones y la dispersión de diferentes tipos de organismos, incluyendo semillas de la vegetación riparia. Estos ecosistemas se encuentran muy amenazados en los trópicos por las transformaciones antrópicas implementadas para suplir necesidades humanas. Por su parte, el ecosistema de bosque seco tropical se encuentra fuertemente degradado en toda Latinoamérica, y en particular en Colombia donde hay menos del 4% de la cobertura original y un fuerte deterioro de los ríos inmersos en este ecosistema. El río Ranchería, ubicado al norte de Colombia, es el río más importante del departamento de la Guajira, por todos sus servicios ecosistémicos y por ser un río históricamente intervenido. En la actualidad en la zona alta del río se encuentra la represa El Cercado y en la zona media la mina de carbón El Cerrejón, una de las minas a cielo abierto, más grandes del mundo. Estos impactos han cambiado las condiciones naturales del río, como el caudal, la calidad de agua, además de afectar las condiciones de salud humana. En esta investigación, se evaluó la hidrocoría en el río Ranchería, comparando las dos temporadas del año (Húmeda y Seca) y contrastando con el río Cesar, tomado como ecosistema de referencia. Además, se contrastaron tres zonas del río, la zona alta, previa a la represa, la zona media, posterior a la represa y previa a la mina, y la zona baja, posterior a la mina, con el fin de identificar las afectaciones que estas intervenciones generan en la hidrocoria de semillas del bosque seco. Con un total de 720 horas de muestreo, se encontraron 1315 semillas, de las cuales se ha identificado el 31% a nivel de género o especie. Con un total de 52 especies determinadas hasta el momento. No encontramos diferencias significativas en la composición, riqueza o abundancia entre temporadas, ríos o zonas. Pero el número de especies y de semillas es mayor en el río Cesar y en la temporada seca. Además, encontramos la presencia de *Mimosa pigra* (Fabaceae) en la zona baja del río Ranchería, que está reportada como una de las 100 especies invasoras más dañinas del mundo. Los resultados, sugieren que la presencia de la mina El Cerrejón y la represa El Cercado en el río Ranchería, han generado una fuerte homogenización de los patrones naturales del río y la ausencia de

semillas de especies características del ecosistema. Mostrado que estos cambios en los ríos afectan la calidad de los ecosistemas.

## INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas acuáticos se encuentran bajo una fuerte presión de transformación debido a las actividades humanas. Esto ha generado pérdida de la conectividad entre los sistemas acuáticos y terrestres, además de impactos como la pérdida de biodiversidad, de las funciones ecológicas y consecuentemente, la pérdida de los servicios ecosistémicos (Nilsson et al. 2005; Nilsson and Berggren 2000; Vörösmarty et al. 2010). En la actualidad, las actividades antropogénicas como la deforestación, ampliación de la frontera agrícola, la ganadería, el dragado de canales, la desviación y/o desaparición de ríos y la contaminación, amenazan con desequilibrar la integridad, funcionalidad y sustentabilidad de los ecosistemas riparios y de sus áreas adyacentes (Celentano et al. 2014; Postel, Daily, and Ehrlich 1996; Postel and Richter 2003; Stromberg, Tiller, and Richter 1996). Y consecuentemente, los procesos ecológicos fundamentales para los ecosistemas riparios, como la dispersión de semillas, de sedimentos y de nutrientes, se han visto altamente alterados por las transformaciones antrópicas (Greet, R. D Cousens, and Angus Webb 2013; Postel et al. 1996; Vörösmarty et al. 2010).

Los ecosistemas riparios y humedales son uno de los hábitats biofísicos más diversos y dinámicos de los ecosistemas terrestres (Brooks et al. 2004; Naiman and Decamps 1997; Pinay and Malanson 1994; Tabacchi et al. 2000). La complejidad del paisaje se debe a que todos los actores en este sistema tienen procesos especiales, resultado de complejas interacciones de ambientes, geformas y especies a lo largo del paisaje (Greet, Angus Webb, and Cousens 2011; Richardson et al. 2007). Esto origina una alta heterogeneidad y permite que haya una regulación particular del sistema acuático-terrestre (Hooper et al. 2005; Richardson et al. 2007; Tabacchi et al. 1998, 2000). Por esa razón, los ríos son los grandes conductores de nutrientes y energía, entramados en una red de corredores que suelen tener variaciones en cuanto a los gradientes de suelo y vegetación (Richardson et al. 2007).

Sumado a esto, la vegetación riparia, que es la zona de transición entre los ecosistemas acuáticos y los terrestres, cumple numerosas funciones

ecológicas fundamentales para mantener el ecosistema ripario y los ecosistemas circundantes (Naiman and Decamps 1997; Richardson et al. 2007). Además que la variación natural en los flujos, de la temperatura, del tipo de suelo, de las pendientes, de los nutrientes y de las condiciones fisicoquímicas, son los impulsores primarios de la estructura, la composición y la dinámica general de los ecosistemas (Hooper et al. 2005; Naiman and Decamps 1997; Pinay and Malanson 1994; Poff et al. 1997; Richardson et al. 2007).

La hidrocoria. es un proceso muy relevante en la diseminación, establecimiento y composición de las comunidades vegetales de los corredores riparios.(Nilsson et al. 2010; Stromberg 2001). Además, que estructura las comunidades de plantas e incrementa el flujo génico entre las poblaciones, permitiendo que se expandan los rangos geográficos de las especies de plantas riparias y de humedales (Correa, Álvarez, and Stevenson 2015; Cubley and Brown 2016; Greet et al. 2011; Jansson et al. 2005; Nilsson et al. 2010). Particularmente en ambientes con marcada estacionalidad climática (Esper-Reyes et al. 2018; De León Ibarra et al. 2019). Este fenómeno de dispersión por agua depende de las características del ciclo hidrológico natural y de las variaciones en las condiciones biofísicas del sistema, las cuales permiten el movimiento y el establecimiento de los propágulos en los bancos y planicies de inundación (Nilsson et al. 2010; Wantzen and Junk 2003), siendo un proceso altamente complejo e importante para el ecosistema.

La gran complejidad ambiental, genera que esas zonas sean particularmente sensibles a los cambios del medio, ya sea por impactos naturales o antropogénicos. Por consiguiente, la alteración de las flujos naturales y las condiciones ambientales, afecta los patrones de distribución y dispersión de las plantas a lo largo de los corredores riparios (Andersson, Nilsson, and Johansson 2000; Greet, R. D Cousens, et al. 2013; De León Ibarra et al. 2019; Tabacchi et al. 2000; Tabacchi, Planty-Tabacchi, and Déamps 1990). Además, las comunidades en el banco de semillas son altamente vulnerables a las variaciones en las condiciones físico/químicas, comparadas con la vegetación en pie (Dalton et al. 2017; Pinay and Malanson 1994; Tabacchi et al. 2000). Por esas razones, la composición, la riqueza y la abundancia de las semillas del

ecosistema son un muy buen indicador para determinar el estado de salud de la vegetación riparia en los bosques tropicales (De León Ibarra et al. 2019).

Ahora bien, en los ambientes secos, los ecosistemas riparios tienen rol muy importante, ya que están permanentemente asociados a la humedad de los ríos y los manantiales, generando disponibilidad de varios nichos ecológicos (Tabacchi et al. 1998). Así, la variabilidad natural causada por los flujos de los ríos —inundaciones y fluctuaciones— son fundamentales en el mantenimiento de los procesos ecológicos, en la integridad de los ecosistemas ribereños y de los servicios ecológicos que estos proveen para las comunidades humanas (Greet et al. 2011; Greet, R. D Cousens, et al. 2013; Greet, Roger D Cousens, and Webb 2013; Poff et al. 1997; Postel and Richter 2003; Wantzen and Junk 2003).

La heterogeneidad en la distribución espacial de la vegetación está estrechamente asociada al flujo de los ríos (Boedeltje 2005; Johansson, Nilsson, and Nilsson 1996; Nilsson et al. 1989; Pollux Bartholomeus 1973; Skoglund 1990). Y en los ambientes secos, se ha demostrado la función de los ríos como dispersores de semillas (Esper-Reyes et al. 2018). En estos ambientes, la fuerte asociación entre la vegetación y las dinámicas del río, puede generar rasgos particulares en la historia de vida de las plantas (Boedeltje et al. 2003; Middleton 2000; Pinay and Malanson 1994). Generando una relación estrecha y muy frágil entre la dispersión y los factores ambientales, por lo cual es clave reconocer la importancia de la conservación de esas zonas de transición en ambientes secos, y su papel en el bienestar del ecosistema acuático y terrestre (Esper-Reyes et al. 2018; De León Ibarra et al. 2019).

Los bosques secos tropicales son de los ecosistemas más ricos florísticamente y con una alta cantidad de endemismos (Gentry 1982) Este ecosistema es uno de los más amenazados del mundo (Janzen 1988; Portillo-Quintero and Sánchez-Azofeifa 2009; UICN 2012). Se estima que cerca del 54.2% de este ecosistema está distribuidos en Suramérica (Blackie et al. 2014; Ceccon 2001; Portillo-Quintero and Sánchez-Azofeifa 2009), La expansión de las ciudades y de la frontera agrícola ha generado una fuerte destrucción, desaparición y transformación del ecosistema. La Unión Internacional para la

Conservación de la Naturaleza (UICN) lo catalogó como un ecosistema en Estado Crítico de conservación (UICN 2012).

Particularmente, los bosques secos tropicales en Colombia se encuentran entre los 0 y 1000 msnm. No existe consenso en cuanto a los valores de precipitación que lo caracterizan, diversos estudios coinciden que la precipitación oscila entre los 700 y 2000 mm; presentan uno o dos períodos marcados de sequía al año. La temperatura varía entre los 17°C y los 35°C. Tiene una cobertura boscosa que pierde parcial o totalmente sus hojas en la temporada seca (Holdridge 1967; Instituto Alexander von Humboldt 1998). En Colombia, este ecosistema atraviesa seis biorregiones contrastantes en clima, suelos, y presiones antropogénicas; cuatro de las seis regiones se encuentran en estado crítico de fragmentación, con un área media de máximo 100 ha (Ariza, Isaacs, and González-M 2014; González-M et al. 2016; Pizano et al. 2017).

## **MARCO TEORICO**

### **La dispersión de semillas, su importancia y los diferentes agentes de dispersión**

La dispersión de semillas es un proceso donde la diáspora se separa de la planta madre por medio de diversos agentes (Ridley 1930). Este proceso les permite a las plantas expandir su distribución y eventualmente germinar y establecerse, colonizando nuevos ambientes; además que haya flujo génico entre las diversas comunidades de plantas (Howe and Smallwood 1982). Contribuyendo a la reducción de la competencia intra e interespecífica y de la depredación por diversos organismos (Janzen 1970), aumentando la probabilidad de supervivencia de las especies vegetales (Wehncke 2010).

La alta diversidad de ambientes que existen en la naturaleza ha permitido la evolución de distintas adaptaciones morfológicas y fisiológicas de frutos y semillas. cuales se han amoldado a los diferentes agentes de dispersión. Estas características adaptativas se han clasificado como síndromes de dispersión (Howe and Smallwood 1982; Ridley 1930). Algunos síndromes de dispersión son: la zoocoria, dispersión de semillas por animales; barocoria, dispersión de semillas por la fuerza de gravedad; autocoria, semillas dispersadas por la

apertura automática del fruto y fuerza de impulsión; anemocoria, semillas dispersadas por el viento; hidrocoria, semillas dispersadas por cuerpos o flujos de agua; entre otros (Howe and Smallwood 1982).

### **Hidrocoria: Dispersión de semillas a través del agua**

La hidrocoria es la dispersión de semillas en cuerpos de agua (Howe and Smallwood 1982). Las especies adaptadas a dispersarse de esta manera poseen morfologías que les permiten tener resistencia al hundimiento por medio de pelos o limos, el uso de la tensión superficial o por medio de tamaños pequeños y formas circulares (Favre-Bac et al. 2017; Howe and Smallwood 1982). Son semillas que tienen una gravedad específica baja, pues tienen espacios de aire, corcho o aceites (Howe and Smallwood 1982; Soomers et al. 2010). Estas adaptaciones permiten que las semillas puedan moverse con el flujo del agua y flotar por mucho tiempo sin perder su viabilidad (Barrat-Segretain 1996; Baskin and Baskin 2001; Howe and Smallwood 1982). De esta manera, dependiendo de la velocidad del agua, de la fisiografía y la configuración topográfica del terreno y de los bordes de los ríos, las barreras físicas y químicas, las semillas pueden moverse grandes distancias y colonizar espacios nuevos (Boedeltje et al. 2003; Tabacchi et al. 1998).

La dispersión de semillas por agua está asociada a especies de plantas acuáticas y semiacuáticas. Se han realizado estudios a nivel de la comunidad con especies cuyas semillas caen directamente de la vegetación riparia (Moggridge, Gurnell, and Mountford 2009; Schneider and Sharitz 1988). Otras son removidas de los bancos por el desbordamiento de los ríos y son arrastradas y dispersadas en la columna de agua (Cellot, Mouillot, and Henry 1998; Gordon and Van der Valk 2003; Gurnell et al. 2008). Estas investigaciones refuerzan la importancia de la conservación de los patrones de cambios de flujo en los ríos, que mantienen la conectividad entre parches de vegetación, y la viabilidad de las poblaciones de las zonas riparias (Boudell and Stromberg 2008; Cabra-Rivas, Alonso, and Castro-Díez 2014; Esper-Reyes et al. 2018; Jansson et al. 2005; Middleton 2000; Tockner, Malard, and Ward 2000).

### **Relación del caudal con la dispersión de semillas por el río**

El caudal —la cantidad de fluido que pasa por una sección del río por unidad de tiempo— es uno de los factores clave que estructuran los ecosistemas riparios (Bunn and Arthington 2002; De León Ibarra et al. 2019; Malanson 1993). Su variación es un fenómeno natural, que depende de las condiciones climáticas locales (Andersson and Nilsson 2002; Andersson et al. 2000). En el bosque seco tropical la estacionalidad climática es una de las características principales, que influye sobre el caudal; el cual aumenta considerablemente en épocas de lluvias y disminuye en la época seca (Andersson and Nilsson 2002; Blackie et al. 2014; Esper-Reyes et al. 2018; Nilsson and Svedmark 2002). Con el aumento del caudal se pueden crear zonas de inundación natural cercanas a los ríos, desbordando los bancos de semillas por tiempos cortos (Junk and Welcomme 1990). Esto genera una biomasa de semillas que es llevada por el caudal del río, extendiendo las distribuciones espaciales de la vegetación riparia, las cuales están estrechamente relacionadas a los regímenes de los flujos de agua (Nilsson and Svedmark 2002). Cabe resaltar, que la hidrocoria es un síndrome poco común en los bosques tropicales, donde es mucho más común la zoocoria o la anemocoria (Arbeláez and Parrado-Rosselli 2005; Barrat-Segretain 1996; Correa et al. 2015; Hilje et al. 2015; Howe and Smallwood 1982; Merritt and Wohl 2006; Muller-Landau and Hardesty 2005). Debido a la fuerte estacionalidad climática de los bosques secos tropicales, hay una correlación entre los cambios en el flujo del río, la dispersión (Arbeláez and Parrado-Rosselli 2005; Esper-Reyes et al. 2018), y el establecimiento de las especies de la vegetación riparia (Cooper et al. 1998; Greet, Roger D Cousens, et al. 2013).

Es importante diferenciar los aumentos en los caudales o pulsos de inundación de los ríos en ambientes áridos, de los biomas amazónicos o de humedales. (Arbeláez and Parrado-Rosselli 2005; Oki and Kanae 2006; Wantzen et al. 2008). En estos ecosistemas las inundaciones permanecen por aproximadamente seis meses, mientras que en los ambientes secos estos pulsos de inundación son muy cortos (Esper-Reyes et al. 2018; Nilsson et al. 2005; Wantzen and Junk 2003). Se debe resaltar la importancia que tiene la hidrocoria en la estructuración y conectividad de la vegetación riparia, no solo de plantas acuáticas, sino de toda la comunidad asociada al río. Además de ser un síndrome muy relevante para la regeneración y restauración de hábitats riparios

(Boedeltje, Bakker, Brinke, et al. 2004; Geissler and Gzik 2010; Jansson et al. 2005; Nilsson, Gardfjell, and Grelsson 1991; Säumel and Kowarik 2013; Skoglund 1990; Vogt, Rasran, and Jensen 2004).

Por otra parte, los cambios físicos y químicos en el agua/caudal generan impactos en las dinámicas de dispersión, germinación, crecimiento y sobrevivencia de muchas especies (Andersson et al. 2000; Apps and Mclellan 2006; Fletcher, Reichert, and Holmes 2018; Jansson et al. 2005; Leyer and Pross 2009). Además de alterar muchos aspectos ecológicos de la vegetación riparia y del ecosistema mismo (Müller Norbert 1995). Por lo anterior, es de suma importancia conservar y restaurar la conexión de los hábitats fragmentados de los ecosistemas riparios, a través de mantener sana la función de los ríos como dispersor de semillas (Esper-Reyes et al. 2018).

## LA REGIÓN DE LA GUAJIRA



Figura 1. Mapa de la posición Guajira en Colombia, la división administrativa del departamento de La Guajira y la ubicación de sus principales centros urbanos (PNUD, 2016)

### Características ambientales

La Guajira, es la región más al norte de Colombia y de Suramérica. Este departamento se caracteriza por tener grandes planicies en la zona central, que

están limitadas, en el lado suroccidental por la Sierra Nevada de Santa Marta y en la suroriental con la Serranía del Perijá, generando grandes variaciones altitudinales y de condiciones climáticas (Corpoguajira 2011a). La precipitación se rige por el movimiento de los vientos, que al pasar por las pequeñas serranías del norte y luego por las planicies generan condiciones de sequedad y aridez; y que, al chocar de frente con la cadena montañosa de la Sierra Nevada, produce condiciones de mayor pluviosidad al sureste de la región (Corpoguajira 2011a; Guerra Curvelo and Egurrola Hinojosa 2015). El régimen de precipitación es bimodal; los periodos húmedos son de abril a junio y de septiembre a diciembre. En la región del suroccidente los valores de precipitación anuales promedios varían entre 200 mm y 2000 mm (Corpoguajira 2011a, 2011b; Jaramillo-Robledo and Chaves-Córdoba 2000). Por otra parte, la evapotranspiración es la que presenta los mayores valores en el país, 2.000 mm en la zona norte que van disminuyendo hacia el sur (Corpoguajira 2011a). En términos generales es la región más seca del todo el país, con un gran déficit de agua, que se acrecienta por la alta transformación antrópica de los ecosistemas.

Debido a la gran variabilidad geológica de la Guajira, siendo el Monte Espinoso Subtropical el más abundante (24.4%), seguido del Bosque Seco Tropical (23.4%), pero también hay nieves y bosques húmedos en Sierra Nevada de Santa Marta y en la Serranía del Perijá (Corpoguajira 2011a, 2011b). También se reportan 14 tipos de vegetación, el 38.76% es de zonas con intervención antrópicas y el 29.75% bosques secundarios y solo 6.6% de bosques naturales (Corpoguajira 2011a). En las cuencas del río Ranchería y río Cesar, hay mayoritariamente ecosistemas transformados; en el resto de la región, la vegetación de desierto ocupa gran parte del territorio (Figura 2).

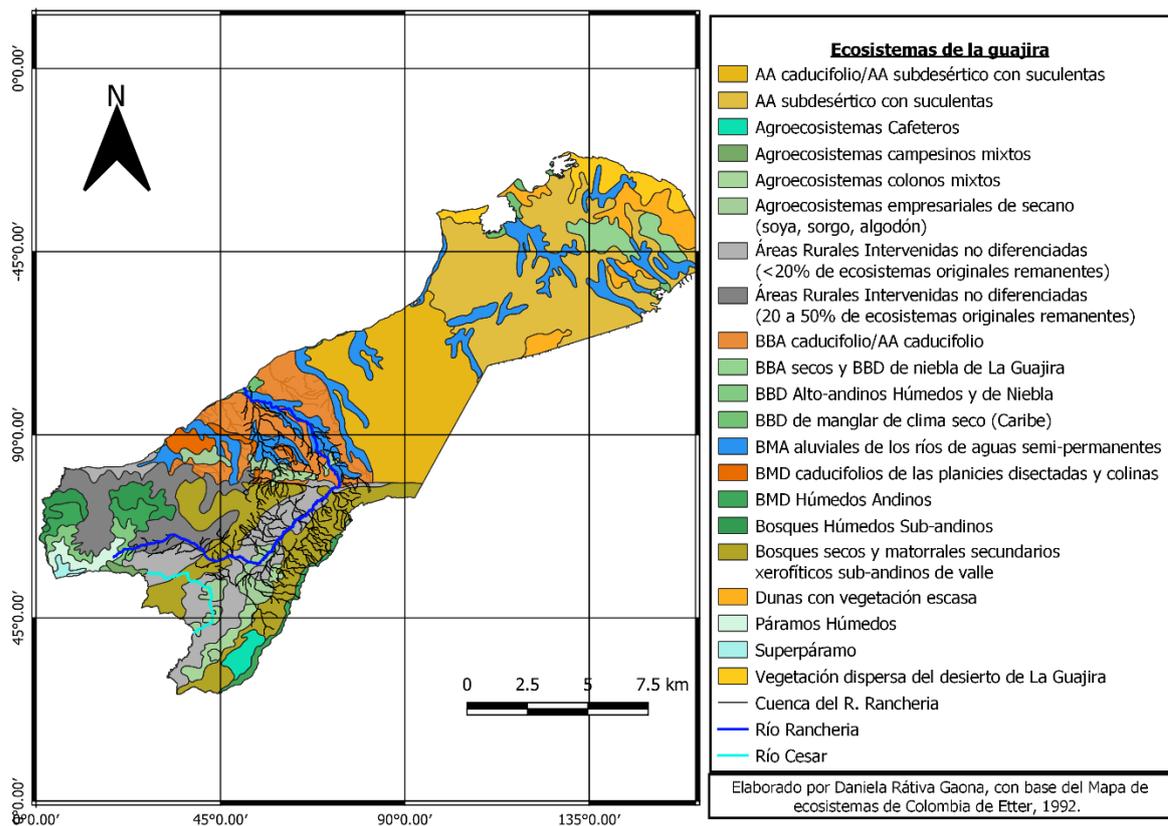


Figura 2. Mapa de los ecosistemas de La Guajira basado en Etter, 1998

## Río Ranchería y Río Cesar

Debido a las condiciones climáticas de la región, la presencia de ríos y arroyos regula las condiciones ambientales (Postel and Richter, 2003; Richardson *et al.*, 2007; Greet, Angus Webb and Cousens, 2011). El Río Ranchería y el Río Cesar son los ríos más importantes de la región, generando diversos servicios ecosistémicos (Corpoguajira 2011b; Guerra Curvelo and Egurrola Hinojosa 2015; Gutiérrez Moreno *et al.* 2014). Según la clasificación climática de Schaufelberger, en las cuencas del río Ranchería y el río Cesar el clima es cálido muy seco, con una temperatura promedio de 26.8°C a 28.4°C, el mes de mayor precipitación es mayo con 250 mm y el más seco es enero con 24 mm. La evapotranspiración es mayor que la precipitación, lo que genera que esta zona del país presente déficit hídrico durante todo el año (Instituto Geográfico Agustín Codazzi 2009; Jaramillo-Robledo and Chaves-Córdoba 2000).

