

Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en áreas restauradas de la quebrada La Colorada, municipio de Villa de Leyva, Colombia¹

Diversity of aquatic macroinvertebrates in restored areas of La Colorada stream, in Villa de Leyva municipality, Colombia

Zulma E. Rocha G.², Luz A. Cuéllar R.³

Recibido: 8 marzo de 2018 Aprobado: 21 febrero de 2019

Resumen: La restauración ecológica es una alternativa orientada a la recuperación de ecosistemas, razón por la cual, es fundamental el seguimiento de esta estrategia en el tiempo, con el fin de establecer los posibles cambios sobre la estructura y función de áreas intervenidas. En este trabajo se evalúa la diversidad de macroinvertebrados acuáticos de la quebrada La Colorada, como elementos descriptores variables en un proceso de restauración ecológica realizado en zonas ronda hídrica del sistema, esto como estrategia, frente a la transformación de coberturas vegetales relacionadas con incendios forestales, turismo, colonización de plantas invasoras y bosques plantados de especies introducidas, entre otros, que afectan bienes y servicios ecosistémicos. Para comparar la composición y estructura de la comunidad de macroinvertebrados entre una zona

y otra sin restauración ecológica, en la quebrada La Colorada, Villa de Leyva, Boyacá, se establecieron cuatro estaciones en áreas de bosque andino influenciados por incendios forestales, dos de ellas con procesos de restauración ecológica y dos sin restauración ecológica, en las que se realizó el seguimiento de parámetros fisicoquímicos e índices bióticos. Para el análisis de resultados se calcularon los índices de Shannon-Weaver (H'), Simpson (D) y Equidad de Pielou (J'). Además, se registraron diferencias significativas en la composición y estructura de la comunidad bentónica asociada a las áreas restauradas y se determinaron tres clases, siete órdenes, quince familias y dieciocho géneros de macroinvertebrados, en comparación con: dos clases, cinco órdenes, siete familias y diez géneros en la zona control (sin restauración). Los taxa más abundantes fueron Basommatophora

¹ Artículo resultado de investigación.

² M.Sc. en Ingeniería Ambiental, programa de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Universidad de Boyacá, Tunja, Colombia. Correo electrónico: zerocha@uniboyaca.edu.co

³ PhD en Ciencias Biológicas, docente de tiempo completo de la Facultad de Ingeniería Ambiental, Universidad Santo Tomás de Aquino, Seccional Tunja, Boyacá, Colombia. Correo electrónico: luz.cuellar@usantoto.edu.co

(36 %), Hemiptera (17 %) y Tricladida (12 %). Las estaciones muestreadas mostraron una diversidad biológica moderada y una baja dominancia. Los valores más altos de diversidad se registraron en los sitios con procesos de restauración ecológica.

Palabras clave: restauración ecológica, índices bióticos, diversidad, zonas restauradas, zonas no restauradas

Abstract: The ecological restoration is an alternative oriented to the recovery of ecosystems, which is why it is essential to follow this strategy over time, in order to establish possible changes on the structure and function of intervened areas. In this work, the diversity of aquatic macroinvertebrates of the La Colorada stream was evaluated, as variable descriptive elements in an ecological restoration process carried out in the hydrological round zones of the system, this as a strategy, in front of the transformation of vegetation cover related to forest fires, tourism, colonization of invasive plants, planted forests of introduced species, among others, that affect ecosystem goods and services. To compare the composition and structure of the macroinvertebrate community between one zone and another without ecological restoration, in the La Colorada stream, Villa de Leyva, Boyacá, four seasons were established in areas of Andean forest influenced by forest fires, two of them with ecological restoration processes, and two without ecological restoration, in which the monitoring of physicochemical parameters and biotic indices was carried out. For the analysis of results, Shannon-Weaver (H'), Simpson (D) and Pielou's Equity (J') indices were calculated. Significant differences were registered in the composition and structure of the benthic community associated to the restored areas, determining three classes, seven orders, fifteen families, and eighteen genera of macroinvertebrates, in comparison with: two classes, five orders, seven families, and ten genera in the control zone (without restoration). The most abundant taxa were Basommatophora (36%), Hemiptera (17%) and Tricladida (12%). The stations sampled showed moderate biological diversity and low dominance. The highest values of diversity were registered in the sites with ecological restoration processes.

Keywords: ecological restoration, biotic indexes, diversity, restored areas, areas not restored

Introducción

La restauración ecológica se define como “el proceso de asistir la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado, o destruido” (Society for Ecological Restoration, 2004); se reconoce mundialmente como una importante actividad para generar esfuerzos de conservación que se orientan hacia estudios demográficos y genéticos con fauna silvestre (Young, 2000), revestimiento de degradación ambiental y moderación de alteraciones climáticas (Alexander *et al.*, 2011). Los estudios en restauración ecológica han avanzado rápidamente en términos de bases científicas y métodos de enseñanza teóricos y prácticos (Murcia y Guariguata, 2014; Ospina, Riss y Ruiz, 1999).

Aguilar y Ramírez (2016) mencionan que Colombia es uno de los países tropicales más comprometidos con este proceso y cuenta con avances importantes en el monitoreo de ciertas especies y grupos funcionales de especies, tanto vegetales como animales, para lograr un seguimiento significativo con un costo relativamente bajo. Al respecto, Vargas y Reyes (2011) manifiestan que el manejo de ecosistemas utilizando restauración ecológica toma fuerza cada día como una solución para revertir la degradación de ecosistemas y la pérdida acelerada de biodiversidad. Sin embargo, debido al alto grado de degradación que presentan muchas áreas, se han tomado otras acciones como la rehabilitación, la reclamación o reemplazo y la revegetalización.

Por su parte, Little y Lara (2010) asocian la restauración ecológica con la oferta de servicios ambientales, como la conservación de cuencas hidrográficas. También, otros estudios relacionan beneficios de la restauración sobre la recuperación de servicios ecosistémicos como mantenimiento de la diversidad biológica y mejoramiento de la fertilidad de suelos y de la capacidad productiva de diferentes ecosistemas (Meli, Rey, Balvanera y Martínez, 2014). En este sentido, uno de los sistemas naturales con potencialidad para llevar a

cabo procesos de restauración ecológica son los cuerpos de aguas, Lozano (2005) menciona que la interconectividad con el medio terrestre puede generar beneficios en los ecosistemas acuáticos.

De igual manera, Meli (2014) describe que la restauración ecológica restablece la biodiversidad y los servicios ecosistémicos de los ecosistemas ribereños y otros humedales del mundo. La biodiversidad muestra una excelente recuperación, aunque la magnitud de la recuperación depende del tipo de organismo evaluado. Los humedales restaurados suministran, en promedio, un 36% más de servicios de provisión, regulación y soporte que los humedales degradados.

Asimismo, en la experiencia de recuperación mediante restauración de bosques ribereños deforestados, descrita por Meli (2014), se correlacionan resultados de recuperación de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos de manera positiva. En este mismo sentido, Español (2015) menciona que la relación entre la biodiversidad y la funcionalidad de los ecosistemas presenta diferentes respuestas, entre las cuales se puede considerar que a mayor biodiversidad existe mayor funcionalidad del ecosistema, por esta razón, en la medida en que se puedan establecer indicadores funcionales en proyectos de restauración, se contribuiría a una mejor comprensión de la evolución y el estado de un ecosistema restaurado (Ludwig y Reynolds, 1988).

En el presente estudio se considera la evaluación de la diversidad expresada en diferentes índices bióticos, como herramienta integradora de variables bióticas y abióticas a lo largo del tiempo, expresadas en la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, teniendo en cuenta que cubren simultáneamente diversos hábitats y presentan adaptaciones ecológicas reconocidas de condiciones ecológicas. Los índices empleados con mayor frecuencia para el estudio de esta comunidad biológica son: Shannon-Wiener (H'), dominancia de Simpsons (D) y similitud de Jaccard (J) (Castellanos y Serrato, 2008).