Una de las diferencias principales entre ambos es que el río Ranchería ha tenido intervenciones mucho más grandes en su cuenca. En la cuenca alta, en el municipio de San Juan del Cesar, se encuentra la represa El Cercado (Corpoguajira 2020; Environmental Justice Atlas 2015). En la zona media y baja, en los municipios de Albania, Barrancas y Hatonuevo, se encuentra la minería de carbón a cielo abierto de El Cerrejón. Esta empresa, a lo largo del tiempo y desde hace más de 40 años, ha venido cambiando varios procesos naturales de este río, contaminando, sustrayendo sus aguas, destruyendo y desviando su cauce (Corpoguajira 2011b; Environmental Justice Atlas 2015).

El río Ranchería nace en un ecosistema de paramo y sigue su recorrido por la Sierra Nevada de Santa Marta en ecosistemas de bosque andino húmedo; luego gran parte de la cuenca alta y media, atraviesa por ecosistemas altamente transformados o por agroecosistemas históricamente establecido, donde menos del 20% son ecosistemas originales (Figura 3) (Etter 1998).

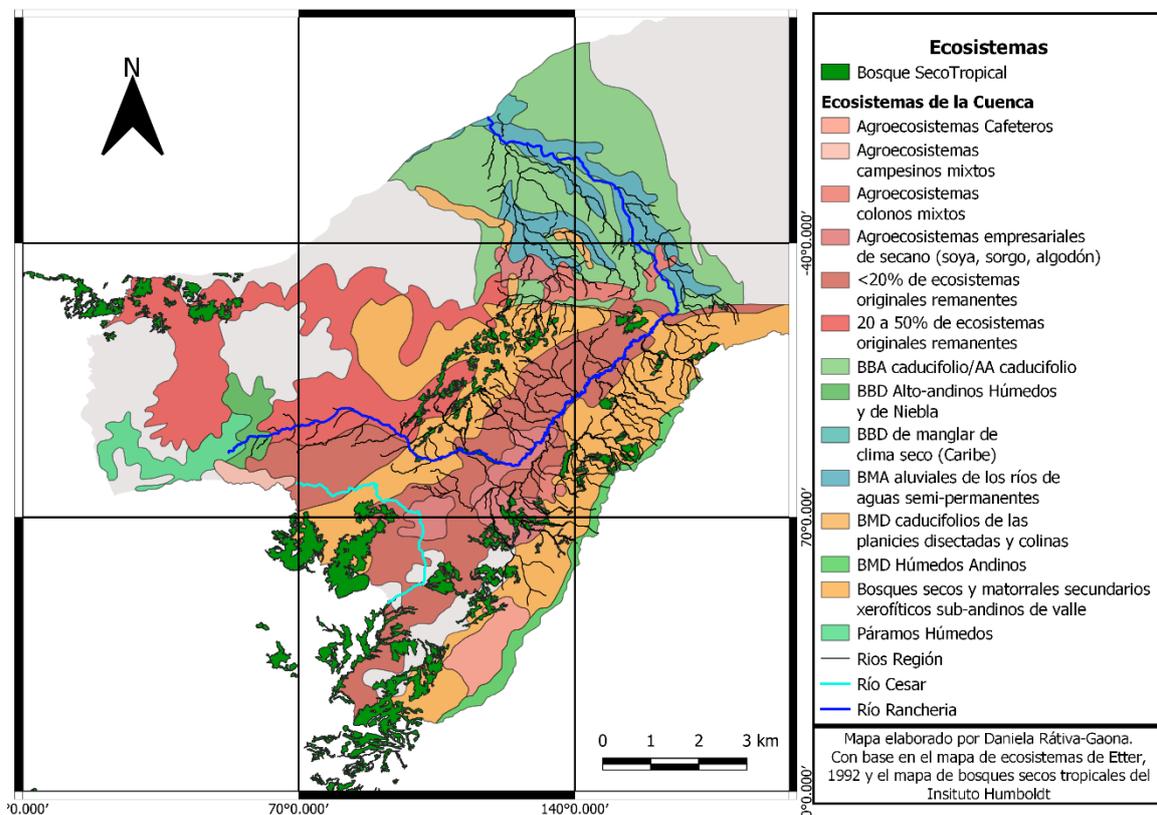


Figura 3. Mapa de ecosistemas de la Cuenca del río Ranchería. Basado en el mapa de ecosistemas de Etter, 1992 y el mapa de Bosque Seco tropical del Insitute Alexander Von Humboldt

## **Socioeconomía**

Esta es una región, habitada fundamentalmente por población indígena, afrodescendientes y una alta tasa de personas desplazadas. El 42.41% del total de la población es indígena, la cual se divide en cuatro grupos indígenas: Wayuu, Kogui, Aesarios y Arhuacos y el 13.98% son población afrodescendiente. Es decir que cerca del 56.45% de población es étnica, además de que el 12.21% de la población son migrantes desde Venezuela, y cerca del 13.04% personas víctimas de desplazamiento debido a conflictos políticos internos (Corpoguajira 2011a; PNUD 2016).

Este es uno de los territorios más empobrecidos del país, con un índice de pobreza extrema del 26.9% y un índice de pobreza monetaria 52.6% (Galvis 2018; Urrea and Calvo 2014). En contraste, el departamento de La Guajira tiene una economía minero-energética importante la cual aporta cerca del 44% del PIB regional, con un ingreso anual mayor a 1.182.000 dólares (PNUD 2016). Sumado a la minería, otras de las economías que aportan importantes sumas de dinero son, la ganadería ovina y caprina y los grandes monocultivos de café, maíz, banano, yuca, arroz, plátano, algodón y palma africana, con un aporte de 4.03% al PIB (Corpoguajira 2011a, 2011b).

Adicionalmente, en la región existen 14 tipos de explotación de minerales: oro, cobre, hierro, magnetita, níquel, yeso, barita, bauxita, sal, carbón mineral, caliza, mármol, arcillas y material de arrastre. De estos materiales, el carbón, los materiales de construcción y la sal son los que tienen una mayor área de explotación, siendo la explotación carbonífera la que más aporta al producto bruto interno (Corpoguajira, 2011a). A pesar de que, la minera genera un alto flujo de dinero en la región, la inversión que hace el gobierno local, en conservación e investigación es solo del 2.2% del PIB. Adicionalmente, el dinero destinado a salud es muy poco y hay una gran deficiencia de infraestructura y personal médico, esto, en contraposición a la alta contaminación de agua y aire que produce la minería, lo que tiene como resultado una alta mortalidad, sobre

todo en la población indígena (Corpoguajira 2020; PNUD 2016). Para 2008, los trastornos respiratorios específicos del periodo perinatal causaban el 41.9% de la mortalidad infantil, seguido por deficiencias nutricionales con el 18.4%, además de que muchos de estos trastornos han sido relacionados por la contaminación del agua y del aire causado por la minería (Corpoguajira 2011b; Urrea and Calvo 2014).

## **PROBLEMÁTICA**

### **Afectaciones a los ecosistemas de la región**

En Colombia, el bosque seco tropical es de los ecosistemas más afectados; en la actualidad solo cuenta con el 10% de su cobertura original, la cual sigue siendo afectada por la ampliación de la frontera agrícola y la ganadería extensiva (Ariza, Isaacs, and González-M 2014; Instituto Alexander von Humboldt 1998; Pizano et al. 2017). Por su parte, la región de La Guajira ha sido históricamente alterada; desde la época de la colonia hubo establecimiento de grandes cultivos que generaron la transformación del bosque seco tropical y en particular, de los ríos de la región (Guerra Curvelo and Egurrola Hinojosa 2015). El río Ranchería, uno de los afluentes más importantes de toda la región, ha sido uno de los más afectados desde la colonia y ha sufrido modificaciones históricas (Guerra Curvelo and Egurrola Hinojosa 2015). Actualmente, debido a todos los cambios antrópicos el río tiene una fuerte disminución de su caudal, generando problemas económicos, sociales y ambientales.

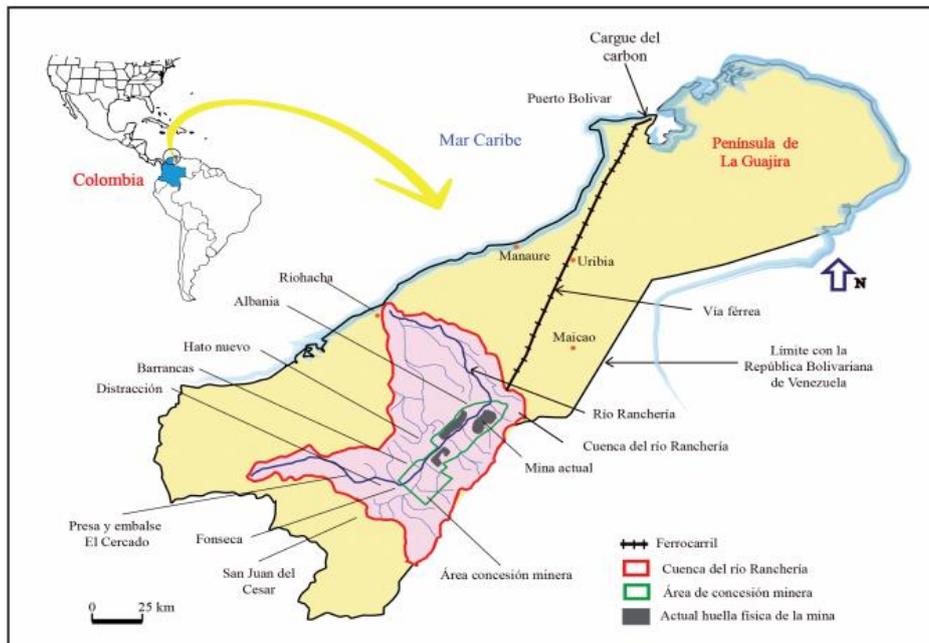


Figura 4. Mapa del Departamento de la Guajira, con la localización de la cuenca del Río Ranchería, la Mina el Cerrejón, la Represa el Cercado, la vía férrea para el movimiento del carbón y las cabeceras de los principales municipios de la región. Tomado de Catalina Caro

## Efectos debidos a la minería

Uno de los problemas críticos asociados a la minería de carbón a cielo abierto es el drenaje ácido de la mina (AMD) por sus siglas en inglés. La explotación de minerales genera en las aguas de drenaje un alto nivel de sólidos disueltos como bicarbonato, cloruros, azufre de calcio sódico, magnesio y hierro (Akcil and Koldas 2006; Goswami 2015). Adicionalmente, hay un exceso de nitratos y fosfatos, nutrientes fuertemente asociados al crecimiento de las algas, las cuales generan una fuerte disminución en el oxígeno del agua (Castro, Vergara, and Sánchez 1998; Talukdar et al. 2016). Estas afectaciones hacen que el agua sea extremadamente ácida y se haga muy pesada por los minerales que contiene, afectando así la biodiversidad y los ciclos de vida de cientos de organismos en los humedales cercanos a las minas (Akcil and Koldas 2006; Castro et al. 1998; Goswami 2015; Munnik 2010; Pat-Espadas et al. 2018; Talukdar et al. 2016).

Sumado a esto, la actividad minera suele cambiar y desviar los flujos naturales del agua de los ríos, lo cual tiene repercusiones importantes en el funcionamiento natural del ecosistema (Pat-Espadas et al. 2018; Talukdar et al.

2016). Se alteran las etapas naturales de inundación y generando la desconexión del flujo superficial con el subterráneo, los cambios o eliminación de la zona hiporreica de los ríos y sus funciones, así como afectaciones a las comunidades de la estigofauna asociada al agua subterránea y el suelo (Goswami 2015; Munnik 2010; Talukdar et al. 2016). De esta manera, los efectos de la actividad minera en el territorio, los caudales y en particular en el proceso de dispersión de semillas, podrían dividirse en dos, los efectos químicos (1) y los físicos o mecánicos (2).

Los cambios químicos están fuertemente asociados a las reacciones de acidificación del agua. Se ha reportado que los cambios en este factor generan modificaciones en la morfología de las semillas, dañando las estructuras especializadas para la flotabilidad y la viabilidad de estas, lo cual afecta la fisiología de germinación y el establecimiento de las semillas (Fargašová 1994; Fulbright 1988). Adicionalmente, la descomposición de nutrientes, microorganismos y micorrizas genera fuertes transformaciones en las condiciones ecológicas del suelo, el agua y del ambiente (Clark 1997; Fargašová 1994; Fulbright 1988). De hecho, se han reportado casos donde la acumulación de sales o minerales pesados más la acidificación del agua, inhiben por completo el proceso de germinación de semillas (Clark 1997; Donggan et al. 2011; Fargašová 1994; Fulbright 1988; Pat-Espadas et al. 2018; Pérez-Fernández et al. 2006; Reichman, Bellairs, and Mulligan 2006).

Los efectos físicos —mecánicos— de la minera de carbón están relacionados con la alteración y desvíos de los cursos de agua. Además de la alteración de los bancos y la interrupción de la conexión entre flujos superficiales y subterráneos (Anawar 2013; Seybold et al. 2004). Esto cambia por completo la calidad del suelo y la composición de especies adaptadas a la dispersión por hidrocoria (Ghose 2004; Pandey, Agrawal, and Singh 2014). Afectando los sitios para el establecimiento de semillas y dejando los cursos de los ríos, suelos mal drenados, muy erosionados y pobres en materia orgánica (Anawar 2013; Donggan et al. 2011; Ghose 2004; Pandey et al. 2014; Seybold et al. 2004).

## **Minería de carbón a cielo abierto**

La minería de carbón en la región inició desde 1977 con Carbones de Colombia S.A. El proceso de establecimiento se hizo en tres fases, (1) de 1977 a 1980, la exploración, (2) de 1981 a 1986, la construcción y (3) de 1986 a 2009, la explotación. En el año 1998 el estado y las empresas extranjeras acordaron extender la explotación hasta el 2034. Para el 2000, la participación estatal fue vendida a capital extranjero perdiendo su capacidad de decisión y control (Galvis 2018).

La mina El Cerrejón se encuentra a lo largo de los municipios de Hatonuevo, Albania y Barrancas entre los 100-150 msnm (Figura 4). Su extracción se focaliza en la producción de carbones térmicos, con la técnica Open Pit, la cual se caracteriza por extraer la tierra en grandes porciones y la volcadura bajo el manto, dinamitando la roca y dejando accesible el carbón (Galvis 2018). En la actualidad, esta mina tiene un área de 69.000 hectáreas y una extracción diaria de 108 toneladas, siendo una de las minas de carbón mineral a cielo abierto más grandes del mundo (Urrea and Calvo 2014). El Cerrejón está ubicado en la cuenca media del Río Ranchería y desde que empezó la explotación minera, ha hecho uso de sus aguas para los pozos de oxidación; de esta manera ha secado al menos 14 afluentes del río, ha movido cauces, ha contaminado profundamente sus aguas, además por la detonación diaria de explosivos en cada uno de sus tajos, ha generado una alta contaminación del suelo, la vegetación y el aire causada por el polvillo del carbón. De esta manera, la salud de las poblaciones humanas se encuentra en constante riesgo, además el ecosistema ha sufrido profundas transformaciones (Galvis 2018; Moreno Rodríguez and Montero Torres 2016; Urrea and Calvo 2014). En la actualidad, y debido a estos grandes impactos de la mina sobre el ambiente y la vida humana, las condiciones de la cuenca del río Ranchería se han visto afectadas y consecuentemente sus servicios ecosistémicos (Environmental Justice Atlas 2015).

A lo largo de estos años, la empresa ha mostrado ser incapaz de compensar sus daños, y a pesar, de que la constitución política del país exige que las empresas hagan consultas previas antes de una intervención, el Cerrejón

ha procedido con la transformación del territorio sin tener en cuenta a los habitantes de la región.

### **Efectos debidos a la represa**

Varios autores han estudiado los efectos que tienen las represas en la hidrocoria en diferentes ríos del mundo (Boedeltje, Bakker, Brinke, et al. 2004; Nilsson et al. 2005; Skole and Tucker 1993). A partir de estos análisis se han identificado cuatro tipos de cambios: Primero, la alteración de los regímenes hidrológicos que influyen en el transporte y la deposición de las semillas y los propágulos (Xiong and Nilsson 1997). Segundo, la barrera física hace que disminuya la cantidad de propágulos que se mueven río abajo (Bellmore et al. 2019; Brown and Chenoweth 2008; Nilsson et al. 2010). En tercer lugar, la reducción en el transporte de sedimentos y en consecuencia la disminución de un hábitat adecuado para el establecimiento de semillas (Nilsson et al. 2010). Finalmente, la descomposición de biomasa acumulada en las represas puede generar toxicidad en agua y la eutrofización del ecosistema, afectando la germinación de las semillas (Merritt and Wohl 2006).

De esta forma, la reducción de la hidrocoria a lo largo de la cuenca está estrechamente relacionada con la disminución de la diversidad florística que se observa aguas abajo (Andersson and Nilsson 2002; Jansson, Nilsson, and Renöfält 2000; Nilsson et al. 1989; Nilsson and Jansson 1995). Por ejemplo, Brown & Chenoweth, 2008 comentan que hubo una reducción de un 90% en la abundancia de semillas y una reducción del 84% en la riqueza de especies en los muestreos de la presa. Además, la germinación fue muy baja en las semillas recolectadas aguas abajo de la represa.

### **Represa El Cercado:**

En el 2005 se otorgó la licencia para la construcción de una represa en la cuenca alta del Río Ranchería, entre los 500-450 msnm. La construcción empezó en enero de 2006 y el río fue desviado en julio de 2007, esta mega obra tiene una zona de inundación de 638 hectáreas y un almacenamiento de 198 m<sup>3</sup>, el

objetivo de la represa era abastecer el acueducto de nueve municipios y los distritos de riego de San Juan del Cesar y Ranchería (Corpoguajira 2020; Environmental Justice Atlas 2015; Granados et al. 2012).

La ejecución de este proyecto generó muchos impactos ambientales en la vegetación debido a la tala e inundación de la zona. Se registró disminución en la ictiofauna y caudal aguas abajo. También cambiaron las condiciones fisicoquímicas del agua, como la temperatura, el pH y presencia de ácido sulfhídrico H<sub>2</sub>S (Contraloría General de la Republica 2010).

Sumado a esto, el proceso de llenado fue muy acelerado, pues se tenían planeados tres años de relleno y se hizo en sólo tres meses (Corpoguajira 2020). Lo que generó que no hubiera una extracción de residuos sólidos del área, produciendo lixiviación y eutrofización en el agua de la represa. Esto ocasionó enfermedades en la población como leishmaniasis, dengue hemorrágico, además de malos olores en los municipios cercanos (Contraloría General de la Republica 2010; Corpoguajira 2020).

En el informe de auditoría realizado por la Contraloría al proyecto, se identificaron cuatro impactos ambientales principales del levantamiento de la presa: (1) La fragmentación del caudal del río y alteración de la red fluvial, (2) la generación de un ecosistema nuevo (espejo de agua), (3) la alteración del régimen de caudales, (4) y la interrupción del desplazamiento de los organismos acuáticos, sedimentos y nutrientes (Contraloría General de la Republica 2010; Corpoguajira 2020).

Las transformaciones antrópicas en los bosques secos tropicales son tan grandes, que hay una baja probabilidad de que la regeneración natural ocurra antes de que extingamos por completo este ecosistema (Galindo-Rodriguez and Roa-Fuentes 2017; Rico-Gray and García-Franco 1992) y es por esta razón que se necesita generar herramientas e información, que nos permita empezar procesos de restauración del ecosistema. De esta manera, el obtener información sobre la función que tienen los ríos en la dispersión de las comunidades de plantas, entender los mecanismos que determinan el rango

geográfico de dispersión de semillas, es de vital importancia para determinar formas de restaurar la biodiversidad con éxito y así poder recuperar servicios ecosistémicos que mejoren la calidad de vida (Richter and Stromberg 2005).

La incorporación del río Cesar en nuestro estudio, nos permitirá comparar los efectos de la represa en el río Ranchería. Al ser un río que tiene características geológicas, geográficas y ambientales similares al Ranchería, pero menores intervenciones antropogénicas, será un referente para identificar los cambios en las características biofísicas, de la diversidad y abundancia de semillas dispersadas debido a la presencia de la represa y de la actividad minera en el río Ranchería.

Por lo tanto, creemos que la presencia de la represa el Cercado y la mina el Cerrejón sobre el río Ranchería generarán una disminución de la riqueza, diversidad y abundancia de semillas a lo largo del río. Comparando este río con el río Cesar, el cual presenta menores afectaciones antropogénicas, se espera observar en este último, una mayor diversidad, riqueza y abundancia de semillas (Contraloría General de la Republica 2010; Donggan et al. 2011; Jansson et al. 2005; Middleton 2000; Pandey et al. 2014; Talukdar et al. 2016). Adicionalmente, considerando un estudio que ha mostrado que el pico de dispersión de semillas en ecosistemas riparios inmersos en bosques secos tropicales ocurre en la temporada de lluvias debido al aumento del caudal de los ríos y el arrastre de las semillas de los bancos (Esper-Reyes et al. 2018), en este estudio esperamos observar un patrón similar.