Sobre contribuciones para evaluar procesos de restauración ecológica a partir del seguimiento de la diversidad biológica en cuencas hidrográficas, Rocha, Suárez y Cuéllar (2015) recomiendan hacerle seguimiento a la comunidad de macroinvertebrados por ser un grupo representativo en diferentes zonas de cuenca y por la alta sensibilidad a condiciones fisicoquímicas en el agua (Sajamí y Huamantínco, 2016).

Materiales y Métodos

Descripción del área de estudio.

Las estaciones definidas como E1 y E2 corresponden a zonas sin procesos de restauración ecológica en la zona de cuenca media de la quebrada, y las estaciones E3 y E4, a zonas con restauración ecológica en zonas de cuenca alta muestreadas en el año 2015. En la Tabla 1 se describe la ubicación y las principales características de cada estación de muestreo.

Tabla 1. Descripción y ubicación de estaciones de muestreo en la quebrada La Colorada

Estaciones de muestreo	Características del sitio	Coordenadas	
		N	O
E1	Zona de cuenca media, corriente rápida, sustrato pedregoso grande y medio, poca hojarasca, sin vegetación en zonas de ribera, presencia de pastos y bovinos.	5°38'44.81"	73°30'27.27"
E2	Zona de cuenca media, presencia de zonas de rápidos y lentos, sustrato pedregoso medio, poca hojarasca, con poca vegetación en zonas de ribera. Presencia de actividades antropogénicas.	5°38'46.74	73°30'26.16"

Estaciones de muestreo	Características del sitio	Coordenadas	
		N	O
E3	Zona de cuenca alta con corriente rápida y roca muy gruesa, presencia de árboles, arbustos y vegetación herbácea.	5°38'36.79"	73°30'22.56"
E4	Zona de cuenca alta con árboles, corriente rápida y roca muy gruesa, presencia de vegetación riparia y grandes árboles.	5°38'38.48	73°30'24.66"

Fuente: Elaboración propia

Muestreo y análisis.

Se llevaron a cabo dos eventos de muestreo, teniendo en cuenta la distribución de lluvias para el municipio de Villa de Leyva (IDEAM, 2013): el primero en el mes de febrero, en tiempo seco y el segundo en el mes de noviembre, en tiempo de lluvias. La toma de muestras de macroinvertebrados se realizó según metodología recomendada por Roldán (1992). Además, se definió un transecto de estudio de 100 metros en cada una de las estaciones. La captura de individuos se efectuó con una red Surber de 30 cm por cada lado puesta en contracorriente durante 15 minutos, realizando lavados de microhábitats bentónicos y con una mayor frecuencia en las zonas de rápidos, por ser las zonas más abundantes dentro del área de estudio; en cada estación de muestreo se recolectaron 10 alícuotas para integrar la muestra. Luego, el material recolectado en la red se lavó y tamizó para eliminar los excesos de hojarasca y rocas. Finalmente, se introdujo este material en viales rotulados y se fijaron en alcohol al 70 % para su posterior análisis en laboratorio. De otra parte, se analizaron parámetros fisicoquímicos *in situ* como pH, oxígeno disuelto, conductividad y temperatura. En cada estación de muestreo, mediante kit rápido de aguas de la marca Aqua Merck, se registraron *in situ* los parámetros de temperatura, pH, y conductividad, empleando una sonda multiparámetro portátil marca SCHOTT de la serie L1281022, y nitratos (NO_3), nitritos (NO_2), fosfatos (PO_4) y oxígeno disuelto.

En el Laboratorio de Biología de la Universidad de Boyacá se procedió a la limpieza y separación de los organismos. La identificación taxonómica se hizo utilizando las claves taxonómicas de Roldán (1996), Domínguez y Fernández (2009), Domínguez *et al.* (2006), Springer *et al.* (2010),

Epler (1986, 1996) y Guinard, Ríos y Bernal (2013). Las muestras de macroinvertebrados se colocaron en bandejas plásticas para la separación de los organismos, con la ayuda de un estereoscopio Nikon SMZ645; se observaron todas las muestras y se clasificaron hasta el nivel taxonómico de género. Posteriormente, el material fue etiquetado y depositado en la Colección de Entomología del Instituto de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt.