## **HIPOTESIS**

1. Los efectos antrópicos —la represa y la minería— sobre el río Ranchería afectarán negativamente la composición de la comunidad de semillas, disminuyendo la riqueza y la abundancia de las semillas transportadas, en comparación con el río Cesar.
2. La riqueza y abundancia de semillas transportadas por ambos ríos será mayor en época de lluvias que en seca debido al aumento del caudal y el arrastre de semillas de los bancos.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Evaluar el efecto de la represa y la actividad de minería a cielo abierto, en la función de hidrocoria de la cuenca media río Ranchería en La Guajira, Colombia.

### **Objetivos particulares**

1. Determinar la composición, la riqueza y la abundancia de las semillas dispersadas, por el río Ranchería, en zonas ubicadas antes de la represa (zona alta), luego de la misma (zona media), e inmediatamente luego de la actividad minera (zona baja), en dos temporadas de muestreo (seca y húmeda).

2. Determinar la composición, la riqueza y la abundancia de las semillas dispersadas por el río Cesar, en lugares de la cuenca similares en altitud a la zona alta y zona media del río Ranchería, para dos temporadas de muestreo (seca y húmeda).

3. *Efecto de la represa:* Evaluar si existen diferencias en la composición, riqueza y abundancia de las semillas dispersadas, entre los dos períodos de muestreo, entre las zonas alta y media de cada río y entre ambos ríos.

4. *Efecto de la mina:* Evaluar si existen diferencias en la composición, riqueza y abundancia de semillas dispersadas entre las zonas media y baja del río Ranchería considerando las temporadas de muestreo.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

## El Río Ranchería y el Río Cesar

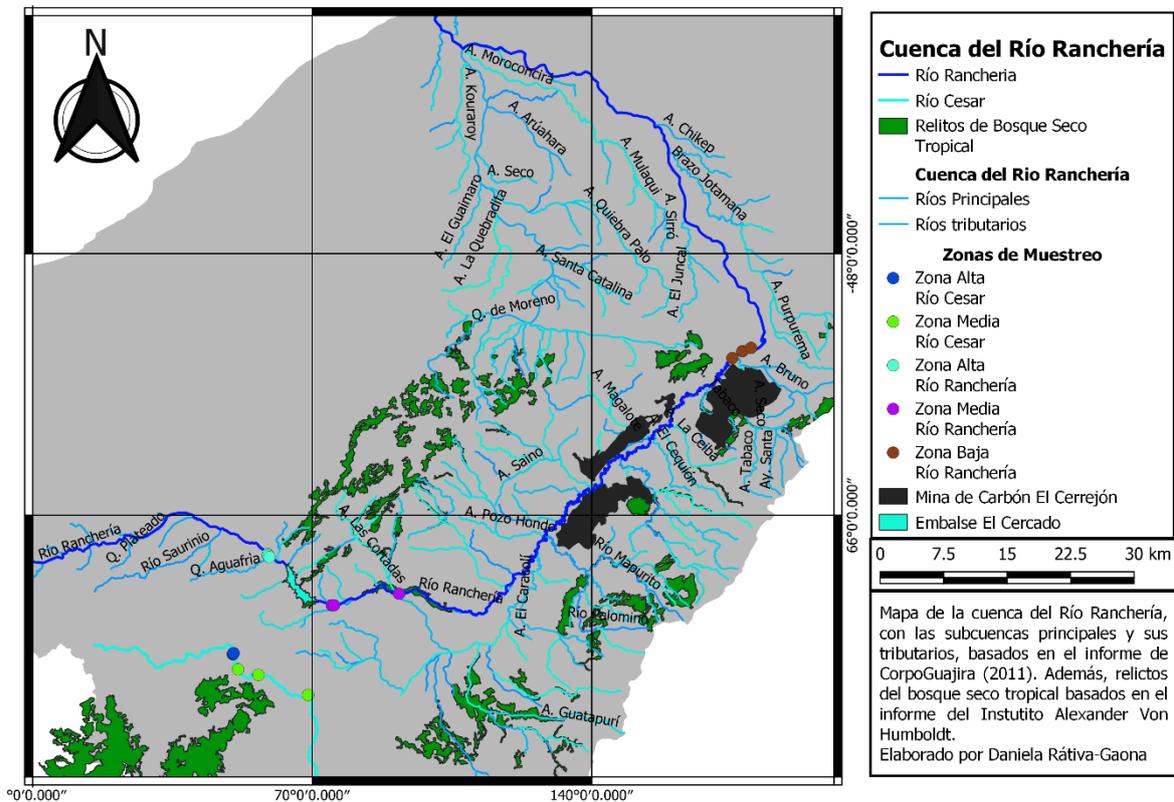


Figura 5. Mapa de la cuenca del río Ranchería, con sus principales afluentes en azul oscuro y en azul claro sus tributarios. La ubicación de los puntos de muestreo, la represa el Cercado y la Mina el Cerrejón, además de los relictos de bosque seco tropical

El área de estudio está enmarcada en la cuenca del Río Ranchería y la cuenca alta del Río Cesar. El río Ranchería nace en la Sierra Nevada de Santa Marta, en la Laguna de Chirigua, a 3.875 msnm. Corre en dirección noreste y pasa por nueve municipios desde su nacimiento hasta su desembocadura en el poblado de Riohacha en el mar Caribe. El río tiene una longitud de 248 km y 26 subcuencas que lo alimentan (Figura 5) que en total abarca un área de 413.530,25 ha aproximadamente para toda la cuenca (Corpoguajira 2011a, 2011b). Los ríos tributarios del Ranchería se originan en la Sierra Nevada de Santa Marta en la zona este y en la zona oeste en la Serranía de Perijá.

El río Cesar nace a 1.800 msnm en la Sierra Nevada de Santa Marta, en el municipio de San Juan del Cesar y una vez sale del departamento del a Guajira, se dirige hacia el sur. El río Cesar recorre 310 km desde su nacimiento hasta su desembocadura en la ciénaga la Zapatosa en el sur oeste del

departamento del Cesar y Magdalena, atravesando cuatro municipios. El río comprende 18 subcuencas que lo alimentan, que en conjunto abarca un área de 179.172,99 ha (Corpoguajira 2011a; Gutiérrez Moreno et al. 2014).

Las cuencas del río Ranchería y el río Cesar son de clima cálido muy seco (c-Ms), con una temperatura promedio de 26.8°C a 28.4°C (Figura 6). El mes de mayor precipitación es mayo con 250 mm y el más seco es enero con 24 mm. La zona de vida corresponde a Bosque Seco Tropical (bs-T) (Holdridge 1967), el cual se caracteriza por tener precipitación media anual entre los 1000 y los 2000 mm; biotemperatura media > 24°C y su provincia de humedad es Subhúmedo (Corpoguajira 2011a).

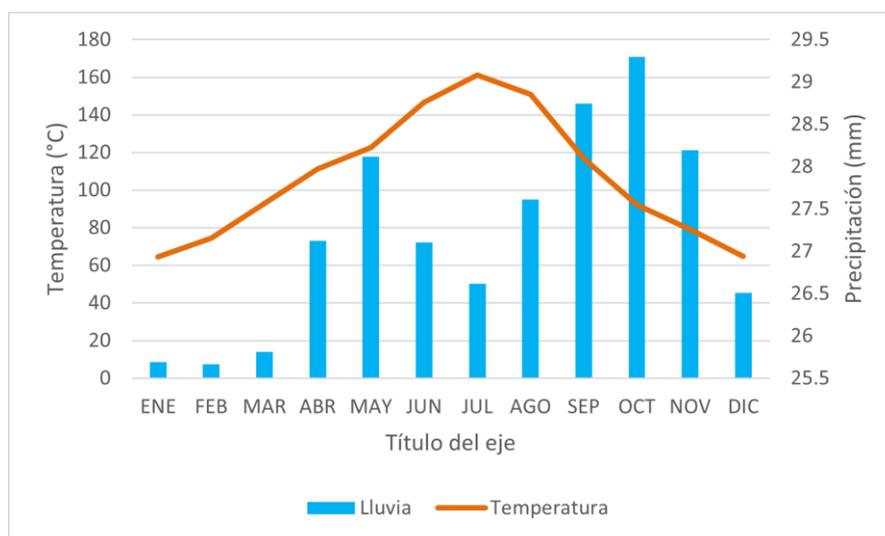


Figura 6. Promedio de precipitación y temperatura en la cuenca media del Río Ranchería

### Caudal del Río Ranchería

Para caracterizar el caudal del río Ranchería se hicieron los hidrogramas para cuatro estaciones hidrológicas cercanas a los puntos de muestreo. En la Figura 7 se presenta el promedio de los datos de seis años consecutivos (2005-2011); no fue posible utilizar más años, debido a que no se encontraba información disponible por más tiempo de manera continua para cada estación hidrométrica.

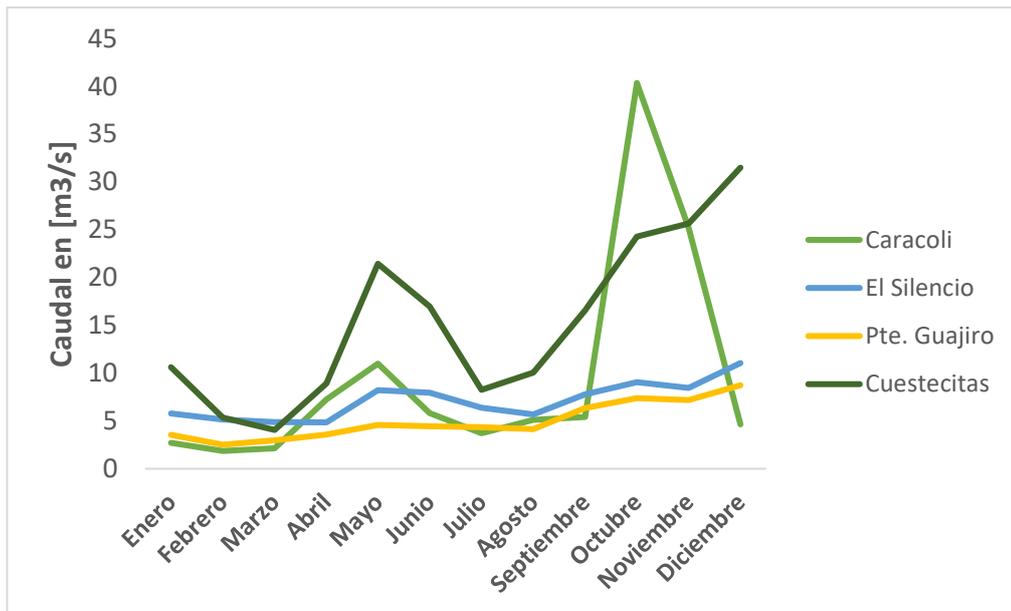


Figura 7. Hidrograma del río Ranchería con base a cuatro estaciones hidrológicas de la región. La ubicación de las estaciones desde aguas arriba hacia aguas abajo del río es: Caracolí, El Silencio, Pte. Guajiro y Cuestecitas

Como se había dicho previamente, el río tiene un régimen bimodal, como se puede observar en la estación Cuestecitas y Caracoli, (Figura 5 y 6) podemos ver ese patrón en el caudal del río Ranchería, pues tiene dos picos de alto caudal en los meses reportados.

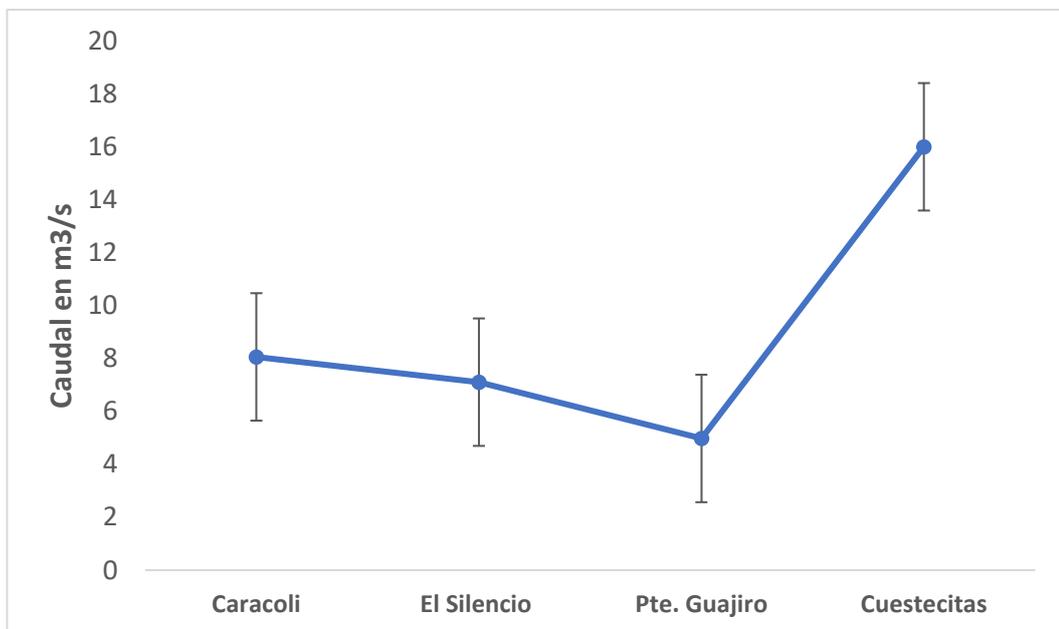
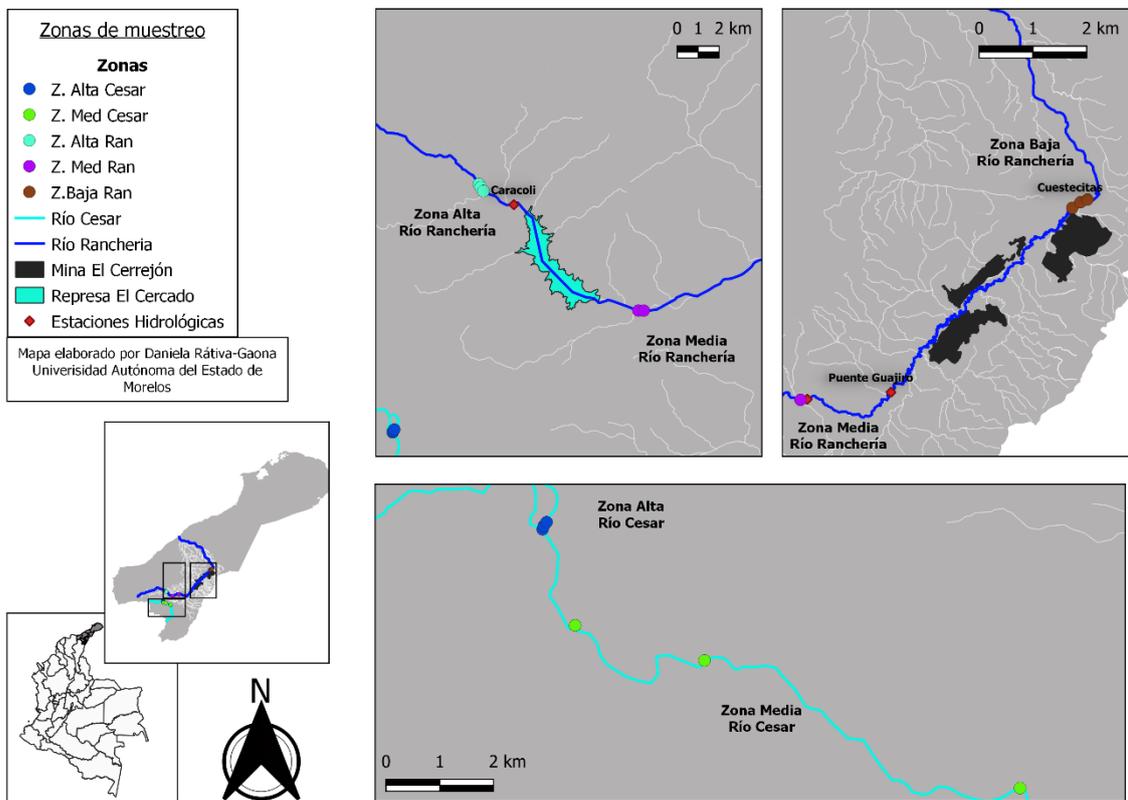


Figura 8. Hidrograma del río Ranchería en cuatro estaciones hidrológicas de la región

Se puede ver un patrón de disminución del caudal a lo largo del río hasta la estación hidrológica de Pte. Guajiro (Figura 8). El patrón de las tres primeras estaciones está asociado al efecto que genera la represa, el manejo del río y las tomas de agua clandestinas usadas para el riego de cultivos a lo largo de la región. Hay un aumento del caudal muy importante en la zona de Cuestecitas, lo que puede deberse a que, por un lado, en esa zona el río recibe el aporte de varios tributarios de la Serranía del Perijá, que también son usados por la mina. Por el otro, el aumento de caudal se debe también al vertimiento de aguas al río por parte de la mina.

### Área de estudio



### Selección de zonas de muestreo

Para evaluar el efecto del sitio con actividad minera sobre la dispersión de semillas en el río Ranchería, tomamos el río Cesar como un río de referencia. El

río Cesar no tiene represa o minería sobre su cauce, y esto permite que se use como un río control para comparar estos efectos sobre el río Ranchería. Al igual que el Ranchería, el Cesar nace en la Sierra Nevada de Santa Marta, tiene una orientación similar hasta su parte media. En ambos ríos se seleccionaron zonas de muestreo con alturas similares.

Las zonas de muestreo en ambos ríos se delimitaron como zona alta y zona media. En el río Ranchería la zona alta es previa a la represa y la media posterior a la represa. Ambas zonas y la comparación con las zonas del Cesar están ubicadas en alturas equivalentes, que permitieron evaluar el efecto de la represa sobre la hidrocoría. Por su parte, en el río Ranchería para evaluar los efectos de la minería, se tomaron muestras en una tercera zona, la zona baja, y es allí donde se analizaron los efectos de la minería (Figura 8). En cada una de estas zonas se seleccionaron tres sitios de muestreo separados por al menos 200 m de distancia y en cada uno de estos sitios se ubicaron tres trampas de semillas (i.e., nueve trampas por zona) (Tabla 1 y Figura 9)

### **Elaboración de las trampas de semillas**

Para capturar las semillas transportadas por los ríos, se elaboraron 30 trampas siguiendo el modelo propuesto por Vogt, Rasran y Jensen (2004) y utilizados en Esper-Reyes (2018). Para su elaboración se usaron los siguientes materiales:

- Tuvo de PCV de 4 pulgadas de diámetro
- 30 frascos con tapa rosca de 10 cm
- Tela de malla plástica
- Cuerda plástica

Con la tela se hicieron 30 cortes de forma cónica, de 45 cm en la parte superior x 30 cm en la parte inferior x 80 cm de alto con un área total de 1.4 m<sup>2</sup>. Para la entrada de la trampa, se colocaron tubos de PVC de 30 cm de altura; para almacenar las semillas se colocaron en el otro extremo de la trampa con frascos de plástico a los que se les quitaba el fondo, para poder acceso al material quitando la tapa rosca. La malla fue cocida de forma cónica, la unión

entre la entrada y el fin de la trampa se hizo por medio de presión y pegamento; además estas partes fueron reforzadas por cuerda plástica (Figura 10)

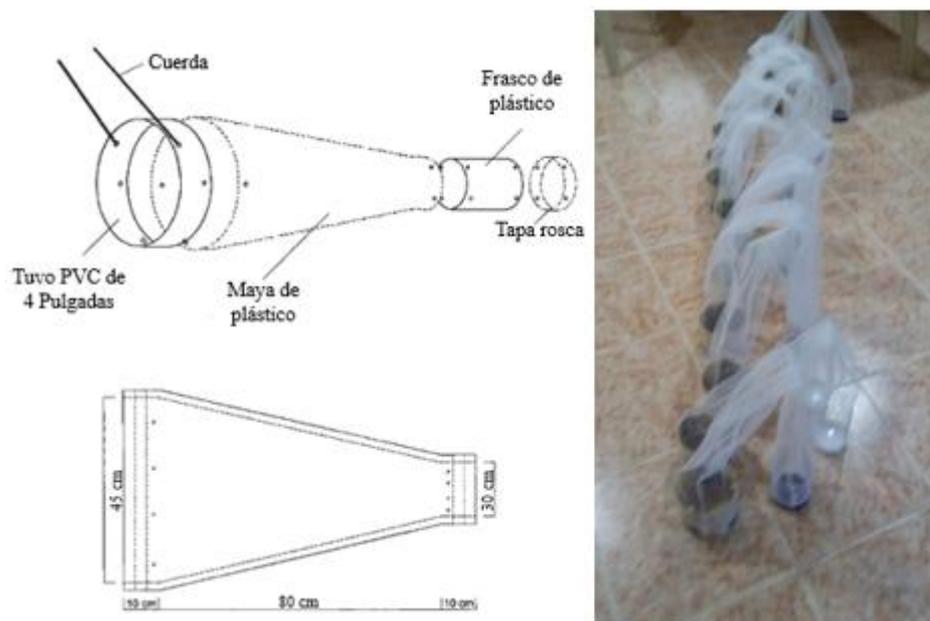


Figura 10. Elaboración de trampa. (a) modelo de Vogt, Rasran y Jensen (2004), utilizadas por Esper-Reyes et al. 2018, (b) trampas elaboradas en este proyecto

## METODOLOGÍA

### Fase de Campo

Se realizaron dos salidas de campo, una en el mes de julio y la otra en diciembre del año 2019, con el fin de coincidir con la temporada seca y húmeda, respectivamente. En julio a partir de salidas de reconocimiento se ubicaron en total cinco zonas de muestreo en ambos ríos (tres en Ranchería y dos en Cesar), de acuerdo con los diferentes criterios del estudio, y en cada una de esas zonas se establecieron tres sitios de muestreo por zona, completando así un total de 15 puntos de muestreo (Tabla 1).

Según Greet, R. D Cousens, et al. 2013 y Esper-Reyes et al. 2018, el muestreo suele hacerse con trampas sujetadas a puentes que atravesen el río; sin embargo, en nuestro estudio esto fue imposible debido a que en el muestreo preliminar cerca del 70 % de las trampas fueron removidas por la gente. Es por esta razón que en esta ocasión se decidió colgar las trampas de árboles y rocas, evitando así que fueran encontradas fácilmente. Teniendo en cuenta este ajuste,

en cada uno de los puntos de muestreo se dejaron tres trampas atadas a árboles y suspendidas, de manera que la mitad de la trampa quedara sumergida (Figura 10). Las trampas permanecieron suspendidas en el río durante 48 horas aproximadamente, luego el material recolectado por las trampas fue puesto en bolsas resellables y etiquetadas, con el nombre de la zona, del punto de muestreo y del río.



*Figura 11. Muestra de las trampas acuáticas para capturar semillas puestas en el río de manera que queden flotando, atadas a rocas o árboles según el ajuste necesario para el estudio*

También se recolectaron muestras con flores de las hierbas, arbustos y árboles que estuvieron a 50 m del borde y a lo largo del río en una longitud aproximadamente de entre 100 a 200 metros. Este material fue prensado y almacenado para su posterior identificación, con el fin de usarse de apoyo para la identificación de las especies de semillas que se pudieran encontrar en las trampas.

El material que fue recolectado por las trampas se puso en bandejas de secado y se mantuvo cuatro días al sol, hasta que se eliminara el exceso de agua, después de este tiempo se descartaron rocas, hojas y ramas secas grandes, seguidamente se separaron las semillas del sustrato con un tamizador Hubbard #548 de seis pantallas. Finalmente, el material seleccionado se puso en bolsas de papel etiquetadas para su posterior identificación en el Herbario Nacional Colombiano, en la Universidad Nacional de Colombia, en Bogotá, Colombia.

## Sitios de muestreo



*Figura 12. Zonas del río Ranchería. A. Zona Alta B. Zona Media C. Zona Baja*



*Figura 13. Zonas del río Cesar. D. Zona Alta E. Zona Media*

## **Fase de Laboratorio**

En total se ingresaron treinta paquetes de material recolectado, los cuales fueron almacenados en el Herbario Nacional Colombiano y como lo estipulan las reglas de almacenamiento, el material estuvo en el horno por dos días en promedio hasta eliminar toda la humedad. Una vez seco, con ayuda de un estereomicroscopio se separaron las semillas de cada una de las muestras. Las semillas se embolsaron y etiquetaron, para poder agrupar en morfoespecies similares y de esta manera se identificó el material al nivel taxonómico más bajo posible, con la ayuda de los especialistas taxónomos, con apoyo de ejemplares de la carpoteca del Herbario Nacional Colombiano (COL) y utilizando la información existente sobre frutos y semillas del trópico.

### **Análisis estadísticos**

Determinamos la composición, la riqueza y la abundancia de las semillas dispersadas por el río Ranchería y el río Cesar, en zonas ubicadas antes de la represa (zona alta), luego de la misma (zona media), y solamente para el río Ranchería, inmediatamente luego de la actividad minera (zona baja). Con esta información se determinó el índice de diversidad de Shannon, la riqueza de Fischer, la dominancia de Simpson y el índice de equitatividad de Pielou. Para el cálculo de los índices de diversidad usamos el paquete “BiodiversityR” (Kindt and Coe 2005) y “tcltk2” (Grosjean 2012).

Adicionalmente se hicieron curvas de rango-abundancia de especies, para mostrar las relaciones entre la riqueza, la abundancia relativa y la equitatividad de las especies de semillas colectadas y así poder entender la organización de las diferentes comunidades de semillas. Para evaluar el ajuste de los diferentes modelos de curvas se utilizaron usando las funciones “radfit” del paquete “vegan” en el programa estadístico R (Oksanen et al. 2020). Las curvas de rango-abundancia se pueden ajustar a varios tipos de modelos según Wilson, 1991. Particularmente en este estudio, las curvas se ajustaron a los modelos Lognormal, Zipf y Zipf-Mandelbrot. La serie normal logarítmica o Lognormal es indicador de una comunidad extensa, madura y variada (Camara, 2013). Por su parte, los modelos Zipf y Zipf Mandelbrot, indican comunidades

con especies pioneras o invasoras, en donde los factores ambientales actúan secuencialmente para establecer las especies (Wilson, 1991).

Para evaluar la relación entre la composición de la comunidad de semillas tanto del río Cesar como del Ranchería, según cada factor considerado (temporadas y zonas), utilizamos un análisis de ordenamiento de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS). Asimismo, para identificar posibles diferencias entre los factores considerados se realizó un análisis de permutaciones múltiples de la varianza (PERMANOVA), usando las funciones “metaMDS” y “adonis” del paquete “vegan” en el programa R y los paquetes “Permute” (Bates et al. 2019) y “Lattice” (Sarkar 2008)

Con el fin de evaluar el efecto de la represa sobre la hidrocoria en el río Ranchería, se comparó la abundancia de semillas por especie de las zonas alta y media (las cuales representan la ubicación de muestreos previos y posteriores a la represa, respectivamente), entre los ríos Ranchería y Cesar, considerando las dos temporadas de muestreo (seca y húmeda). Para este análisis se ajustó un modelo mixto (utilizando la función “lme” en el programa R), donde se definió la variable “plot” como el efecto al aleatorio (con 4 niveles, 1 al 4 secuenciales resultantes de la combinación temporada:río, i.e.: húmeda-Cesar, húmeda-Ranchería, seca-Cesar, seca-Ranchería). Se asumió que si la represa afecta el transporte de las semillas, esperamos diferencias entre zonas en el Río Ranchería, pero no en el Río Cesar, en cuyo caso la interacción Río:Zona en el modelo sería estadísticamente significativa. La variable de respuesta fue el número total de semillas, previamente transformados a raíz cuadrada, para cumplir con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza de los residuales del modelo el número de semillas fueron previamente transformados a raíz cuadrada, para cumplir con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza de los residuales del modelo.

Finalmente, para evaluar el efecto de la minería sobre la hidrocoria del río Ranchería, se realizó un análisis de varianza de dos vías (ANOVA) con la información de la abundancia de semillas por especie. Se compararon las tres zonas del río Ranchería (alta, media y baja), considerando las dos temporadas de muestreo (seca y húmeda). Los valores del número de semillas fueron transformados a raíz cuadrada con el fin de que cumplieran los requisitos de

normalidad para la realización de los análisis. Para el análisis de varianza, usamos el programa R studio, y los paquetes “emmeans” (Lenth et al. 2021), “ggpubr” (Kassambara 2020), “car” (Fox J 2019) y “tidyverse” (Wickham et al. 2019). Además, evaluamos la relación entre la composición de la comunidad de semillas entre las zonas del río Ranchería considerado las temporadas de muestreo. Utilizamos un análisis de ordenamiento de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS). Para identificar las posibles diferencias entre los factores se realizó un análisis de permutaciones múltiples de la varianza (PERMANOVA), usando las funciones “metaMDS” y “adonis” del paquete “vegan” en el programa R y los paquetes “Permute” (Bates et al. 2019) y “Lattice” (Sarkar 2008)

## RESULTADOS

### Análisis a nivel comunitario

En total se pusieron 45 trampas, las cuales permanecieron 24 horas continuas en cada temporada. Generando un total de 720 horas de muestreo y un área de 126 m<sup>2</sup>. Con este muestreo se recolectaron 1315 semillas, clasificadas hasta el momento en 190 morfoespecies. Se han determinado el 31% (52 especies), clasificadas en 24 familias y 44 géneros. Las familias más representativas en los muestreos por la cantidad de semillas fueron Fabaceae con 400 semillas y Poaceae con 103 semillas. Los géneros más representativos fueron *Mimosa* (217 semillas) e *Inga* (79 semillas), y las especies con el mayor número de semillas fueron *Mimosa pigra* (Fabaceae) con 217 semillas y *Paspalum* sp. (Poaceae) con 71 semillas.

Tabla 1. Abundancia de semillas en cada río, zona y temporada

Semillas	Río Cesar		Río Ranchería	
	Temporada húmeda	Temporada Seca	Temporada húmeda	Temporada Seca
<b>Zona</b>				
<b>Alta</b>	54	141	13	52
<b>Media</b>	43	80	30	27
<b>Baja</b>			151	102
<b>Total</b>	<b>97</b>	<b>221</b>	<b>194</b>	<b>181</b>

Tabla 2. Riqueza de especies en cada río, cada zona y cada temporada

Especies	Río Cesar		Río Ranchería	
	Temporada húmeda	Temporada Seca	Temporada húmeda	Temporada Seca
<b>Alta</b>	10	27	5	15
<b>Media</b>	5	9	12	12
<b>Baja</b>			10	8
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>36</b>	<b>27</b>	<b>35</b>

Al comparar las temporadas, incluyendo los dos ríos y todas las zonas, encontramos que en la temporada húmeda se recolectaron 291 semillas y en la seca 402, considerando sólo las especies que sí se pudieron determinar. En las dos temporadas las familias más abundantes fueron Fabaceae y Poaceae (Tabla 1). En la época seca donde se encontró mayor riqueza, con 42 especies, comparado con la época húmeda, donde solo se encontraron 26 morfoespecies (Tabla 2). Cuando se comparan las especies compartidas entre ambas temporadas y ríos, se observan arreglos de especies diferentes en ambos casos; con 18 especies (35%) en común que aparecen en ambas temporadas y 16 especies (31%) en común entre ambos ríos (Anexo 2).

La abundancia en el río Ranchería fue de 375 semillas, *M. pigra* como la especie más abundante con 217 semillas, especie que solo está presente en este río. A pesar de que *M. pigra* se registró en ambas temporadas, la mayor cantidad se recolectó en la temporada húmeda. Por su parte, en el río Cesar se colectaron 318 semillas en total, siendo *Paspalum sp.* la especie con mayor abundancia, con un total de 71 semillas. Esta especie sólo se colectó en el río Cesar y en la temporada seca (Anexo 2).

Entre las 24 especies que se han determinado, se encontró a *Pristimera verrucosados* (Hippocrateaceae) y a *Triplaris cf. melaenodendron* (Fabaceae) que son especies endémicas de Colombia, a *Bothriochloa cf. pertusa* (Poaceae) una naturalizada y a *Coffea arabica* (Rubiaceae) una cultivada. El resto de las especies (20) son nativas de la Guajira. Los hábitos de crecimiento más comunes, de un total de 48 especies de semillas, fueron los árboles con 21 especies, seguido de los arbustos (12 especies) y las hierbas (8 especies).

Adicionalmente, encontramos una semilla de *Cedrela odorata* en el río Cesar, que es una especie que actualmente se encuentra En Peligro (EN) según las categorías de riesgo de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), y hubo varias semillas de *Anacardium excelsum* en los dos ríos que está evaluada como Casi Amenazada. Por otra parte, de un total de 44 especies de semillas para las cuales se pudo determinar su modo de dispersión, la zoocoria es el síndrome más común (48%), seguido de la anemocoria (38.6%) y por último la autocoria (11.4%), y la hidrocoria (2.3%) (Anexo 2).

### Curva de acumulación de especies

La curva de acumulación de especies para la comunidad de semillas, no se estabilizó, lo que sugiere que con un mayor esfuerzo de muestreo se podría obtener una mejor aproximación de la riqueza de especies y abundancia de semillas que son transportadas por los ríos Cesar y Ranchería (Figura 14). Sumado a esto, los resultados de los análisis Chao 2 (83.24) y Jack (85.10) de la curva de acumulación de especies sugieren que se registró el 63% de las especies presentes en el río.

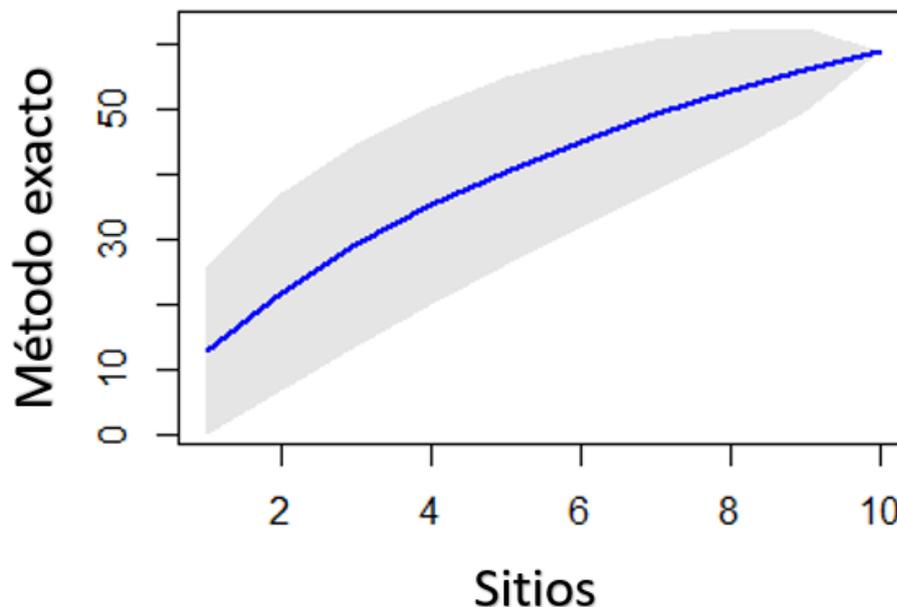


Figura 14. Curva de acumulación de especies para la comunidad de semillas

## Índices de diversidad

El índice de diversidad de Shannon fue mayor en el río Cesar ( $H' = 3,192$ ) que en el río Ranchería ( $H' = 2,566$ ) y en particular, en la temporada seca con valores de  $H' = 3,22$  en el R. Cesar vs  $H' = 2,94$  en el R. Ranchería, coincidiendo con el patrón de mayor abundancia de semillas colectadas en el río Cesar. Por el contrario, en la temporada húmeda el valor de la diversidad fue  $H' = 2,05$  en el R. Cesar, y ( $H' = 2,64$ ) en el R. Ranchería, es decir, que en esta temporada la riqueza y abundancia de semillas es mayor en el Río Ranchería.

Al observar los valores de diversidad (Tabla 3), en cada una de las zonas de los ríos, vemos que es en el río Cesar, en la temporada seca, y en la zona alta donde se observa la mayor diversidad. Al comparar los ríos, observamos que tanto la zona media, como la baja del río Ranchería, tienen valores más altos que la zona media del Cesar en las dos temporadas. Solo en la zona alta el río Cesar tiene mayor diversidad que el Ranchería.

Tabla 1. Valores del índice de Shannon en las zonas del Río Ranchería en cada temporada

Río	Temporada Seca			Temporada Húmeda		
	Zona Alta	Zona Media	Zona Baja	Zona Alta	Zona Media	Zona Baja
Ranchería	2.03	2.02	1.7	1.47	1.9	1.78
Cesar	<b>2.26</b>	1.76	-	1.71	1.44	-

### **Análisis de las comunidades de semillas en los ríos Cesar y Ranchería considerando las temporadas de muestreo: Curvas de Rango-Abundancia**

Las curvas de rango-abundancia nos permite comparar y explorar la organización de las diferentes comunidades de semillas con respecto a dos temporadas de muestreo, juntando los datos de ambos ríos (Figura 15). Podemos observar que en general, hay una mayor abundancia de semillas y mayor dominancia en el grupo de las especies más importantes en la época seca. La época seca muestra una mayor riqueza que se distribuye más equitativamente; por el contrario, la época húmeda tiene alta dominancia de pocas especies, mostrando que es una comunidad más simple como lo muestra

el índice de equitatividad de Pielou, que para la época húmeda es de  $J'=0.68$  y para la época seca  $J'=0.75$ . Estos valores indicaron que es más heterogénea la comunidad de semillas en la temporada húmeda que en la seca. La especie más abundante de la temporada húmeda fue *Ficus* sp. (Moraceae) y en la época seca fue *Paspalum* sp. Ambas curvas de comunidades de semillas, se ajustan al modelo Zipf según el criterio de información de Akaike (AIC) y Bayesianos de Schwartz (BIC).

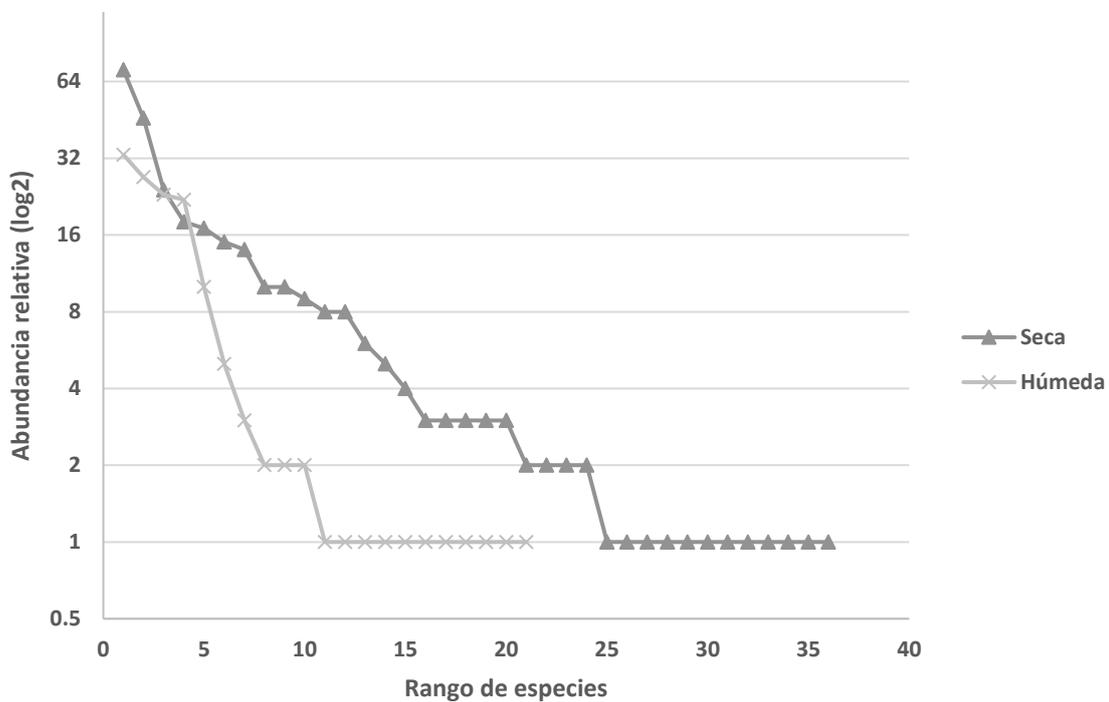


Figura 15. Curvas de rango abundancia de las especies de semillas transportadas por los ríos Cesar y Ranchería de acuerdo con las temporadas de muestreo (seca, húmeda).

Respecto a la distribución de la abundancia de semillas, comparando los dos ríos (Figura 16), se observa que la abundancia del río Cesar está dominada por *Paspalum* sp. y la equitatividad de la comunidad es de ( $J'=0.897$ ). Por su parte *Inga vera* es la especie más abundante en el Río Ranchería (en las zonas alta y media), y la equitatividad de la comunidad es de ( $J'=0.927$ ). Ambos ríos muestran pendientes similares que sugieren una equitatividad de especies también semejante en sus comunidades. Las curvas de ambas comunidades se

ajustan al modelo Zipf según el criterio de información de Akaike (AIC) y Bayesianos de Schwartz (BIC).

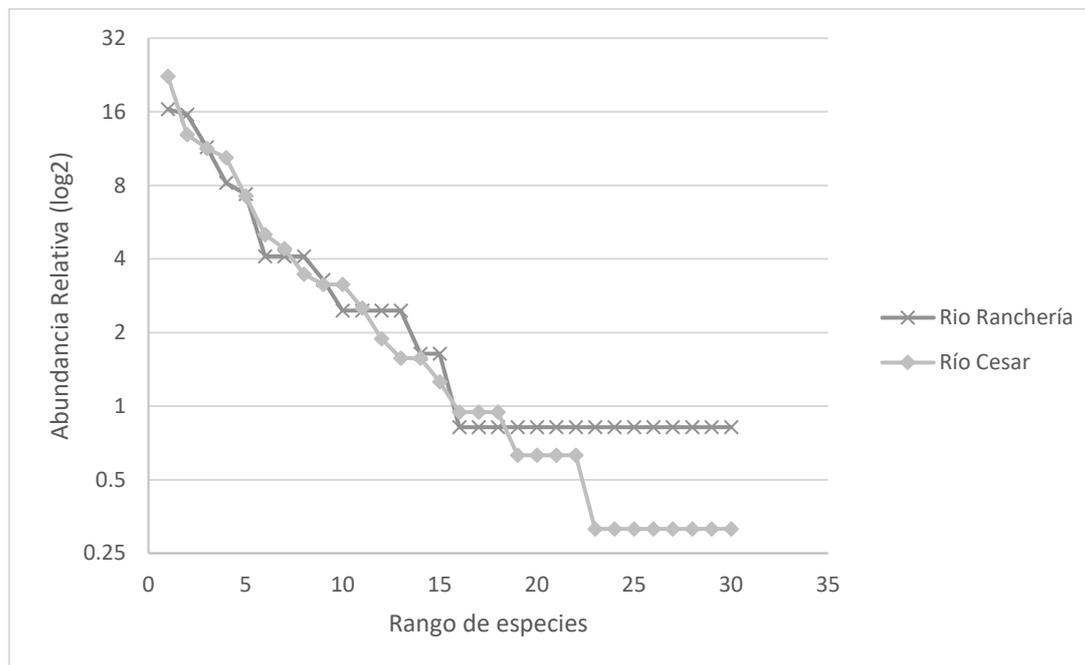


Figura 16. Curvas de rango abundancia de las especies de semillas transportadas por los ríos Cesar y Ranchería

En las curvas de rango abundancia de las zonas del Río Ranchería (Figura 17), podemos observar que la dominancia de especies de semillas siempre fue mayor en la zona baja del río, ya sea en temporada húmeda o seca; esta dominancia se debe particularmente a la presencia de *Mimosa pigra* en ese sector del río. El índice de diversidad de Pielou confirma la observación anterior, indicando que la distribución de la abundancia de semillas en las zonas bajas es más heterogénea ( $J' = 0.419$  época húmeda y  $0.354$  época seca). Comparando las curvas que corresponden a las demás zonas del río, se observa mayor equitatividad de especies en las zonas altas para ambas temporadas ( $J' = 0.854$  época húmeda y  $0.872$  época seca). Las curvas de todas las comunidades se ajustaron al modelo Zipf según el criterio de información de Akaike (AIC) y Bayesianos de Schwartz (BIC).