Para describir la comunidad de macroinvertebrados en las diferentes estaciones de muestreo se emplearon los índices bióticos de diversidad biológica de Shannon-Wiener (H'), de dominancia de Simpson (D) y de uniformidad de Pielou (J'), con el fin de analizar la composición de grupos en el periodo muestreado. Además, se aplicaron pruebas de normalidad de datos con el programa SPSS versión 19.

Resultados

Los rangos de las variables fisicoquímicas se presentan en la Tabla 1. El valor mínimo de temperatura del agua fue 17,5 °C y se registró para las estaciones 1 y 4, mientras el valor máximo registrado fue 18,4 °C para la estación 3. La concentración de oxígeno disuelto mínima (3,8 mg/l) se registró para la estación 1 y la máxima de 6,5 mg/l, para la estación 3. En los periodos muestreados del año 2015, el pH varió de 6,75 unidades a 7,1 y la conductividad entre 58,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la estación 2 a 66,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la estación 4.

En toda el área de estudio se encontraron en total 312 individuos de macroinvertebrados acuáticos. Mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk (Figura 1) se determinó que los datos

no siguen una distribución normal, por lo cual los análisis se realizaron con el total de organismos (suma de los organismos encontrados en cada una de las réplicas).

Tabla 2. Información fisicoquímica de la quebrada La Colorada

Parámetros analizados	Zona no restaurada		Zona restaurada	
	E1	E2	E3	E4
Temperatura (°C)	17,5	17,6	18,4	17,5
Nitritos (mg/l No ₂)	0	0	0	0
Nitratos (mg/l No ₃)	0	0,5	5,2	10
Oxígeno disuelto (mg/L)	3,8	4,1	6,5	5,7
Fosfatos (mg/l PO ₄)	0,12	0,20	0,5	0,5
pH	6,75	6,95	6,70	7,1
Conductividad (µS/cm)	58,4	58,2	65,2	66,1

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de caracterización de la comunidad béntica en los períodos muestreados estuvieron conformados por tres clases (Clitellata, Arachnida e Insecta); dentro de las cuales se identificaron siete órdenes, 23 familias, 26 géneros (Tabla 3), para un total de 26 morfotipos. La clase dominante fue Insecta. Del orden Diptera se obtuvo el 55,1 %, seguido de los órdenes Ephemeroptera y Trichoptera con un 26,9 % y 14,7 % respectivamente, de las abundancias relativas totales, los porcentajes de contribución de los otros grupos de macroinvertebrados fueron iguales o menores al 1 %.

En la Figura 2 se representa la estructura de la comunidad de macroinvertebrados a partir de la descripción de órdenes encontrados, correspondientes a lo descrito por Roldán y Domínguez (2008) en cuanto a los ambientes dulciacuícolas de alta montaña, donde los principales grupos característicos de estos sistemas son: Ephemeroptera, Plecoptera y algunos Trichoptera, Coleoptera y Diptera. De igual

manera, los valores de abundancia encontrados son similares a otros estudios en cuerpos de agua de alta montaña (Rodríguez *et al.*, 2007), aunque con un número menor de taxas.

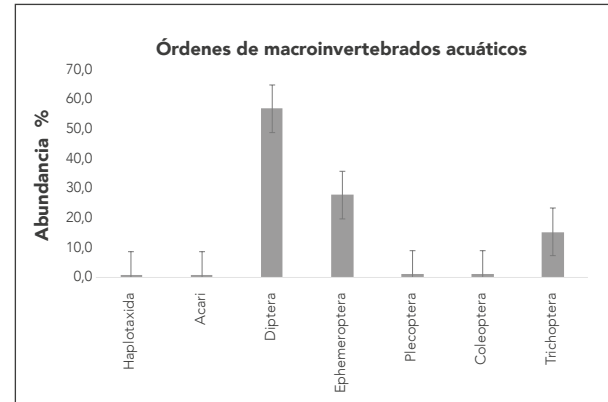


Figura 1. Órdenes de macroinvertebrados en zona restaurada
 Fuente: Elaboración propia

En la Figura 2 se observa que el orden más diverso es Diptera con 11 morfoespecies, alcanzando una representatividad del 52,30 % de los taxones, con respecto a las estaciones con una contribución porcentual de cada orden. El orden Diptera presentó la mayor abundancia con 1.068 individuos y entre los artrópodos el orden Diptera fue el más abundante con 990 individuos. Los valores de los parámetros de diversidad son presentados en la Tabla 3. En general, el número de taxones fue menor en la estación 1, presentó poca diferencia con relación a la estación 2 y fue considerablemente mayor en la estación 3. La variabilidad de la diversidad en la cuenca muestra que los valores más altos se encuentran en las áreas restauradas de la quebrada. El orden menos diverso es Plecoptera, esto probablemente en relación con las condiciones de hábitat tanto en zonas restauradas y sin restauración, en las cuales el aporte de material alóctono es bajo y según como reportan Sajamí y Huamantínco (2016) este grupo es común en microhábitats de hoja retenida en la corriente y grava, al igual que lo describen Castillo, Zúñiga y Bacca (2018). Los plecópteros han sido reportados en substratos pedregosos y arenosos, altas pendientes y corrientes rápidas, valores altos de oxígeno disuelto y correlaciones con buena y muy buena calidad del agua (Rosenberg, 1993; Merritt y Cummins, 2008).

Tabla 3. Parámetros de diversidad alfa

Fecha	Variable	Estación			
		E1	E2	E3	E4
MARZO	n	15	17	23	17
	H'	1,23	1,73	2,63	2,06
	λ	0,2	0,32	0,13	0,25
	J'	3,07	0,69	1,05	0,83
JUNIO	n	27	5	38	15
	H'	1,89	1,10	2,94	1,25
	λ	0,26	0,11	0,09	0,26
	J'	0,76	0,44	1,18	0,50
OCTUBRE	n	9	21	25	28
	H'	1,20	2,01	1,83	1,50
	λ	0,21	0,18	0,42	0,37
	J'	0,48	0,81	0,73	0,60
DICIEMBRE	n	11	13	28	30
	H'	1,37	1,77	1,80	2,35
	λ	0,25	0,24	0,25	0,18
	J'	0,55	0,71	0,72	0,94

Fuente: Elaboración propia

Los valores de diversidad presentan comportamiento similar a otras zonas de bosque andino, siendo por lo general valores medios o bajos (Roldán, 1992), debido a la poca disponibilidad de nutrientes e inicio de la estructura trófica en zonas montañosas, lo cual limita el desarrollo de las comunidades bentónicas, razón por la cual la mayor diversidad en las estaciones se puede asociar a mejores condiciones de hábitat. En este sentido, el Índice de Shannon (*Shannon index*) abreviado como "H", también conocido como índice de Shannon-Wiener o índice Shannon-Weaver (Alexander et al., 2011), expresa la uniformidad de los valores de importancia en todas las especies de la muestra, mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a qué especie pertenece un individuo escogido al azar de una colección (Peet, 1974; Magurran, 1988;

Baev y Penev, 1995), asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra y adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 1988).

Referente a los índices de dominancia y uniformidad (Shannon-Weaver), se observa que los organismos en las estaciones presentan una distribución similar con un 60 % y debido a los altos valores de diversidad (λ) encontrados en las estaciones se genera en ellas una baja dominancia (20 %) (Young, 2000). La mayor dominancia de individuos del orden Diptera se asocia con el taxón más dominante, Trichoptera, el cual, por algunas de sus características de tolerancia se puede encontrar en todos los ambientes dulceacuícolas.