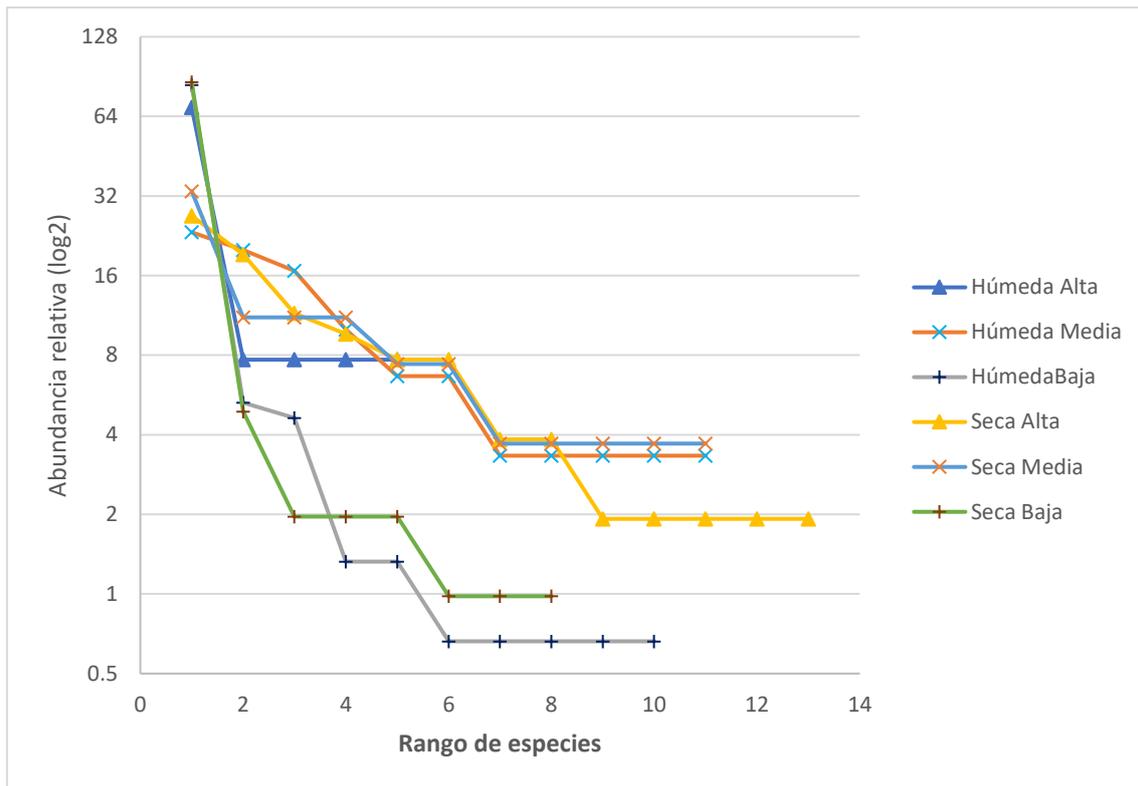


Figura 17. Curva rango abundancia del Río Ranchería por zonas en cada temporada

### Análisis de escalamiento multidimensional no paramétrico (NMDS)

La representación gráfica del análisis multivariado NMDS, muestra el ordenamiento por temporada de las comunidades de semillas (Figura 18). El análisis Permanova mostró que el efecto temporada fue estadísticamente significativo (Permanova;  $F= 1.63$ ,  $r^2=0.21$ ,  $p=0.031$ ). Al evaluar la composición de especies de semillas entre los ríos, no hubo diferencia significativa en entre los ríos (Permanova;  $F= 0.97$ ,  $r^2=0.08$ ,  $p=0.532$ ), ni entre las entre zonas (Permanova;  $F= 1.00$   $r^2=0.14$ ,  $p=0.501$ ).

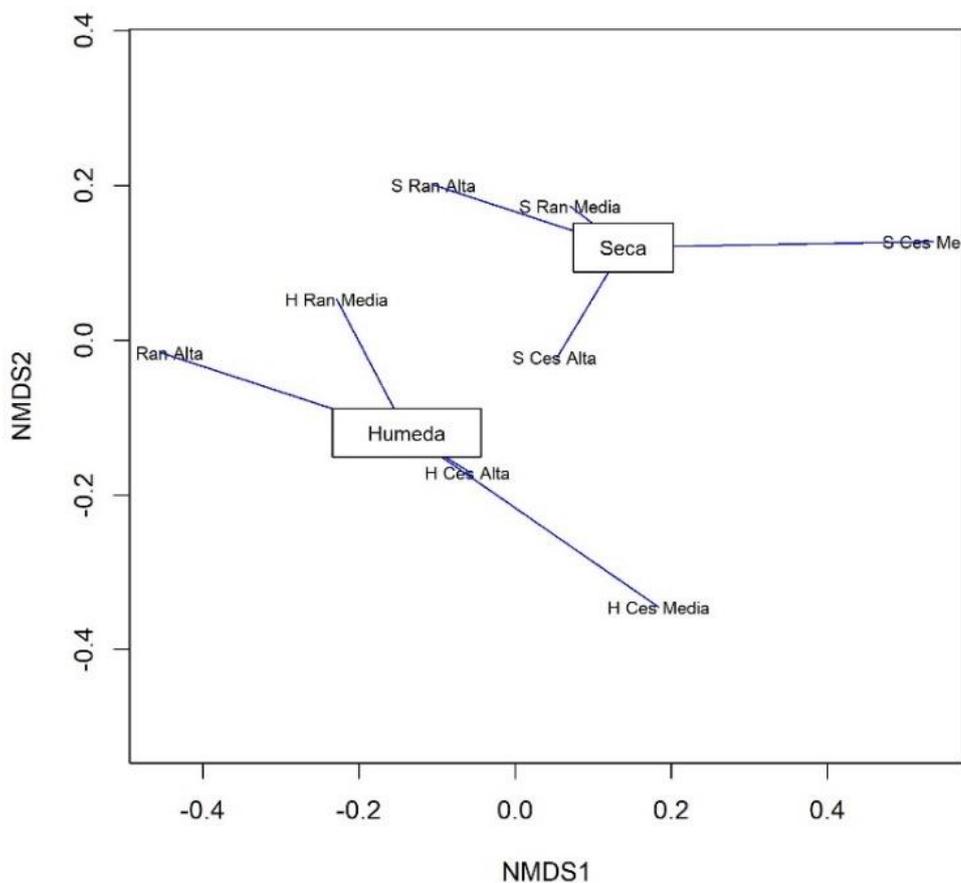


Figura 18. Análisis de NMDS para la composición las temporadas, teniendo en cuenta las zonas alta y media de los dos ríos

### Modelo mixto:

Por medio de un modelo mixto evaluamos posibles diferencias en el número de semillas considerando los ríos, las temporadas y las zonas de muestreo. Se determinó la variable “plot” como el efecto al azar (con 4 niveles, 1-4 secuenciales resultantes de la combinación temporada:río, o sea, lluvia:Cesar, lluvia:Rancheria, seca:Cesar, seca:Rancheria). Como se explicó en la sección material y métodos para determinar el efecto repesa se evaluó la significancia de la interacción río x zona (alta-media).

Tabla 2. Resultados del ajuste de un modelo mixto para evaluar el efecto temporada, río y zona sobre el número de semillas transportadas por los ríos (ver material y método)

Efecto	Num/den	F	p-value
Temporada	1, 1	1.31	0.4567
Río	1, 1	0.50	0.6078

Zona	1, 18	0.03	0.8539
Río:Zona	1, 18	2.68	0.1187

Los resultados obtenidos (Tabla 4) muestran que la represa no genera un efecto claro que concuerde con lo esperado; no se detectaron efectos debidos a la temporada, el río, la zona, ni de la interacción río:zona.

### Análisis de varianzas

En que en cada zona del río la riqueza de especies presenta valores particulares dependiendo de la temporada (Figura 19). La zona alta tiene valores El ANOVA de dos vías utilizado para evaluar posibles diferencias de la riqueza de especies, teniendo en cuenta la relación entre las temporadas y las zonas, no mostró diferencias significativas (Zon:Tem=  $F= 2.448$ ,  $p=0.128$ , Zon:  $F= 0.021$ ,  $p=0.979$ , Tem:  $F=0.187$ ,  $p=0.673$ ), la prueba de Tuckey mostró que no hay diferencias entre los grupos.

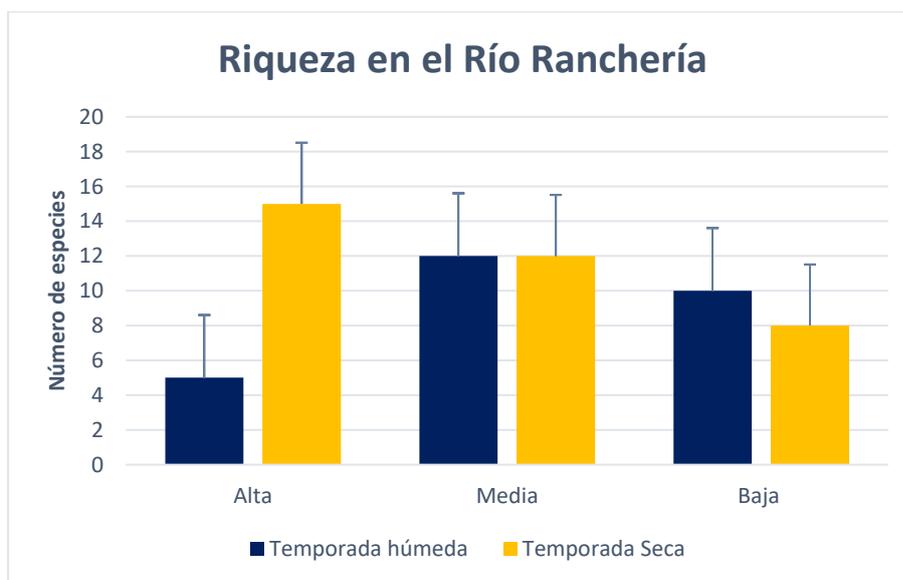


Figura 19. Comparación del número de especies en las zonas del Río Ranchería en cada temporada

Se observa un aumento de la abundancia hacia las zonas medias y bajas del río en las dos temporadas (Figura 20). Es en la temporada húmeda donde hay mayor abundancia de semillas. La zona baja tiene una alta abundancia de semillas, con la dominancia de *M. pigra*. En la zona alta hay menor abundancia en la temporada húmeda, por su parte en la zona media no hay cambios

significativos entre cada temporada, y por el contrario, en la zona baja hay mayor número de semillas en la temporada húmeda. El ANOVA de dos vías no mostró diferencias significativas (Zon:Tem:  $F= 0.821$ ,  $p=0.463$ , Zon:  $F= 1.718$ ,  $p= 0.221$ , Tem:  $F: 0$ ,  $p= 0.99$ ) al evaluar posibles diferencias de la abundancia de especies, teniendo en cuenta la relación entre las temporadas y las zonas.

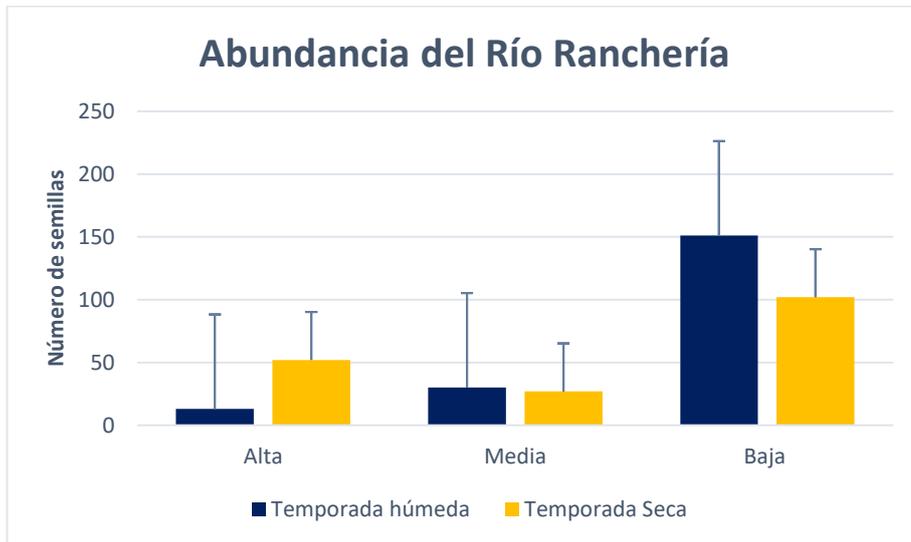


Figura 20. Comparación del número de semillas en cada temporada en las zonas de los ríos

Finalmente, analizamos la comunidad de las semillas transportadas usando la técnica multivariable de Escalamiento Multidimensional (Figura 21). En el análisis Permanova no encontramos diferencias significativas de la comunidad de las semillas ni entre temporadas ( $F= 0.839$ ,  $r^2=0.173$ ,  $p=0.5$ ), ni entre las zonas ( $F= 2.85$ ,  $r^2=0.65$ ,  $p=0.133$ ), aunque podemos ver gráficamente que, en las dos temporadas, las comunidades de la zona baja son muy similares.

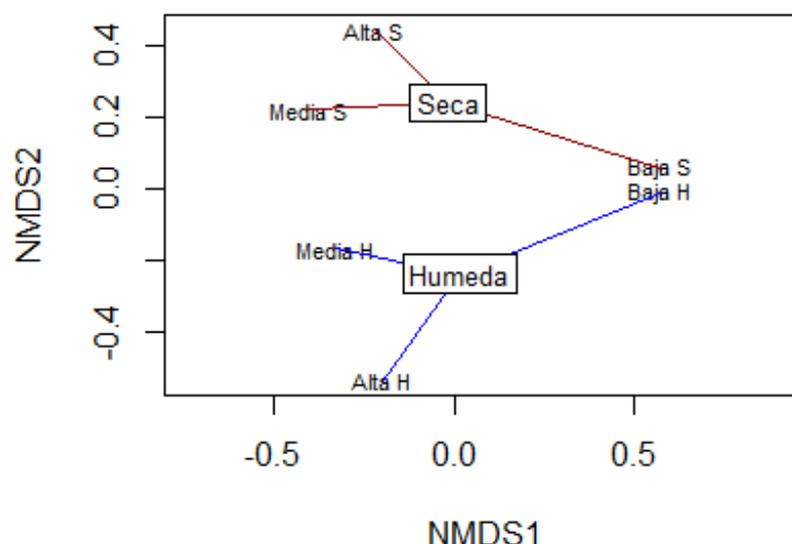


Figura 21. NMDS de las zonas del río Ranchería en cada temporada

## DISCUSIÓN

La composición florística de los bosques secos tropicales del caribe colombiano mantiene la tendencia reportada por Gentry (1995) según la cual las familias dominantes son Fabaceae, Bignoniaceae, Rubiaceae, Sapindaceae (Carillo Fajardo, Rivera Diaz, and Sánchez 2007; Pizano et al. 2017; Vargas 2012). Cuyos síndromes de dispersión más comunes son la zoocoria y la anemocoria (Arbeláez and Parrado-Rosselli 2005; Barrat-Segretain 1996; Correa et al. 2015; Hilje et al. 2015; Howe and Smallwood 1982; Merritt and Wohl 2006; Muller-Landau and Hardesty 2005). En nuestro estudio, encontramos que solo 2.3% de las semillas encontradas se dispersan naturalmente por medio del agua. Confirmando que este síndrome es poco común en el ecosistema. Sin embargo, debido a la importancia que tienen los corredores riparios en el bosque seco tropical, la hidrocoria es un síndrome secundario de varias especies, que permite un movimiento más largo a través de los canales de los ríos (Nilsson and Svedmark 2002). De esta forma, el hecho de encontrar varias especies dispersándose a través del río resalta la importancia que tiene el análisis de la hidrocoria en un ecosistema de bosque seco tropical.

En los ambientes secos y estacionales, los ríos son dispersores importantes (Esper-Reyes et al. 2018), los cuales permiten que la hidrocoria sea

un generador primario de la estructura, la composición y la dinámica de los ecosistemas riparios (Hooper et al. 2005; Naiman and Decamps 1997; Pinay and Malanson 1994; Poff et al. 1997; Richardson et al. 2007). Y como habíamos mencionado anteriormente, estos ecosistemas son sumamente frágiles y los cambios ambientales afectan todos los procesos ecológicos que ocurren (Hooper et al. 2005; Naiman and Decamps 1997; Pinay and Malanson 1994; Poff et al. 1997; Richardson et al. 2007).

A pesar de esto, al evaluar el impacto que tiene la Represa el Cercado y la minera de carbón El Cerrejón en la hidrocoria del Río Ranchería, encontramos que no hay afectaciones negativas en la composición, la riqueza y abundancia de las semillas transportadas por el río. Pero los resultados demuestran que hay homogenización en la composición de las semillas transportadas. Además, de que existen comportamientos particulares, en la riqueza y abundancia de semillas, después de cada uno de los impactos antropogénicos.

### **Efecto de la represa**

Uno de los factores importantes para la dispersión de semillas por hidrocoria es el caudal. En los ecosistemas naturales, los ríos tienen eventos periódicos de aumento y disminución de estos, asociados a las épocas de lluvias. Lo que genera momentos de deposición y movimiento de sedimentos, afectando la dinámica de las semillas (Greet et al. 2011). Es decir, la variabilidad de los flujos del río está afectada directamente la hidrocoria.

De esta manera, el primer efecto importante que encontramos en nuestro estudio es que caudal del Río Ranchería disminuye notoriamente después de la represa y se homogeniza a lo largo de la zona media. A pesar de ser un ecosistema estacional, con una época de lluvias marcada, no hay un cambio en el caudal en la zona media, en ninguna de las temporadas. Lo que responde a los efectos reportados de las represas, las cuales se caracterizan por controlar el caudal de los ríos (Bellmore et al. 2019; Brown and Chenoweth 2008; Nilsson et al. 2010; Xiong and Nilsson 1997). Afectando negativamente la riqueza y abundancia de semillas en la época seca, en la zona posterior a la represa.

Respecto a la composición encontrada en este estudio, las familias con la mayor riqueza fueron, Fabaceae, Hippocrateacea y Anacardiaceae.

Comparamos la composición encontrada en el río Ranchería, con el estudio de la composición de otros diez lugares cercanos a la cuenca del Río Ranchería o con condiciones ambientales similares a esta (Arcila Cardona, Valderrama Ardila, and Chacón de Ulloa 2012; Baéz and Trujillo 2014; Berdugo and Rangel-Ch 2015; Carillo Fajardo et al. 2007; Corpoguajira 2011b; Latin American and Caribbean Seasonally Dry Lists 2016; Rodríguez M et al. 2012). Encontramos que solo *Anacardium excelsum*, *Guazuma ulmifolia*, *Hura crepitans*, *Spondias mombin*, son especies comunes de los bosques secos de la región. Es decir, que las demás especies encontradas en nuestro estudio han sido poco reportadas en análisis similares al nuestro. Creemos que el hecho de tener pocas especies de bosque seco tropical, podría ser un indicador de que la vegetación del ecosistema ha sido fuertemente transformada. Consecuentemente, no se encuentran las especies representativas del bosque seco tropical. Lo que podría indicar que la comunidad de especies que encontramos en nuestro estudio no es representativa o característica del ecosistema. Es decir, que la comunidad representa a las especies que se han ido adaptando a las nuevas condiciones generadas en el ecosistema (Brown and Chenoweth 2008; Damschen et al. 2014; Jansson et al. 2000).

Ahora bien, al evaluar la estructura de la composición de la cuenca del Río Ranchería encontramos que el hábito de crecimiento más común es el arbóreo o arbustivo. Se observaron muy pocas especies herbáceas; lo que coincide con los bosques secos de la costa Caribe y el Tolima (Carillo Fajardo et al. 2007). Pero en la vegetación riparia, si se espera encontrar especies herbáceas (Andersson et al. 2000; Richardson et al. 2007). Varios estudios sugieren que los impactos antrópicos tienen el potencial de cambiar la estructura de la vegetación, en Vale et al. 2015, muestran que las especies arbóreas se adaptan rápidamente en un río de flujo controlado. Además, Greet et al., (2011), identificó que la presencia de la represa genera un recambio de las especies que se encuentran en el canal del río, cambiando de especies de tipo “húmedo” a especies de tipo “seco”, es decir especies de tierra firme. Lo que quiere decir que el manejo del flujo del río está permitiendo la colonización de especies que se han adaptado a las zonas que antes eran de inundación, desplazando especies herbáceas y de ambientes húmedos.

Por otra parte, la incorporación del Río Cesar en nuestro estudio fue para tener un ecosistema de referencia. Esto nos permitió comparar la riqueza y abundancia de semillas de un río sin represa. Aunque los ríos se encuentran enmarcados por una vegetación muy similar y se buscó que estos ambientes y ríos se parecieran en características como dirección, altura sobre el nivel del mar y origen geológico. Existe una diferencia importante en el grado de perturbación de la vegetación en la que está inmerso el río Cesar y el río Ranchería. Al ver el mapa de ecosistemas de la cuenca del río Ranchería, pudimos observar que este pasa sobre todo por ecosistemas altamente transformados y con mayor intervención antrópica. En contraste, el río Cesar en la zona alta, atraviesa mayormente ecosistemas naturales o menos afectados.

Los resultados nos mostraron que el Río Cesar presenta una mayor diversidad y riqueza de especies, en las dos temporadas, comparado con el Ranchería. Al observar el patrón de abundancia de semillas de cada río por temporada, vemos que el Cesar mantiene su comportamiento de disminución aguas abajo en las dos temporadas, pero el Ranchería no tiene un patrón claro en ninguna de las dos temporadas. Con respecto al análisis de la diversidad, representada por el índice de Shannon, se mostró que el río Cesar tiene más diversidad que el Ranchería. Sumado a esto, este análisis también resaltó que la diversidad en la zona media del Río Ranchería es muy parecida en las dos temporadas, reforzando la idea de que la represa ha homogenizado los valores de riqueza y abundancia. Adicionalmente, con las curvas rango-abundancia que el río Cesar tiene una mayor heterogeneidad, además de riqueza y abundancia de semillas.