En este sentido se han hecho varios estudios sobre la diversidad, la abundancia y la distribución altitudinal de larvas y su relación con la calidad del agua (Quintero y Rojas, 1987; LaRotta, 1989; Rincón, 1996, 1999; Ballesteros et al., 1997; Muñoz-Quesada et al., 2000; Mena y Muñoz-Q., 2000). En la actualidad, están registradas para Colombia un total de trece familias, 45 géneros y 210 especies válidas (incluyendo una subespecie), y sólo el diez por ciento de estos registros están publicados en diferentes revistas científicas (Muñoz-Quesada, 2000).

La menor dominancia de efemerópteros y plecópteros puede estar relacionada con la presencia de consumidores secundarios como la trucha arcoíris (Molineri, 2008). Sin embargo, se destaca la presencia del *Baetodes* sp., la segunda taxa con mayor abundancia (Ramírez y Viña, 1998).

Los especímenes comunes encontrados en las dos estaciones muestreadas representan, según Roldán (1996), condiciones de hábitat asociados a aguas limpias y rápidas con presencia de material autóctono. Además, presentan poca tolerancia a la contaminación orgánica y muestran diferencias significativas en cuanto a la presencia de macroinvertebrados asociados a las áreas restauradas (Español, 2015; Sorzano, 2011).

De acuerdo con Leiva (2004), los altos valores de diversidad "S" se relacionan directamente con un buen balance en las comunidades y con las condiciones del hábitat. Esto concuerda con los parámetros comunitarios analizados en el presente estudio, que indican comunidades estables.

Conclusiones

Podemos concluir que en general el sistema presentó una diversidad biológica moderada y una dominancia baja. Adicionalmente, los valores de similitud indicaron una alta variabilidad en la composición de especies entre estaciones (Aguilar y Ramírez, 2016).

Los resultados muestran diferencias significativas en la composición de la comunidad bentónica asociada a las áreas restauradas. En esta área se determinaron tres clases (Clitellata, Arachnida e Insecta), siete órdenes, 15 familias y 18 géneros

de macroinvertebrados, y en la zona control sin restauración se encontraron dos clases, cinco órdenes, siete familias y diez géneros. Los taxa más abundantes fueron Basommatophora (36 %), Hemiptera (17 %) y Tricladida (12 %).

Según Richards et al. (1993) se conoce que existe una relación directa entre el número de taxones y los tipos y variedad de sustratos, por lo general, los ríos con fondos arenosos o arenoso-limosos albergan pocas especies y ríos con muchos microhábitats, como rocantos y vegetación ribereña, tienden a aumentar la diversidad (Pintos et al., 1992; Chalar, 1994; Arocena, 1998; Boccardi, 2004). En este estudio, la diversidad de macroinvertebrados que se presentó es media o moderada con valores entre 1.10 y 2.63, lo cual se relaciona con estudios típicos de sistemas lóticos con poca intervención antrópica (Castellanos y Serrato, 2008), a pesar de los disturbios que ha presentado esta cuenca por la ocurrencia de incendios forestales Meli, 2014; Terneus, Racines y Hernández, 2011).

Dado lo anterior, es probable que la zona con restauración ecológica sea potencial de sustratos y que ofrezca una mayor superficie para el crecimiento de la biopelícula de la cual se alimentan diversos consumidores primarios; los sustratos dominados por hojarasca brindan una mayor disponibilidad de recursos para organismos fragmentadores, y presentan una alta riqueza de especies que permite sostener una mayor densidad de organismos (Burdet y Watts, 2009; Meza et al., 2012). Esto concuerda con lo observado en el presente estudio, donde los taxones más representativos fueron: Ephemeroptera (36 %), Amphipoda (17 %) y Coleóptera (12 %).

Lo anterior se atribuye, probablemente, a cambios en parámetros fisicoquímicos y variación de microhábitats generados por los procesos de restauración (Little y Lara, 2010). En general, el sistema presentó una diversidad biológica moderada y una dominancia baja. Los valores de similitud indicaron una alta variabilidad en la composición de especies entre estaciones. Los especímenes comunes de las dos estaciones presentan condiciones de hábitat asociados a aguas limpias y rápidas con presencia de material autóctono; además, poca tolerancia a la contaminación orgánica.

El análisis de los datos de similitud realizado a partir de la abundancia de las especies muestra mayor agrupación de las estaciones muestreadas en el primer ciclo de distribución de lluvias. En general, los valores de asociación reflejan baja asociación, probablemente por el cambio en la disponibilidad de hábitats a partir del proceso de restauración, las condiciones de sustrato y las características físico-químicas del sistema (Vargas, 2007).

El seguimiento a procesos de restauración ecológica mediante análisis de comportamiento de la diversidad en las diferentes comunidades biológicas que se presentan en un sistema, permite relacionar posibles cambios en sus condiciones, lo cual se considera una herramienta potencial para evaluar de manera integral los ecosistemas intervenidos, con el fin de mantener o recuperar su estructura y funcionalidad ecológica.

Referencias

- Aguilar, M. y Ramírez, W. (2016). Fundamentos y consideraciones generales sobre restauración ecológica para Colombia. *Biodiversidad en la Práctica*, 1(1), 147-176.
- Alba-Tercedor, J. (1996). Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. En IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA) Volumen II. Asociación Española de Entomología (pp. 203-213). Almería, España.
- Alexander, S., Nelson, C., Aronson, J., Lamb, D., Cliquet, A., Erwin, K. et al., (2011). Opportunities and challenges for ecological restoration within REDD. *Restoration Ecology*, 19(6), 683-689.
- Baev, P. y L. Penev. (1995). BIODIV: program for calculating biological diversity parameters, similarity, niche overlap, and cluster analysis. Versión 5.1. Pensoft, SofíaMoscow. 57 pp.
- Castellanos, P. y Serrato, C. (2008). Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en un nacimiento de río en el páramo de Santurbán, Norte de Santander. *Revista Académica Colombiana de Ciencias*, 32(122), 79-86.
- Castillo, G., Zúñiga, M. y Bacca, T. (2013). El orden Plecoptera (Insecta) del departamento de Nariño, Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 39(2), 229-236.
- Domínguez, E., Molineri, C., Pescador, M., Hubbard, M. y Nieto, C. (2006). Ephemeroptera de América del sur. *Biodiversidad Acuática en América Latina*. Vol. 2. Sofía, Bulgaria: PENSOFT Publishers.
- Domínguez, E. y Fernández, H. (2009). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología. Tucumán, Argentina: Fundación Miguel Lillo.
- Epler, J. (1986). Oukuriella, a new genus of Chironomidae (Diptera) from South America. *Entomologica Scandinavica*, (17), 157-163.
- Epler, J. (1996). New species of the Oukuriella (Diptera: Chironomidae) from Costa Rica. *Hydrobiologia*, (318), 3-11.
- Español, T. (2015). Biodiversidad y funcionalidad de ecosistemas acuáticos naturales y restaurados de la llanura de inundación del tramo medio del río Ebro. (Tesis doctoral). Universidad San Jorge, Facultad de Ciencias de la Salud. Villanueva de Gállego.
- Guinard, J., Ríos, T y Bernal, J. (2013). Diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos y calidad del agua de las cuencas alta y baja del río Gariché, provincia de Chiriquí, Panamá. *Gestión y Ambiente*, 16(2), 61-70.
- Ideam (2013). Tiempo y Clima. Clima/Seguimiento/ Climatológico Mensual/2013/10_Boletín_ Climatológico_Octubre.pdf.
- Little, C. y Lara, A. (2010). Restauración ecológica para aumentar la provisión de agua como un servicio ecosistémico en cuencas forestales del centro-sur de Chile. *Bosque*, 31(3), 175-178.
- Lozano, L. (2005). La bioindicación de la calidad del agua: importancia de los macroinvertebrados en la cuenca alta del río Juan Amarillo, cerros orientales de Bogotá. *Umbral Científico*, (7), 5-11.
- Ludwig, J. y Reynolds, J. (1988). *Statistical ecology: A primer on methods and computing*. New York: John Wiley and Sons.