Por su parte, al analizar los resultados por zonas; el río Cesar tiene una alta abundancia en las zonas altas, que va disminuyendo en la zona media, lo que podría deberse a que las semillas no se acumulan a lo largo del río, como lo sugiere el concepto de continuidad del río propuesto (Vannote et al. 1980), sino que las semillas se van estableciendo en zonas inundables (Catterall, Lynch, and Jansen 2007). Este patrón tampoco ocurre en el Ranchería y pareciera, a excepción de la zona media, que en el río Ranchería si hubiese una acumulación de semillas a lo largo del río. Pero, en la zona media no hay cambios en la riqueza entre temporadas, y el cambio en la abundancia es muy poco. Como decíamos

anteriormente, esto puede ser la respuesta a la homogenización del caudal en esta zona del río. Pues con la homogeneización del caudal, se eliminan las zonas de inundación, generando espacios de colonización donde se pueden establecer especies que no pertenecen al ecosistema, cambiando el patrón de dispersión y distribución de especies típicas del corredor ripario (Greet et al. 2011).

Los resultados nos llevan a rechazar la hipótesis de que la represa afecta negativamente la composición, riqueza y abundancia de semillas respecto al Río Ranchería. Pero también nos llevan a replantearnos que el efecto de la represa puede ser la homogenización de las condiciones ambientales del río, y en consecuencia la vegetación y la hidrocoria del sistema ripario.

### **Efecto de la mina**

Nuestros resultados no mostraron un efecto negativo en la composición, riqueza y abundancia de las semillas transportadas por hidrocoria en el Río Ranchería después de la mina el Cerrejón. Esto nos lleva a rechazar nuestra hipótesis. Pero logramos observar varias características que podrían ser una respuesta a los cambios en las condiciones del río en la zona post mina.

El primer factor que varía es el caudal reportado en la zona de Cuestecitas. Allí hay un aumento significativo del caudal del río. La zona baja se encuentra en un enclave de bosque seco y en esa zona el río es alimentado por varias subcuencas y ríos tributarios importantes. Estos ríos tributarios bajan desde la Serranía del Perijá y la Sierra Nevada de Santa Marta, las cuales están aumentando el aporte de materia orgánica, entre ellos semillas y especies, además de aumentar el caudal del caudal del río (McCabe 2011; Surian 2002). Este aporte de ríos tributarios debería generar un aumento en la riqueza y abundancia de semillas, pero esto no ocurre en la zona post mina y por el contrario, disminuye la riqueza y la composición de las semillas. El único factor que aumenta significativamente después de la mina es abundancia de semillas.

La abundancia de la zona post mina se debe a la presencia del arbusto *Mimosa pigra*, una especie que se encuentra entre las 100 especies invasoras más dañinas del mundo (Lowe et al. 2004); además ha sido reportada como una fuerte invasora en Australia, Asia y Cuba (FAO 2008; García-Lahera, Rodríguez Farrat, and Rodríguez Farrat 2017; Lonsdale 1993). Esta es una especie con una

alta producción de semillas por fruto, que tienen mucha latencia en suelos arenosos y que germina durante todo el año, en lugares con mucha luz y humedad. Permanece en flor y fruto durante todo el año, y tiene rápido crecimiento y su floración. Además, que se puede reproducir entre los primeros seis meses después de su establecimiento (García-Lahera et al. 2017; Lowe et al. 2004).

A pesar de que esta especie es nativa para Colombia, en la zona baja del río Ranchería representa el 85% de la abundancia de semillas de la zona. La predominancia de esta especie en las dos temporadas, además de su alta abundancia y la baja riqueza de otras especies después de la mina, nos podría indicar que es la única especie bien establecida en la zona. Pues las características morfológicas de *M. pigra* y las condiciones de la zona baja del río podrían crear generar una invasión de esta especie.

Por su parte, en las curvas rango-abundancia vemos que la comunidad de semillas en la zona baja tiene una comunidad dominante, con una sola especie dominante. Pero en la zona alta y media las curvas nos muestran comunidades más equitativas, resaltando que hay más especies y menor dominancia. Estas curvas son la representación de las diferentes comunidades de semillas y correspondieron al modelo Zipf. Según Wilson, (1991), este modelo sugiere que la comunidad está compuesta por especies sucesionalmente tempranas. Lo que nos permite pensar las comunidades vegetales que aportan semillas al río son están compuestas de especies pioneras y que carece de especies de sucesión tardías, lo que es común en zonas degradadas.

Debido a las alteraciones ambientales que provoca la mina (contaminación química del agua, incremento de la turbidez, desaparición o desvíos de cursos de ríos tributarios al río Ranchería), hay una afectación respecto a la riqueza y abundancia de semillas que el río transporta (Anawar 2013; Castro et al. 1998; Goswami 2015; Li, San-Ping, and Quian-Jiu 2008; Pandey et al. 2014). Y este comportamiento de la abundancia es típico de las zonas intervenidas por las minas, pues hay una pérdida importante de la riqueza de semillas, y una colonización de especies que se adaptan a las condiciones del ecosistema intervenido (Donggan et al. 2011; Goswami 2015; Li et al. 2008; Pandey et al. 2014).

## **Efecto por temporadas**

En los ecosistemas riparios, los eventos de aumento y disminución del caudal son muy importantes en la organización del ecosistema. Por eso el aumento del caudal en épocas húmedas pueden generar cambios importantes en la composición, riqueza y abundancia de semillas que se dispersan por hidrocoria (Greet et al. 2011). Otros estudios mostraron que la hidrocoria puede aumentar, en medida que aumenta el caudal del río en la temporada húmeda (Boedeltje, Bakker, Ten Brinke, et al. 2004; Greet et al. 2011). En un estudio elaborado en un ecosistema similar, mostraron que el pico de dispersión de semillas por hidrocoria, en el bosque seco tropical, fue en la temporada húmeda. Asociado a los picos de aumento del caudal y el movimiento de sedimentos (Esper-Reyes et al. 2018).

Por el contrario, en nuestro estudio encontramos que el pico de dispersión por hidrocoria es en la temporada seca, lo que hace que se rechace nuestra segunda hipótesis. Nuestros resultados mostraron que la dispersión ocurre en la temporada seca, como se reporta para los bosques secos tropicales de Colombia (Arbeláez and Parrado-Rosselli 2005; Correa et al. 2015; Galindo-Rodriguez and Roa-Fuentes 2017; Hilje et al. 2015). De esta manera, la mayor abundancia, riqueza y composición se encontró en la temporada seca.

Al observar las curvas rango-abundancia, encontramos que la comunidad de especies de la época seca fue más equitativa que la época húmeda. Podríamos creer que, en la época seca, hay un aumento de las semillas, debido a la dispersión por anemocoria y zoocoria. Y que, en este proceso, las semillas pueden caer accidentalmente al río, generando un aumento en la riqueza y abundancia. De esta manera, en el pico de dispersión del ecosistema, hay más semillas disponibles que pueden usar de manera secundaria la hidrocoria. Por esa razón, encontramos una comunidad más equitativa en esta temporada, además de una mayor abundancia y riqueza.

Por otra parte, de los análisis realizados, el único en el que tuvimos diferencias significativas fue en la composición de semillas por temporadas. El análisis de NMDS nos demostró que si hay diferencias entre las especies que se encuentran en la temporada seca comparadas con las que se encuentran en la

temporada húmeda. Esto es característico de un ecosistema estacional, donde se tienen periodos marcados de dispersión de las especies arbóreas vs especies herbáceas que se dispersan indistintamente en las temporadas.

Ahora bien, al observar el comportamiento de la abundancia de semillas en el río Ranchería por temporadas, se encontró que en la zona alta si existe una diferencia importante en la abundancia y riqueza de semillas. En esta zona, hay más del doble de semillas y hay tres veces más riqueza en la temporada seca. Pero si comparamos en la zona media entre temporadas, solo hay una diferencia de tres semillas respecto a la abundancia y no hay cambios en la riqueza. Demostrando la homogenización que genera la represa en ambos factores, a pesar de que la temporalidad genera una diferencia marcada en la zona alta y en el río Cesar.

Por su parte, en la zona baja del río Ranchería el comportamiento es distinto al de la zona alta y la zona media. Es en la temporada húmeda donde hay un aumento en la riqueza y la abundancia. Reiteramos que este aumento es por la presencia de *M. pigra*, que es una especie que puede dispersarse por hidrocoria (García-Lahera 2017) y, en consecuencia, puede moverse más, a mayor caudal. Ahora bien, respecto a las demás especies, también existe una mayor abundancia y riqueza en época húmeda. Pero comparado con la zona alta y media, son valores generales de abundancia y riqueza son muy bajos. Lo que se puede deberse al efecto de la mina de obstrucción y cambios fisicoquímicos ocasionado por la mina.

Comparando este estudio, con otros en los cuales se evalúa la hidrocoria con trampas similares, encontramos que la recolección de semillas por hora es más baja. En el estudio de Vogt et al. (2004) se colectaron 450 semillas en un ecosistema de pastizal en un total de 168 horas (2.6 semillas/hora), por su parte Esper-Reyes et al. (2018) encontró 909 semillas en 144 horas (6.3 semillas/hora). En nuestro estudio solo encontramos 1.8 semillas/hora, lo que es mucho más bajo. Esto podría mostrar que la hidrocoria es una función que se puede afectada en el ecosistema, debido a la presencia de impactos antrópicos grandes.

Finalmente, es importante resaltar que este estudio es pionero en el conocimiento de la dispersión por hidrocoria en Colombia y en la región. Y nos permitió identificar el rol del Río Ranchería y el Río Cesar como dispersores de semillas en el ecosistema. A pesar de no haber encontrado diferencias significativas en la mayoría de los análisis, nos permitió abrir un nuevo panorama sobre los efectos de la represa y la minería en el río, como la homogenización de caudal y diversidad, las bio-invasiones y los cambios en los tipos de vegetación en ríos con flujos manejados. Es importante aclarar que este estudio se vio afectado por la pandemia de Covid-19 del año 2020, razón por la cual no sé logró finalizar la determinación de los morfotipos encontrados. Y que es muy importante poder terminar el análisis de este material para poder tener respuestas más claras a los efectos antrópicos en el río.

Creemos que para complementar y fortalecer las respuestas aquí encontradas es importante realizar estudios de germinación y establecimientos de semillas, para analizar el efecto que tienen los cambios químicos del agua en las semillas. Además, es importante hacer estudios florísticos y de estructura para conocer las especies presentes en el ecosistema ripario. Sumado a esto, análisis de la vegetación y la fenología del ecosistema para entender el movimiento de las especies presentes. También se podrían realizar estudios por especie, para ver la permeabilidad y tiempos de flotabilidad de las semillas encontradas en el río, para determinar la eficiencia de dispersión por hidrocoria (Williamson et al., 1999). Aunque pareciera que la hidrocoria es un vector de dispersión solo de especies de ecosistemas temporalmente inundados, los estudios que se han hecho demuestran el papel de los ríos como dispersores y la importancia que tienen como estructuradores de la vegetación y el potencial que tienen en procesos de restauración de ecosistemas degradados.

El río Ranchería es un río muy importante para las comunidades indígenas, negras y mestizas de la región, siendo el río que provee diferentes servicios ecosistémicos, además de tener una importancia espiritual y religiosa. También ha sido un río que a lo largo de la historia ha generado muchas disputas sociales, pues la apropiación y transformación de su cauce, por empresas privadas, ha llevado a que las comunidades no puedan hacer uso de él. En la actualidad es un río altamente transformado, contaminado y en muchas zonas

degradado, en el cual los esfuerzos de conservación y restauración son muy pocos o mal planeados.

Este estudio nos permitió ver que esta región tiene un gran vacío de información básica sobre el ecosistema, lo que genera un potencial para hacer estudios que permitan crear respuestas que permitan resolver los daños ambientales críticos a los que se enfrenta. Involucrando a las comunidades indígenas, afro y campesinas en el conocimiento de la región, y consecuentemente en la apropiación y restauración de este.

## REFERENCIAS

- Akcil, Ata, and Soner Koldas. 2006. "Acid Mine Drainage (AMD): Causes, Treatment and Case Studies." *Journal of Cleaner Production* 14(12–13):1139–45.
- Anawar, Hossain Md. 2013. "Impact of Climate Change on Acid Mine Drainage Generation and Contaminant Transport in Water Ecosystems of Semi-Arid and Arid Mining Areas." *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C* 58–60:13–21.
- Andersson, Elisabet, and Christer Nilsson. 2002. "Temporal Variation in the Drift of Plant Litter and Propagules in a Small Boreal River." *Freshwater Biology* 47(9):1674–84.
- Andersson, Elisabet, Christer Nilsson, and Mats E. Johansson. 2000. "Effects of River Fragmentation on Plant Dispersal and Riparian Flora." *Regulated Rivers: Research & Management* 16(1):83–89.
- Apps, Clayton, and Bruce Mclellan. 2006. "Factors Influencing the Dispersion and Fragmentation of Endangered Mountain Caribou Populations." *Biological Conservation* 130:84–97.
- Arbeláez, María Victoria, and Angela Parrado-Rosselli. 2005. "Seed Dispersal Modes of the Sandstone Plateau Vegetation of the Middle Caquetá River Region, Colombian Amazonia1." *Biotropica* 37(1):64–72.
- Arcila Cardona, Angela María, Carlos Valderrama Ardila, and Patricia Chacón de Ulloa. 2012. "Estado de Fragmentación Del Bosque Seco de La Cuenca Alta Del Río Cauca, Colombia." *Biota Colombiana* 13(2).
- Ariza, Alexander, Paola Isaacs, and Roy González-M. 2014. *Memoria Técnica Para La Validación Del Mapa de Coberturas Del Bosque Seco Tropical En Colombia*.
- Ariza, Alexander, Paola Isaacs, and Roy González-M. 2014. *Memoria Técnica Para La Validación Del Mapa de Coberturas de Bosque Seco Tropical En Colombia (Escala 1:100.000, 2.0v)*. Bogotá: Instituto de Investigaciones

de Recursos Biológicos “Alexander von Humboldt” – Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

- Baéz, Lina, and Fernando Trujillo. 2014. *Biodiversidad En Cerrejón*. Bogotá: Carbones de Cerrejón, Fundación Omacha, Fondo para la Acción Ambiental y la Niñez.
- Barrat-Segretain, M. H. 1996. “Strategies of Reproduction, Dispersion, and Competition in River Plants: A Review.” *Vegetatio* 123(1):13–37.
- Baskin, C. C., and J. M. Baskin. 2001. *Seeds, Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination*. San Diego: Academic Press.
- Bates, Douglas M., Jari Oksanen, Helene Wagner Maintainer, and Gavin L. Simpson. 2019. *Package “permute” Title Functions for Generating Restricted Permutations of Data*.
- Bellmore, J. Ryan, George R. Pess, Jeffrey J. Duda, Jim E. O’Connor, Amy E. East, Melissa M. Foley, Andrew C. Wilcox, Jon J. Major, Patrick B. Shafroth, Sarah A. Morley, Christopher S. Magirl, Chauncey W. Anderson, James E. Evans, Christian E. Torgersen, and Laura S. Craig. 2019. “Conceptualizing Ecological Responses to Dam Removal: If You Remove It, What’s to Come?” *BioScience* 69(1):26–39.
- Berdugo, Mary Lee, and J. O. Rangel-Ch. 2015. “Composición Florística Del Bosque Tropical Seco Del Santuario ‘Los Besotes’ y Fenología de Especies Arbóreas Dominantes (Valledupar, Cesar, Colombia).” *Colombia Forestal* 18(1):87–103.
- Blackie, Reuben, Cristina Baldauf, Denis Gautier, Davidson Gumbo, Habtemariam Kassa, N. Parthasarathy, Fiona Paumgarten, Phosiso Sola, Sandeep Pulla, Patrick Waeber, and Terry Sunderland. 2014. *Bosques Tropicales Secos El Estado Del Conocimiento Global y Recomendaciones Para Investigaciones Futuras*. Bogor Barat.
- Boedeltje, Ger. 2005. *The Role of Dispersal, Propagule Banks and Abiotic Conditions in the Establishment of Aquatic Vegetation*.
- Boedeltje, Ger, Jan P. Bakker, Renée M. Bekker, Jan M. Van Groenendael, and Martin Soesbergen. 2003. “Plant Dispersal in a Lowland Stream in Relation to Occurrence and Three Specific Life-History Traits of the Species in the Species Pool.” *Journal of Ecology* 91(5):855–66.
- Boedeltje, Ger, Jan P. Bakker, Albert Ten Brinke, Jan M. Van Groenendael, and Martin Soesbergen. 2004. “Dispersal Phenology of Hydrochorous Plants in Relation to Discharge, Seed Release Time and Buoyancy of Seeds: The Flood Pulse Concept Supported.” *Journal of Ecology* 92(5):786–96.
- Boedeltje, Ger, Jan P. Bakker, Albert Ten Brinke, Jan M. Van Groenendael, and Martin Soesbergen. 2004. “Dispersal Phenology of Hydrochorous Plants in Relation to Discharge, Seed Release Time and Buoyancy of Seeds: The Flood Pulse Concept Supported.” *Journal of Ecology* 92(5):786–96.
- Boudell, Jere A., and Juliet C. Stromberg. 2008. “Flood Pulsing and Metacommunity Dynamics in a Desert Riparian Ecosystem.” *Journal of*

*Vegetation Science* 19(3):373–80.

- Brooks, M. L., C. M. D'Antonio, David M. Richardson, J. M. DiTomaso, J. B. Grace, R. J. Hobbs, J. E. Keeley, M. Pellant, and D. Pyke. 2004. "Effects of Invasive Alien Plants on Fire Regimes." *BioScience* 54(7):677–88.
- Brown, Rebecca L., and Joshua Chenoweth. 2008. "The Effect of Glines Canyon Dam on Hydrochorous Seed Dispersal in the Elwha River." *Northwest Science* 82(sp1):197–209.
- Bunn, Stuart E., and Angela H. Arthington. 2002. "Basic Principles and Ecological Consequences of Altered Flow Regimes for Aquatic Biodiversity." *Environmental Management* 30(4):492–507.
- Cabra-Rivas, Isabel, Álvaro Alonso, and Pilar Castro-Díez. 2014. "Does Stream Structure Affect Dispersal by Water? A Case Study of the Invasive Tree *Ailanthus Altissima* in Spain." 5(2):179–86.
- Carillo Fajardo, Merly Yenedith, Orlando Rivera Diaz, and Luis Roberto Sánchez. 2007. "Caracterización Florística y Estructural Del Bosque Seco Tropical Del Cerro Tasajero, San José de Cúcuta-Norte de Santander, Colombia." *Actualidades Biológicas* 29(86):55–73.
- Castro, S. H., F. Vergara, and M. A. Sánchez. 1998. "Environment & Innovation in Mining and Mineral Technology : Proceedings of the IV International Conference on Clean Technologies for the Mining Industry, Santiago, Chile, May 13-15, 1998." 1018. Retrieved June 6, 2019 (<https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/679748>).
- Catterall, Carla P., Romery J. Lynch, and Amy Jansen. 2007. "Riparian Wildlife and Habitats." Pp. 141–58 in *Principles for riparian lands management*. . Water Australia, Canberra: Lovett, S. & Price.
- Ceccon, Eliane. 2001. "Los Bosques Tropicales Estacionalmente Secos: ¿una Prueba Ácida Para La Restauración?" Pp. 119–30 in *La restauración en la práctica: Memorias del I congreso colombiano de restauración ecológica & II simposio nacional de experiencias en Restauración Ecológica*, edited by O. Vargas Rios and S. P. Reyes B. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Celentano, Danielle, Guillaume X. Rousseau, Vera L. Engel, Cristiane L. Façanha, Elivaldo M. De Oliveira, and Emanuel G. De Moura. 2014. "Perceptions of Environmental Change and Use of Traditional Knowledge to Plan Riparian Forest Restoration with Relocated Communities in Alcântara, Eastern Amazon." *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 10(1):11.
- Cellot, Bernard, Florent Mouillot, and Christophe P. Henry. 1998. "Flood Drift and Propagule Bank of Aquatic Macrophytes in a Riverine Wetland." *Journal of Vegetation Science* 9:631–40.
- Clark, R. B. 1997. "Arbuscular Mycorrhizal Adaptation, Spore Germination, Root Colonization, and Host Plant Growth and Mineral Acquisition at Low PH." *Plant and Soil* 192(1):15–22.