- Magurran, A. (1988). Ecological diversity and its measurement. New Jersey: Princeton University Press.
- Meli, P. (2014). Restauración de la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas ribereños y otros humedales. Metaanálisis global y evaluación de especies útiles en el trópico húmedo mexicano. (Tesis doctoral). Universidad de Alcalá.
- Meli, P., Rey, J., Balvanera, P. y Martínez, M. (2014). Restoration Enhances Wetland Biodiversity and Ecosystem Service Supply, but Results are Context-Dependent: A Meta-Analysis. *Plos*. 9(4), 1-9.
- Merritt, R. y Cummins, K. (2008). An Introduction to the Aquatic Insects of North America. (4th ed.). Kendall Hunt Publishing Company.
- Murcia, C. y Guariguata, M. (2014). La restauración ecológica en Colombia. Tendencias, necesidades y oportunidades. Organización para Estudios Tropicales, Departamento de Biología, Universidad de La Florida, Estados Unidos. Centro para la Investigación Forestal Internacional.
- Ospina, T., Riss, W. y Ruíz, L. (1999). Guía para la identificación genérica de larvas quironómidos (Diptera: Chironomidae: Orthocladiinae) de la Sabana de Bogotá. *Caldasia*, 22(1), 15-33.
- Peet, R. (1974). The measurement of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, (5), 285-307.
- Ramírez, A. y Viña, G. (1998). Limnología colombiana: aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis. Bogotá: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Rocha G., Z., Suárez R., E. y Cuéllar R., L. (2017). Influencia de la restauración ecológica sobre la calidad fisicoquímica y biológica del agua, caso quebrada La Colorada. *Cuaderno Activa*, (9), 77-91.
- Roldán, G. (1992). Fundamentos de Limnología Tropical. Medellín, Colombia: Editorial Universidad de Antioquia.
- Rosenberg, D. y Resh, V. (1993). Introduction to Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates. In D. Rosenberg y V. Resh (Eds.), *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates* (pp. 1-9). New York: Chapman and Hall.
- Sajamí, J. y Huamantínco, A. (2016). Distribución espacial de Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera y Coleoptera (Insecta) en una quebrada de primer orden, bosque montano, Junín, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 23(2), 95-102.
- Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group (SER) (2004). The SER International Primer on Ecological Restoration. www.ser.org & Tucson: Society for Ecological Restoration International
- Sorzano, C. (2001). Regeneración reproductiva en un sitio abandonado e invadido por *Pteridium aquilinum* Kun. Implicaciones para la restauración. Reserva Biológica Cachalú. Encino, Santander, Colombia. (Trabajo de grado). Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias. Bogotá.
- Springer, M. (2010). Biomonitoring. En M. Springer, A. Ramírez y P. Hanson (Eds.). *Macroinvertebrados de agua dulce de Costa Rica I*. *Rev. Biol. Trop.*, 58(Suppl. 4), 53-59.
- Terneus, E., Racines, M. y Hernández, K. (2012). Evaluación ecológica del río Lliquino a través de macroinvertebrados acuáticos, Pastaza – Ecuador. *Universidad del Valle*, (16), 31-45.
- Vargas, O. (2007). Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque altoandino. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Biología.
- Vargas, O. y Reyes, S. (Eds.) (2011). La restauración ecológica en la práctica: Memorias I Congreso Colombiano de Restauración Ecológica y II Simposio Nacional de Experiencias en Restauración Ecológica. Bogotá, D.C., Colombia. Informe técnico. Bogotá: Grupo de Restauración Ecológica, Universidad Nacional de Colombia, Gente Nueva Editorial.
- Young, T. (2000). Restoration ecology and conservation biology. *Biological Conservation*, 92(1), 73-83.