- Contraloría General de la Republica. 2010. *Informe de Auditoría Gubernamental Con Enfoque Integral Modalidad Especial*.
- Cooper, Scott, Sebastian Diehl, Kim Kratz, and Orlando Sarnelle. 1998. "Implications of Scale for Patterns and Processes in Stream Ecology." *Austral Ecology* 23(1):27–40.
- Corpogujaira. 2011a. *Atlas Ambiental Del Departamento de La Guajira*. Rioacha: Corpogujaira.
- Corpogujaira. 2011b. *Plan de Ornamenamiento de La Cuenca Del Rio Rancheria*.
- Corpogujaira. 2020. *Análisis de Los Conflictos Socio Ambientales. Represa El Cercado. Río Ranchería*.
- Correa, Diego F., Esteban Álvarez, and Pablo R. Stevenson. 2015. "Plant Dispersal Systems in Neotropical Forests: Availability of Dispersal Agents or Availability of Resources for Constructing Zoochorous Fruits?" *Global Ecology and Biogeography* 24(2):203–14.
- Cubley, E. S., and Rebecca L. Brown. 2016. "Restoration of Hydrochory Following Dam Removal on the Elwha River, Washington." *River Research and Applications* 32(7):1566–75.
- Dalton, Rebecca L., David J. Carpenter, Céline Boutin, and Jane E. Allison. 2017. "Factors Affecting Soil Seed Banks of Riparian Communities in an Agricultural Ecosystem: Potential for Conservation of Native Plant Diversity" edited by N. Hölzel. *Applied Vegetation Science* 20(3):446–58.
- Damschen, Ellen I., Dirk V Baker, Gil Bohrer, Ran Nathan, John L. Orrock, Jay R. Turner, Lars A. Brudvig, Nick M. Haddad, Douglas J. Levey, and Joshua J. Tewksbury. 2014. "How Fragmentation and Corridors Affect Wind Dynamics and Seed Dispersal in Open Habitats." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 111(9):3484–89.
- Donggan, Guo, Bai Zhongke, Shangguan Tieliang, Shao Hongbo, and Qiu Wen. 2011. "Impacts of Coal Mining on the Aboveground Vegetation and Soil Quality: A Case Study of Qinxin Coal Mine in Shanxi Province, China." *Clean – Soil, Air, Water* 39(3):219–25.
- Environmental Justice Atlas. 2015. "Represa El Cercado En El Río Ranchería, La Guajira, Colombia." Retrieved November 29, 2018 (<https://ejatlas.org/conflict/represa-rio-rancheria-la-gujira-colombia>).
- Esper-Reyes, Karen A., Néstor A. Mariano, Raúl E. Alcalá, Jaime R. Bonilla-Barbosa, Gabriel Flores-Franco, and Elisabet V Wehncke. 2018. "Seed Dispersal by Rivers in Tropical Dry Forests: An Overlooked Process in Tropical Central Mexico" edited by J. Morgan. *Journal of Vegetation Science* 29(1):62–73.
- Etter, A. 1998. "Mapa General de Ecosistemas de Colombia." in *Informe nacional sobre el estado de la biodiversidad- Colombia. Causas de pérdida de la biodiversidad*, edited by M. Chavez and N. Arango. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt-

- PNUMA Ministerio del Medio Ambiente.
- FAO. 2008. *Newsletter of the Asia-Pacific Forest Invasive Species Network (APFISN)*.
- Fargašová, A. 1994. "Effect of Pb, Cd, Hg, As, and Cr on Germination and Root Growth of *Sinapis Alba* Seeds." *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 52(3):452–56.
- Favre-Bac, Lisa, Barbara Lamberti-Raverot, Sara Puijalón, Aude Ernoult, Françoise Burel, Ludovic Guillard, and Cendrine Mony. 2017. "Plant Dispersal Traits Determine Hydrochorous Species Tolerance to Connectivity Loss at the Landscape Scale" edited by J. Price. *Journal of Vegetation Science* 28(3):605–15.
- Fletcher, Robert J., Brian E. Reichert, and Katherine Holmes. 2018. "The Negative Effects of Habitat Fragmentation Operate at the Scale of Dispersal." *Ecology*, October 1, 2176–86.
- Fox J, Weisberg S. 2019. "An R Companion to Applied Regression, Third Edition." *Sage, Thousand Oaks CA*. Retrieved April 20, 2021 (<https://cran.r-project.org/web/packages/car/citation.html>).
- Fulbright, Timothy E. 1988. "Effects of Temperature, Water Potential, and Sodium Chloride on Indiangrass Germination." *Journal of Range Management* 41(3):207.
- Galindo-Rodríguez, Claudia, and Lilia L. Roa-Fuentes. 2017. "Seed Desiccation Tolerance and Dispersal in Tropical Dry Forests in Colombia: Implications for Ecological Restoration." *Forest Ecology and Management* 404:289–93.
- Galvis, Catalina. 2018. *La Urdimbre Del Agua y Del Carbón. Tramas de Las Resistencias En Le Sur de La Guajira*. 1st ed. edited by C. A. Viva.
- García-Lahera, Julio Pavel. 2017. "Mimosa Pigra (Weyler)." Pp. 184–98 in *Protocolos para el monitoreo de especies exóticas invasoras en Cuba*. Vol. 1, edited by J. P. García-Lahera, L. F. Rodríguez Farrat, and D. M. Salabarría Fernández. La Habana : Editorial GAIA.
- García-Lahera, Julio Pavel, Lázaro Francisco Rodríguez Farrat, and Dalia María Rodríguez Farrat, eds. 2017. *Protocolos Para El Monitoreo de Especies Exóticas Invasoras En Cuba*. La Habana,: Editorial GAIA.
- Geissler, Katja, and Axel Gzik. 2010. "Germination Ecology of Three Endangered River Corridor Plants in Relation to Their Preferred Occurrence." *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 205(9):590–98.
- Gentry, A. H. 1982. "Patterns of Neotropical Plant Species Diversity." *Evolutionary Biology* 15:1–54.
- Ghose, Mrinal K. 2004. "Effect of Opencast Mining on Soil Fertility." *Journal of Scientific & Industrial Research* 63:1006–9.
- González-M, Roy, Evert Thomas, Álvaro Vasquez, Camila Pizano, Claudia. A. Medina, Fabio Arturo González, Andrés R. Acosta Galvis, and Hernando

- García. 2016. "Registros de La Biodiversidad Del Bosque Seco Tropical Colombiano: Plantas, Escarabajos Coprófagos y Anfibios." P. 108 in *Biodiversidad 2015*, edited by L. A. Moreno, C. Cubillos, A. M. Rueda, and C. Rueda. Bogotá: Instituto Alexander von Humboldt.
- Gordon, Elizabeth, and Arnold G. Van der Valk. 2003. "Secondary Seed Dispersal in *Montrichardia Arborescens* (L.) Schott Dominated Wetlands in Laguna Grande, Venezuela." *Plant Ecology* 168(2):177–90.
- Goswami, Sribas. 2015. "Impact of Coal Mining on Environment." *European Researcher* 92(3):185–96.
- Granados, Margarita, Enyel Rodríguez, Luisa Rodríguez, and Sandra Teherán. 2012. "Represa Del Río Ranchería : Falsas Promesas de Desarrollo." *Cien Días Vistos Por CINEP* (75).
- Greet, J., J. Angus Webb, and Roger D. Cousens. 2011. "The Importance of Seasonal Flow Timing for Riparian Vegetation Dynamics: A Systematic Review Using Causal Criteria Analysis." *Freshwater Biology* 56(7):1231–47.
- Greet, J., R. D Cousens, and J. Angus Webb. 2013. "More Exotic and Fewer Native Plant Species: Riverine Vegetation Patterns Associated with Altered Seasonal Flow Patterns." *River Research and Applications* 29(6):686–706.
- Greet, J., Roger D Cousens, and J. Angus Webb. 2013. "Seasonal Timing of Inundation Affects Riparian Plant Growth and Flowering: Implications for Riparian Vegetation Composition." *Plant Ecology* 214(1):87–101.
- Grosjean, Ph. 2012. "SciViews: A GUI API for R. UMONS." *SciViews*. Retrieved April 19, 2021 (<http://www2.uaem.mx/r-mirror/web/packages/tcltk2/citation.html>).
- Guerra Curvelo, Weildler, and Carlo Egurrola Hinojosa. 2015. *Historia Del Agua. Biografía Del Río Ranchería*. Editorial.
- Gurnell, Angela, Ken Thompson, Joanne Goodson, and Helen Moggridge. 2008. "Propagule Deposition along River Margins: Linking Hydrology and Ecology." *Journal of Ecology* 96(3):553–65.
- Gutiérrez Moreno, Luis Carlos, Carlos García Alzate, Walberto Troncoso Olivo, and Rafael Borja Acuña. 2014. *Plan de Ordenamiento Recurso Hídrico Río Cesar*. Brranaquilla: Minambiente, Corpocesar, Universidad del Atlantico.
- Hilje, Branko, Julio Calvo-Alvarado, César Jiménez-Rodríguez, and Arturo Sánchez-Azofeifa. 2015. "Tree Species Composition, Breeding Systems, and Pollination and Dispersal Syndromes in Three Forest Successional Stages in a Tropical Dry Forest in Mesoamerica." *Tropical Conservation Science* 8(1):76–94.
- Holdridge, L. R. 1967. "Life Zone Ecology." *Life Zone Ecology*. ((rev. ed.)):206.
- Hooper, D. U., F. S. Chapin, J. J. Ewel, A. Hector, P. Inchausti, S. Lavorel, J. H. Lawton, D. M. Lodge, M. Loreau, S. Naeem, B. Schmid, H. Setälä, A. J. Symstad, J. Vandermeer, and D. A. Wardle. 2005. "Effects of Biodiversity on Ecosystem Functioning: A Consensus of Current Knowledge."

- Ecological Monographs* 75(1):3–35.
- Howe, H. F., and J. Smallwood. 1982. "Ecology of Seed Dispersal." *Annual Review of Ecology and Systematics* 13:201–28.
- Instituto Alexander von Humboldt. 1998. *El Bosque Seco Tropical (Bs-T) En Colombia*. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 2009. *Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras : Departamento de La Guajira - 9789588323299 - LibreriadelaU*. edited by IGAC. Bogotá.
- Jansson, Roland, Christer Nilsson, and Birgitta Renöfält. 2000. "Fragmentation of Riparian Floras in Rivers with Multiple Dams." *Ecology* 81(4):899–903.
- Jansson, Roland, Ursula Zinko, David M. Merritt, and Christer Nilsson. 2005. "Hydrochory Increases Riparian Plant Species Richness: A Comparison between a Free-Flowing and a Regulated River." *Journal of Ecology* 93(6):1094–1103.
- Janzen, Daniel H. 1970. "Herbivores and the Number of Tree Species in Tropical Forests." *The American Naturalist* 104(940):501–28.
- Janzen, Daniel H. 1988. "Tropical Dry Forests The Most Endangered Major Tropical Ecosystem." in *Biodiversity.*, edited by E. . Wilson and Frances P. Washington (DC): National Academies Press (US).
- Jaramillo-Robledo, Alvaro, and Bernardo Chaves-Córdoba. 2000. "Distribución de La Precipitación En Colombia Analizada Mediante Conglomeración Estadística." *Cenicafé* 51(2):102–13.
- Johansson, Mats E., Christer Nilsson, and Elisabet Nilsson. 1996. "Do Rivers Function as Corridors for Plant Dispersal?" *Journal of Vegetation Science* 7(4):593–98.
- Junk, W., and R. Welcomme. 1990. *Wetlands and Shallow Continental Water Bodies*. edited by S. A. Publishing. Michigan University.
- Kassambara, Alboukadel. 2020. *Package "ggpubr" Type Package Title "Ggplot2" Based Publication Ready Plots*.
- Kindt, R., and R. Coe. 2005. "BiodiversityR ." *Tree Diversity Analysis. A Manual and Software for Common Statistical Methods for Ecological and Biodiversity Studies. World Agroforestry Centre (ICRAF), Nairobi (Kenya)*. . Retrieved April 19, 2021 (<https://cran.r-project.org/web/packages/BiodiversityR/citation.html>).
- Latin American and Caribbean Seasonally Dry Lists. 2016. "Plant Diversity Patterns in Neotropical Dry Forests and Their Conservation Implications." *Science* 353(6306):1383–87.
- Lenth, Russell V, Paul Buerkner, Maxime Herve, Jonathon Love, Hannes Riebl, and Henrik Singmann. 2021. "Package 'emmeans' Type Package Title Estimated Marginal Means, Aka Least-Squares Means." *Estimated Marginal Means, Aka Least-Squares Means* 1–84.
- De León Ibarra, Alejandra, Néstor A. Mariano, Valentino Sorani, Gabriel Flores-

- Franco, Evodio Rendón Alquicira, and Elisabet V Wehncke. 2019. "Physical Environmental Conditions Determine Ubiquitous Spatial Differentiation of Standing Plants and Seedbanks in Neotropical Riparian Dry Forests" edited by S. Rutherford. *Plos One* 14(3):e0212185.
- Leyer, Ilona, and Sylvia Pross. 2009. "Do Seed and Germination Traits Determine Plant Distribution Patterns in Riparian Landscapes?" *Basic and Applied Ecology* 10(2):113–21.
- Li, Wang, San San-Ping, and Wang Quian-Jiu. 2008. "Effect of Coal Exploitation on Groundwater and Vegetation in the Yushenfu Coal Mine." *Mei T'an Hsueh Pao (Journal of China Coal Society)*, August, 1208–1414.
- Lonsdale, W. M. 1993. "Rates of Spread of an Invading Species--Mimosa Pigra in Northern Australia." *The Journal of Ecology* 81(3):513.
- Lowe, S., M. Brownw, S. Boudjelas, and M. De Poorter. 2004. *100 de Las Especies Exóticas Invasoras Más Dañinas Del Mundo. Una Selección Del Global Invasive Species Database*. 1st ed. Grupo Especialista de Especies Invasoras (GEEI), un grupo especialista de la Comisión de Supervivencia de Especies (CSE) de la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN).
- Malanson, GP. 1993. *Riparian Landscapes*. Cambridge. Cambridge Univ. Press.
- McCabe, Declan. 2011. "Rivers and Streams: Life in Flowing Water ." *Nature Education Knowledge*.
- Merritt, David M., and Ellen E. Wohl. 2006. "Plant Dispersal along Rivers Fragmented by Dams." *River Research and Applications* 22(1):1–26.
- Middleton, Beth A. 2000. "Hydrochory, Seed Banks, and Regeneration Dynamics along the Landscape Boundaries of a Forested Wetland." *Plant Ecology* 146(2):167–81.
- Moggridge, Helen, Angela Gurnell, and J. Owen Mountford. 2009. "Propagule Input, Transport and Deposition in Riparian Environments: The Importance of Connectivity for Diversity." *Journal of Vegetation Science* 20(3):465–74.
- Moreno Rodríguez, Manuel Leonardo, and Johnathan Javier Montero Torres. 2016. "Evaluación de Variables Climáticas Para Cuantificar El Recurso Hídrico Disponible En La Cuenca Media Del Río Ranchería." Universidad de la Salle.
- Muller-Landau, Helene C., and Britta Denise Hardesty. 2005. "Seed Dispersal of Woody Plants in Tropical Forests: Concepts, Examples and Future Directions." Pp. 267–311 in *Biotic Interactions in the Tropics: Their Role in the Maintenance of Species Diversity*, edited by D. F. R. P. Burslem, M. A. Pinard, and S. E. Hartley. Cambridge University Press.
- Müller Norbert. 1995. "River Dynamics and Floodplain Vegetation and Their Alterations Due to Human Impact." *Hydrobiol* 9:477–512.
- Munnik, Victor. 2010. *The Social and Environmental Consequences of Coal Mining in South Africa. A Case Study*.

- Naiman, R., and H. Decamps. 1997. "The Ecology of Interfaces: Riparian Zones." *Annual Review of Ecology and Systematics* 621–58.
- Nilsson, Christer, and Kajsa Berggren. 2000. "Alteration of Riparian Ecosystems Caused by River Regulation." *BioScience* 50(9):783–92.
- Nilsson, Christer, Rebecca L. Brown, Roland Jansson, and David M. Merritt. 2010. "The Role of Hydrochory in Structuring Riparian and Wetland Vegetation." *Biological Reviews* 85(4):837–58.
- Nilsson, Christer, Maria Gardfjell, and Gunnel Grelsson. 1991. "Importance of Hydrochory in Structuring Plant Communities along Rivers." *Canadian Journal of Botany* 69(12):2631–33.
- Nilsson, Christer, Gunnel Grelsson, Mats E. Johansson, and Ulf Sperens. 1989. "Patterns of Plant Species Richness Along Riverbanks." *Ecology* 70(1):77–84.
- Nilsson, Christer, and Roland Jansson. 1995. "Floristic Differences between Riparian Corridors of Regulated and Free-Flowing Boreal Rivers." *Regulated Rivers: Research & Management* 11(1):55–66.
- Nilsson, Christer, Catherine A. Reidy, Mats Dynesius, and Carmen Revenga. 2005. "Fragmentation and Flow Regulation of the World's Large River Systems." *Science* 308(5720):405–8.
- Nilsson, Christer, and Magnus Svedmark. 2002. "Basic Principles and Ecological Consequences of Changing Water Regimes: Riparian Plant Communities." *Environmental Management* 30(4):468–80.
- Oki, Taikan, and Shinjiro Kanae. 2006. "Global Hydrological Cycles and World Water Resources." *Science* 313(5790):1068–72.
- Oksanen, Jari, F. Guillaume Blanchet, Michael Friendly, Roeland Kindt, Pierre Legendre, Dan Mcglinn, Peter R. Minchin, R. B. O'hara, Gavin L. Simpson, Peter Solymos, M. Henry, H. Stevens, Eduard Szoecs, and Helene Wagner Maintainer. 2020. *Package "vegan" Title Community Ecology Package Version 2.5-7.*
- Pandey, Bhanu, Madhoolika Agrawal, and Siddharth Singh. 2014. "Coal Mining Activities Change Plant Community Structure Due to Air Pollution and Soil Degradation." *Ecotoxicology* 23(8):1474–83.
- Pat-Espadas, Aurora, Rene Loredo Portales, Leonel Amabilis-Sosa, Gloria Gómez, and Gladys Vidal. 2018. "Review of Constructed Wetlands for Acid Mine Drainage Treatment." *Water* 10(11):1685.
- Pérez-Fernández, MA, E. Calvo-Magro, J. Montanero-Fernández, and JA Oyola-Velasco. 2006. "Seed Germination in Response to Chemicals: Effect of Nitrogen and PH in the Media. - PubMed - NCBI." *Environmental Biology* 27(1):13–20.
- Pinay, Gilles, and GP Malanson. 1994. "Riparian Landscapes." *The Journal of Applied Ecology* 31(3):594.
- Pizano, Camila, Roy González-M, Rene Lopéz Camacho, Rubén Darío Jurado,

- Hermes Cuadros, Alejandro Castaño-Naranjo, Alicia Rojas, Karen Pérez, Hernando Vergara-Varela, Álvaro Idárraga, Paola Isaacs, and Hernando García. 2017. "El Bosque Seco Tropical En Colombia." Pp. 21–22 in *Biodiversidad 2015. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia*, edited by L. A. Moreno, C. Cubillos, A. M. Rueda, and C. Rueda. Bogotá.
- PNUD. 2016. "La Guajira - Retos y Desafíos Para El Desarrollo Sostenible." *Pnud Colombia* 500.
- Poff, N., J. Allan, M. Bain, J. Karr, K. Presteggaard, and B. Richter. 1997. "The Natural Flow Regime." *Bioscience* 47:769–84.
- Pollux Bartholomeus, Adrianus Johanna. 1973. "Plant Dispersal in Rivers A Mechanistic and Molecular Approach." Radboud Universiteit Nijmegen, Sittard.
- Portillo-Quintero, C. A., and Arturo Sánchez-Azofeifa. 2009. "Extent and Conservation of Tropical Dry Forests in the Americas." *Biological Conservation* 143:144–55.
- Postel, Sandra, Gretchen Daily, and Paul Ehrlich. 1996. "Human Appropriation of Renewable Fresh Water." *Science* 271(5250):785–88.
- Postel, Sandra, and Brian Richter. 2003. *Rivers for Life, Managing Water for People and Nature*. Island Pre. Washington, DC.
- Reichman, S. M., S. M. Bellairs, and D. R. Mulligan. 2006. "The Effects of Temperature and Salinity on *Acacia Harpophylla* (Brigalow) (Mimosaceae) Germination." *The Rangeland Journal* 28(2):175.
- Richardson, David M., Patricia M. Holmes, Karen J. Esler, Susan M. Galatowitsch, Juliet C. Stromberg, Steven P. Kirkman, Petr Pyšek, and Richard J. Hobbs. 2007. "Riparian Vegetation: Degradation, Alien Plant Invasions, and Restoration Prospects." *Diversity and Distributions* 13(1):126–39.
- Richter, Rebecca, and Juliet C. Stromberg. 2005. "Soil Seed Banks of Two Montane Riparian Areas: Implications for Restoration." *Biodiversity and Conservation* 14(4):993–1016.
- Rico-Gray, Victor, and José G. García-Franco. 1992. "Vegetation and Soil Seed Bank of Successional Stages in Tropical Lowland Deciduous Forest." *Journal of Vegetation Science* 3(5):617–24.
- Ridley, Henry Nicholas. 1930. *The Dispersal of Plants throughout the World*. edited by L. L. Reeve & Company.
- Rodríguez M, Gina M., Karina Banda-R, Sandra Paola Reyes B, and Ana Cristina Estupiñán González. 2012. "Lista Comentada de Las Plantas Vasculares de Bosques Secos Prioritarios Para La Conservación En Los Departamentos de Atlántico y Bolívar (Caribe Colombiano)." *Biota Colombiana* 13(2):9–40.
- Sarkar, D. 2008. "Lattice: Multivariate Data Visualization with R." *Springer*, . Retrieved April 19, 2021 (<https://cran.r->

project.org/web/packages/lattice/citation.html).

- Säumel, Ina, and Ingo Kowarik. 2013. "Propagule Morphology and River Characteristics Shape Secondary Water Dispersal in Tree Species." *Plant Ecology* 214(10):1257–72.
- Schneider, Rebecca L., and Rebecca R. Sharitz. 1988. "Hydrochory and Regeneration in A Bald Cypress-Water Tupelo Swamp Forest." *Ecology* 69(4):1055–63.
- Seybold, Ca, RB Grossman, HR Sinclair, KM McWilliams, GR Struben, SL Wade, Cathy A. Seybold, Robert B. Grossman, and H. Raymond Sinclair. 2004. "Evaluation Soil Quality on Reclaimed Coal Mine Soils in Indiana." *Proceedings America Society of Mining and Reclamation* 1644–64.
- Skoglund, S. Jerry. 1990. "Seed Dispersing Agents in Two Regularly Flooded River Sites." *Canadian Journal of Botany* 68(4):754–60.
- Skole, David, and Compton Tucker. 1993. *Tropical Deforestation and Habitat Fragmentation in the Amazon: Satellite Data from 1978 to 1988*. Vol. 260.
- Soomers, Hester, Deborah N. Winkel, Yun Du, and Martin J. Wassen. 2010. "The Dispersal and Deposition of Hydrochorous Plant Seeds in Drainage Ditches." *Freshwater Biology* 55(10):2032–46.
- Stromberg, Juliet C. 2001. "Restoration of Riparian Vegetation in the South-Western United States: Importance of Flow Regimes and Fluvial Dynamism." Pp. 17–34 in *Journal of Arid Environments*. Vol. 49. Academic Press.
- Stromberg, Juliet C., R. Tiller, and B. Richter. 1996. "Effects of Ground Water Decline on Riparian Vegetation of Semiarid Regions: The San Pedro, Arizona." *Ecological Applications* 6(1):113–31.
- Surian, N. 2002. "Downstream Variation in Grain Size along an Alpine River: Analysis of Controls and Processes." *Geomorphology* 43(1–2):137–49.
- Tabacchi, Eric, David L. Correll, Richard Hauer, Gilles Pinay, Anne Planty-Tabacchi, and Robert C. Wissmar. 1998. "Development, Maintenance and Role of Riparian Vegetation in the River Landscape." *Freshwater Biology* 40(3):497–516.
- Tabacchi, Eric, Lambs Luc, Guilloy Helene, Planty-Tabacchi Anne-Marie, Muller Etienne, and Decamps Henri. 2000. "Impacts of Riparian Vegetation on Hydrological Processes." *Hydrological Processes* 14(July):2959–76.
- Tabacchi, Eric, Anne Planty-Tabacchi, and Odile Déamps. 1990. *Continuity and Discontinuity of the Riparian Vegetation along a Fluvial Corridor*. Vol. 5. SPB Academic Publishing bv.
- Talukdar, Bandita, Jugabrat Das, Himangshu Kr Kalita, Sudem Basumatary, Hrishikesh Choudhury, and Adhar Sarma. 2016. "Impact of Open Cast Coal Mining on Fish and Fisheries of Simsang River, Meghalaya, India." *Journal of Marine Science: Research & Development* 06(06):1–7.
- Tockner, K., F. Malard, and J. V Ward. 2000. "An Extension of the Flood Pulse

- Concept.” *Hydrological Processes* 14(16–17):2861–83.
- UICN. 2012. “The Remarkable Biodiversity of Dry Forests.” Retrieved (<https://www.iucn.org/content/remarkable-biodiversity-dry-forests>).
- Urrea, Danilo, and Inés Calvo. 2014. “Conflictos Socio - Ambientales Por El Agua En La Guajira.” *Semillas. Conflictos Socioambientales En Colombia* 55:63–69.
- Vale, Vagner S., I. Schiavini, J. Prado-Júnior, Ana Oliveira, and André Gusson. 2015. “Rapid Changes in Tree Composition and Biodiversity: Consequences of Dams on Dry Seasonal Forests.” *Revista Chilena de Historia Natural* 88:1–11.
- Vannote, R. .., G. .. Minshall, K. .. Cummins, J. .. Sedell, and C. .. Crishing. 1980. “The River Continuum Concept. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences.” *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37(1):130–37.
- Vargas, William. 2012. “Los Bosques Secos Del Valle Del Cauca, Colombia: Una Aproximación a Su Flora Actual.” *Biota Colombiana* 13(2).
- Vogt, Kati, Leonid Rasran, and Kai Jensen. 2004. “Water-Borne Seed Transport and Seed Deposition during Flooding in a Small River-Valley in Northern Germany.” *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 199(5):377–88.
- Vörösmarty, C. J., P. B. McIntyre, M. O. Gessner, D. Dudgeon, A. Prusevich, P. Green, S. Glidden, S. E. Bunn, C. A. Sullivan, C. R. Liermann, and P. M. Davies. 2010. “Global Threats to Human Water Security and River Biodiversity.” *Nature* 467(7315):555–61.
- Wantzen, Karl M., and W. Junk. 2003. “The Flood Pulse Concept: New Aspects, Approaches and Applications—An Update.” in *Proceedings of the Second International Symposium on the Management of Large Rivers for Fisheries, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and the Mekong River Commission (MRC)*. Vol. 1, edited by R. L. Welcomme and A. T. Petr. Kingdom.
- Wantzen, Karl M., Karl Otto Rothhaupt, Martin Mörtl, Marco Cantonati, László G.-Tóth, and Philipp Fischer. 2008. “Ecological Effects of Water-Level Fluctuations in Lakes: An Urgent Issue.” *Developments of Hydrobiology* 613(1):1–4.
- Wehncke, Elisabet V. 2010. “Seed Dispersal and Conservation.” Pp. 119–24 in *Encyclopedia of Animal Behavior*, edited by Breed M.D. and Moore J. Elsevier.
- Wickham, Hadley, Mara Averick, Jennifer Bryan, Winston Chang, Lucy McGowan, Romain François, Garrett Golemund, Alex Hayes, Lionel Henry, Jim Hester, Max Kuhn, Thomas Pedersen, Evan Miller, Stephan Bache, Kirill Müller, Jeroen Ooms, David Robinson, Dana Seidel, Vitalie Spinu, Kohske Takahashi, Davis Vaughan, Claus Wilke, Kara Woo, and Hiroaki Yutani. 2019. “Welcome to the Tidyverse.” *Journal of Open Source Software* 4(43):1686.

Xiong, Shaojun, and Christer Nilsson. 1997. "Dynamics of Leaf Litter Accumulation and Its Effects on Riparian Vegetation: A Review." *The Botanical Review* 63(3):240–64.

## ANEXOS.

*Anexo 1. Tabla de información geográfica de las zonas de muestreo*

<b>Área de estudio</b>	<b>Río</b>	<b>Municipio</b>	<b>GPS</b>	<b>Altitud</b>
Zona alta 1	Ranchería	Caracolí	10°57'32.88"N 73° 3'58.25"O	481 msnm
Zona alta 2	Ranchería	Caracolí	10°57'28.15"N 73° 3'55.74"O	484 msnm
Zona alta 3	Ranchería	Caracolí	10°57'21.91"N 73° 3'51.43"O	478 msnm
Zona media 1	Ranchería	Distracción	10°54'13.51"N 72°59'48.71"O	347 msnm
Zona media 2	Ranchería	Distracción	10°54'13.45"N 72°59'40.38"O	307 msnm
Zona media 3	Ranchería	Chorrera	10°54'58.70"N 72°55'27.35"O	240 msnm
Zona baja 1	Ranchería	El encanto	11°10'21.39"N 72°33'50.97"O	120 msnm
Zona baja 2	Ranchería	Puente el encanto	11°10'48.12"N 72°33'12.06"O	116 msnm
Zona baja 3	Ranchería	Finca de Diomedes Soto	11°11'1.14"N 72°32'38.57"O	88 msnm
Zona alta 1	Cesar	En el barcino Los dos ríos	10°51'6.02"N 73° 6'10.78"O	419 msnm
Zona alta 2	Cesar	Los dos Ríos	10°51'3.66"N 73° 6'12.52"O	427 msnm
Zona alta 3	Cesar	Guayabal	10°51'1.54"N 73° 6'13.25"O	420 msnm

Área de estudio	Río	Municipio	GPS	Altitud
Zona Media 1	Cesar	Piedras azules	10°50'2.34"N 73° 5'53.31"O	409 msnm
Zona Media 2	Cesar	Corregimiento La Isla	10°49'40.69"N 73° 4'34.13"O	355 msnm
Zona Media 3	Cesar	Corregimiento el Guayacanal	10°48'22.06"N 73° 1'20.89"O	227 msnm

Anexo 2. Tabla 2. Composición florística y abundancia de las semillas encontradas en el río Ranchería y el río Cesar en las temporadas seca y húmeda

Familia	Especie	Río Ranchería	Río Cesar	Húmeda	Se ca	Hábito	Origen	Categoría de riesgo	Dispersión
Fabaceae	<i>Mimosa pigra</i>	217	0	129	88	Arbusto	Nativa	Preocupación menor	Hidrocoria
Fabaceae	<i>Inga vera</i>	20	36	10	46	Árbol	Nativa	Preocupación menor	Zoocoria
Hippocrateaceae	<i>Pristimera verrucosa</i>	19	11	22	8	Liana	Endémica	No evaluada	Anemocoria
Poaceae	<i>Chusquea sp.</i>	14	10	0	24	Hierba			Anemocoria
Combretaceae	<i>Combretum fruticosum</i>	14	6	0	20	Arbusto	Nativa	Preocupación menor	Anemocoria /Hidrocoria
Fabaceae	<i>Pithecellobium aff. unguicati</i>	10	0	0	10	Arbusto	Nativa	No evaluada	Zoocoria
Convolvulaceae	<i>Iseia luxurians</i>	8	5	8	5	Trepadora	Nativa	No evaluada	Autocoria
Phytolacaceae	<i>Phytolacca americana</i>	8	0	7	1	Hierba	Nativa	No evaluada	Zoocoria
Fabaceae	<i>Inga sp. 2</i>	5	5	1	9	Árbol	-	-	Zoocoria
Sapindaceae	<i>Serjania sp.</i>	5	2	1	6	Trepadora	-	-	Anemocoria
Poaceae	<i>Bothriochloa cf. pertusa</i>	5	0	5	0	Hierba	Naturalizada	No evaluada	Anemocoria /Hidrocoria
Fabaceae	<i>Machaerium capote</i>	4	41	27	18	Arbusto	Nativa	Preocupación menor	Anemocoria
Fabaceae	<i>Lonchocarpus aff. punctatus</i>	4	0	2	2	Arbusto	Nativa	No evaluada	Anemocoria /Hidrocoria

Malpighiaceae	<i>Mascagnia sp.</i>	4	0	3	1	Trepadora			Anemocoria
Fabaceae	<i>Indigofera sp</i>	4	0	4	0	Hierba			
Anacardiaceae	<i>Anacardium excelsum</i>	3	16	2	17	Árbol	Nativa	Casi amenazada	Zoocoria
Malpighiaceae	<i>Hiraea sp.</i>	3	0	0	3	Liana	-	-	
Fabaceae	<i>Inga sp. 4</i>	3	0	0	3	Árbol	-	-	Zoocoria
Fabaceae	<i>Faboideae Ind 1</i>	3	0	1	2				
Euphorbaceae	<i>Hura crepitans</i>	2	3	2	3	Árbol	Nativa	No evaluada	Autocoria
Fabaceae	<i>Machaerium arboreum</i>	2	0	0	2	Arbusto	Nativa	No evaluada	Anemocoria
Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i>	2	0	2	0	Árbol	Nativa	No evaluada	Zoocoria
Arecaceae	<i>Arecaceae sp.</i>	2	0	2	0	Palma	-	-	Anemocoria
Sapindaceae	<i>Paullinia sp.</i>	1	4	1	4	Arbusto	-	-	Zoocoria
Polygonaceae	<i>Triplaris cf. melaenodendron</i>	1	1	0	2	Árbol	Endémica	No evaluada	Anemocoria
Fabaceae	<i>Fabaceae Ind 4</i>	1	2	1	2				
Malvaceae	<i>Heliocarpus americanus</i>	1	1	0	2	Árbol	Nativa	No evaluada	Anemocoria
Annonaceae	<i>Annona sp. 2</i>	1	0	0	1	Árbol	-	-	Zoocoria
Urticaceae	<i>Cecropia engleriana</i>	1	1	1	1	Árbol	Nativa	No evaluada	Zoocoria
Fabaceae	<i>Erythrina sp.</i>	1	0	0	1	Árbol	-	-	Zoocoria
Moraceae	<i>Ficus insipida</i>	1	0	0	1	Árbol	Nativa	No evaluada	Zoocoria
Fabaceae	<i>Geoffroea sp.</i>	1	0	0	1	Arbusto	-	-	Zoocoria
Bignoniaceae	<i>Handroantus sp.</i>	1	0	0	1	Árbol	-	-	Anemocoria
Fabaceae	<i>Inga sp. 3</i>	1	0	0	1	Árbol	-	-	Zoocoria
Rosaceae	<i>Acaena elongata</i>	1	0	1	0	Hierba	Nativa	No evaluada	Autocoria
Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i>	1	0	1	0	Arbusto	Cultivada	Cultivada	Zoocoria
Fabaceae	<i>Mimosodeae 1</i>	1	0	1	0	Árbol			
Poaceae	<i>Paspalum cf. fimbriatum</i>	0	71	0	71	Hierba	Nativa	No evaluada	Anemocoria
Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i>	0	14	0	14	Árbol	Nativa	En Peligro	Anemocoria
Fabaceae	<i>Fabaceae Ind 2</i>	0	10	0	10				

Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i>	0	8	0	8	Arbusto	Nativa	Preocupación menor	Zoocoria
Moraceae	<i>Ficus sp. pequeño</i>	0	3	0	3	Árbol	-	-	Zoocoria
Passifloraceae	<i>Passiflora sp. 1</i>	0	3	0	3	Trepadora	-	-	Zoocoria
Fabaceae	<i>Piptadenia flava</i>	0	2	0	2	Arbusto	Nativa	No evaluada	Autocoria
Mellastomataceae	<i>Mellastomataceae ind 1</i>	0	2	0	2	Arbusto			
Annonaceae	<i>Annona sp 1</i>	0	1	0	1	Árbol	-	-	Zoocoria
Bombacaceae	<i>Bombacaceae sp.</i>	0	1	0	1	Árbol	-	-	Autocoria
Poaceae	<i>Paspalum sp.</i>	0	1	0	1	Hierba	-	-	Anemocoria
Poaceae	<i>Urochloa sp.</i>	0	1	0	1	Hierba	-	-	Anemocoria
Fabaceae	<i>Fabaceae Ind 3</i>	0	33	33	0				
Moraceae	<i>Ficus sp. 1</i>	0	23	23	0	Árbol	-	-	Zoocoria
Fabaceae	<i>Inga sp. 1</i>	0	1	1	0	Árbol	-	-	Zoocoria
<b>SUBTOTAL</b>		<b>375</b>	<b>318</b>	<b>291</b>	<b>402</b>				
Indeterminada	Indeterminadas	294	326	195	425	/	/	/	/
<b>TOTAL</b>		<b>669</b>	<b>644</b>	<b>486</b>	<b>827</b>				



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



Fecha 10 de junio-2021

**Comisión de Seguimiento Académico  
Maestría en Biología Integrativa de la  
Biodiversidad y la Conservación  
Presente**

Como integrante del jurado y después de haber evaluado la tesis titulada “**La dispersión de semillas por agua en el río Ranchería, bajo los efectos de una represa y la minería de carbón, en el bosque seco tropical de La Guajira, Colombia**” de la alumna **Daniela Alejandra Rátiva Gaona** con número de matrícula **10025181**, aspirante al grado de maestría en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, considero que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado. Por lo tanto, emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente

---

**Dra. María Rosario Rojas Robles**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



5 de agosto del 2021

**Comisión de Seguimiento Académico  
Maestría en Biología Integrativa de la  
Biodiversidad y la Conservación  
Presente**

Como integrante del jurado y después de haber evaluado la tesis titulada “**La dispersión de semillas por agua en el río Ranchería, bajo los efectos de una represa y la minería de carbón, en el bosque seco tropical de La Guajira, Colombia**” de la alumna **Daniela Alejandra Rátiva Gaona** con número de matrícula **10025181**, aspirante al grado de maestría en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, considero que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado. Por lo tanto, emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente  
Por una humanidad culta

**Dra. Cristina Martínez Garza\***

\* firmado electrónicamente



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

**CRISTINA MARTINEZ GARZA | Fecha:2021-08-05 18:58:20 | Firmante**

XlLcZnRxYlfb7u2tlfifrlwlvylLruYIDIEygyGP+17ddsTS1KR78eAPEAJDwmpGt4xcfb3DgXmO/Q0dsinVZH1UbSOgPzcbzKewpPmq/mqW9+S9vwPnZWouitclDWF2FzugVw00PJ  
Tvw2k6JFbqif1qrbox8pxM4szerlPsx8DuKx2EsJB7LyxKmp9DTglv4Um9PslMTbsilTMAj0wDtwUwQVLSHsoTxA7+ZCM3puqDutpTy0Noj5IHmF2YZN7EhI9zmSvErYtabws8U5Uq  
zL56p+C/q2uSfqj7k9ONuR/tx6DDJpcXCpFd3u4DB1mVvqB/wQ3TEDHDIK+oGgJuoQ==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o  
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



dNeBCS

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/5LIDTh934FwboITXqFJ6CBLwTqRtVFb5>





Cuernavaca, Morelos, 05 de agosto de 2021.

**Comisión de Seguimiento Académico  
Maestría en Biología Integrativa de la  
Biodiversidad y la Conservación  
Presente**

Como integrante del jurado y después de haber evaluado la tesis titulada “**La dispersión de semillas por agua en el río Ranchería, bajo los efectos de una represa y la minería de carbón, en el bosque seco tropical de La Guajira, Colombia**” de la alumna **Daniela Alejandra Rátiva Gaona** con número de matrícula **10025181**, aspirante al grado de maestría en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, considero que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado. Por lo tanto, emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente

---

**Dra. Elisabet Verónica Wehncke**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

**ELISABET VERONICA WEHNCKE** | Fecha:2021-08-06 09:07:26 | Firmante

tzFik30GUCR1gsmHvJsBKMPiyulCFT/BM/DKGP RNUFDmi19+yhINWU2TWBo8jqyK+yxGryDJ/Yem3vdm8gb4r2bSgG0xFzaUll4gLa/vpJKruZk7zL+flL2tlqz0J1A1hGI50Oh9BT  
pRyTo8FhfgR/erJBXCj9l5s3NPBINWvTT2YxaxFSfulVXZxuhMRYiOuiQsvyVNT0qhro4xRSRYwWI4p5l5xkAEsLAW4z0LvAaatq37yfEedjPg4RtB5nepf/9iAOkoWuPfkV8ch7wmXtU  
2Zhl58niJl0wKmxL4bz90JrtqSjr+1jBW1aQchuJUk8cMVZnn4GWJ1TXP9WNXA==

**MARIA MARCELA OSORIO BERISTAIN** | Fecha:2021-08-06 09:45:53 | Firmante

1wTOq1htPMM4C/eGQWYgt15xVnovemwEwsLQSZYlq6WWk6ackzBqVJIQ9WEfVOEou47C2IN2xeUQ8m6C83yhR7gw0YuSeEUuqxH74LsYsm27d436zwW6SE2RYTixAmYU  
cOg14axffz767pvMoQ/cmg8TiEv1sB67qloQw146DUnImRNRfNeQMWhZ37+IWHQ0S9HQEbAEN+EofK0wCTflm1+Cvfm5Uc3D494lFQXlPOiUkDuw3ZhGDtxhCRZebLXLY5Ywf  
fmpxyffBysbED4x1MvcEzLRVsJ0+fxOwjRVvQAXRu6xuMzIkERnKD7CB24P/P/17X3aMfPeGoBhL7AYrA==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o  
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



**KDfgYZ**

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/NZgVHJ7QMmAGVzLvhLoFslAc9s4WiEGa>





Cuernavaca, Morelos, 05 de agosto de 2021.

**Comisión de Seguimiento Académico  
Maestría en Biología Integrativa de la  
Biodiversidad y la Conservación  
Presente**

Como integrante del jurado y después de haber evaluado la tesis titulada “**La dispersión de semillas por agua en el río Ranchería, bajo los efectos de una represa y la minería de carbón, en el bosque seco tropical de La Guajira, Colombia**” de la alumna **Daniela Alejandra Rátiva Gaona** con número de matrícula **10025181**, aspirante al grado de maestría en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, considero que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado. Por lo tanto, emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente

---

**Dra. Marcela Osorio Beristain**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

**MARIA MARCELA OSORIO BERISTAIN** | Fecha:2021-08-06 09:47:00 | Firmante

9u4EuoctCbMWHXAG/EJTze+ijJ0lg7LZgrjuH4i5roHjyepGu3mFcAsD1YoZol/vxpwo47MvkzLeFKxPzf41Kc7pP9YTWPyypis1cuv5uhYnT9/YuvfLfbMdiJeg7tr1kypa5XYE9EKkx39PB8T+xWzkj+CSN+iUhrLnmetkQb8HreZR+lyQAqv4aAHASijFAepg5HbBF58OjdewyPtjGQWXLhonorYUqQ+9LZo2iSZ22RhbtS7VJg03wr+Bb5OdICC7H0E2LJIS6+ZA4CxSLrJ4n5ZUmyJND3KwYGeKdxm0B9AErsbQaCvW6XWGsKIYpeOfvmlB/tKiutUR+iCnhcQ==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[uP4kAe](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/tjo3q7WuaDtWUpLRKuUWpCFhMHvfwbsW>





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



6 de agosto de 2021

**Comisión de Seguimiento Académico  
Maestría en Biología Integrativa de la  
Biodiversidad y la Conservación  
Presente**

Como integrante del jurado y después de haber evaluado la tesis titulada **“La dispersión de semillas por agua en el río Ranchería, bajo los efectos de una represa y la minería de carbón, en el bosque seco tropical de La Guajira, Colombia”** de la alumna **Daniela Alejandra Rátiva Gaona** con número de matrícula **10025181**, aspirante al grado de maestría en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, considero que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado. Por lo tanto, emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente

---

**Dra. Néstor Mariano Bonigo**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

**NESTOR ALBERTO MARIANO BONIGO | Fecha:2021-08-06 19:57:52 | Firmante**

icvr+z6d9Ql6hX7MJy/lqcAB2nry5n+1mnmhtMjeNGatodnrGTGpA6GvFcSNFYilCxnFug+30F4MZRS0GxtNHWLArfPTZoxl2nFr63QnCSq8G02Agx9eF3Xu0ukJ4+cH/JTS1JJJe/lb  
BNeCOUZ1syOO8T6SSLZTKBcXEuop//chdh1yU7NMpt3AUv+nSS5kMjpCnxhGvG4E0ywpR/S34mhYW+TE67jx+X/NBPcCtxJ3tdW3KSsntNcmkt1v4unM62D2cvDdxwNurOZtV  
JvPxoaxUKygr6FeMKoVnN7FytSPCNlfeTh7NiZDS6KZntQEVI9jH+1sUxN4CmPzmMBQ==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o  
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[oztjbW](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/688CLakMj6ZOe2WCYPhSCLu8Sxn5y4WU>





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



24 de mayo del 2021

**Comisión de Seguimiento Académico  
Maestría en Biología Integrativa de la  
Biodiversidad y la Conservación  
Presente**

Como integrante del jurado y después de haber evaluado la tesis titulada “**La dispersión de semillas por agua en el río Ranchería, bajo los efectos de una represa y la minería de carbón, en el bosque seco tropical de La Guajira, Colombia**” de la alumna **Daniela Alejandra Rátiva Gaona** con número de matrícula **10025181**, aspirante al grado de maestría en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, considero que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado. Por lo tanto, emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente

**Dra. Patricia Valentina Carrasco Carballido**