Diversidad funcional del fitoperifiton en dos quebradas de un bosque seco en Honda (Tolima).

Estudiante
Juan Diego Rojas

Director(es)
Hilda María Palacio

Codirector(es)
Magnolia Longo
Esnedy Hernández

Trabajo de Grado
En la modalidad de *Investigación*

Programa de Biología
Universidad CES
Medellín
Mayo 2021

Diversidad funcional del fitoperifiton en dos quebradas de un bosque seco en Honda (Tolima).

Juan Diego Rojas

Resumen

***Introducción*.** El bosque seco tropical es uno de los ecosistemas más amenazado y menos estudiado, las quebradas intermitentes, de gran importancia en este, junto las comunidades que las componen, son aún menos estudiadas, este estudio busca encontrar cual es el efecto de la transformación y la pluviosidad del bosque seco tropical sobre las comunidades fitoperifíticas.
***Métodos*.** Se hizo raspado de superficies en dos quebradas, las muestras se almacenaron y se hizo el conteo de individuos para determinar su densidad en un microscopio invertido, también se determinaron caracteres morfológicos importantes de estos como organización celular, estructuras celulares y el tamaño, adicional se tomaron muestras de agua para analizar variables fisicoquímicas.
***Resultados*.** Estos ecosistemas están dominados por diatomeas pequeñas principalmente, sin embargo, también se encontró que fueron el grupo con más variedad de tamaño, en el potrero hay una codominancia de diatomeas junto con algas verdes, tanto filamentosas como coloniales, y tanto mucilaginosas como sin ningún rasgo estructural en ambas épocas, pero su presencia en la reserva fue casi nula, por otro lado, en la reserva, hubo una mayor presencia de cianobacterias, casi todas con aerótopos tanto en la época lluviosa como la seca, pero su densidad siempre fue una fracción de la de las diatomeas.
***Discusión y conclusiones*.** Los resultados concuerdan con la literatura, que dice que, en quebradas alteradas, hay un aumento en la densidad de las algas verdes, aunque se pensaba que serían las cianobacterias las más abundantes, también que en sequía se producen sucesiones ecológicas donde aumenta el número de especies e individuos. Aunque se pensó que en el potrero las quebradas serían eutróficas-mesotróficas, al igual que en la reserva fueron oligotróficas. Finalmente se recomienda hacer muestreo en las transiciones estacionales, diferenciación de sustratos e incluir la biomasa como una variable.

Palabras clave: microhábitat, mesohábitat, densidad.

Nota sobre formato del trabajo de grado

El siguiente trabajo se presenta como un artículo científico, formateado de acuerdo a las instrucciones para autores de la revista ***Caldasia***, las cuales se pueden consultar vía web en: https://revistas.unal.edu.co/public/journals/67/public/instruccionesautores.pdf (revisado el 11 de noviembre de 2020).

Diversidad funcional del fitoperifiton en dos quebradas de un bosque seco en Honda (Tolima).

Taxonomic and functional diversity of phytoperiphyton in natural and intervened areas of two dry forest streams in contrasting hydric conditions.

Juan Diego Rojas, Facultad de Ciencias y Biotecnología, Universidad CES, Medellín, Colombia.

Hilda Palacio, autora de correspondencia, Facultad de Ciencias y Biotecnología, Universidad CES, Medellín, Colombia.

Magnolia Longo, Grupo Limnología, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, Colombia.

Esnedy Hernández, Grupo GeoLimna, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

Título corto: Fitoperifiton en dos quebradas de Honda (Tolima).

RESUMEN

A pesar de su gran importancia ecológica y su alto grado de amenaza, el bosque seco tropical y las corrientes de agua asociadas son ecosistemas poco conocidos. Con esta investigación se buscó establecer el efecto de la transformación del bosque seco tropical y de la pluviosidad sobre las comunidades fitoperifíticas de corrientes intermitentes. El estudio de la estructura de la comunidad de algas perifíticas se realizó en dos quebradas ubicadas en el municipio de Honda (Tolima) durante un periodo seco (octubre 2018) y uno de lluvias (marzo 2019) en una zona de reserva y una de potrero. Se determinaron algunos caracteres morfológicos del fitoperifiton como organización celular, estructuras celulares y tamaño. Se registraron 165 morfoespecies de fitoperifiton, las bacilariofitas mostraron la mayor riqueza con 121 morfoespecies, seguidas de las clorofitas con 23

y finalmente, las cianofitas con 21 especies. En las zonas de potrero dominaron en general las algas verdes Mientras que, en las zonas de reserva, dominaron las diatomeas y se encontró una mayor densidad de cianobacterias, en su mayoría aquellas que presentaron aerótopos, tanto en las épocas de lluvias y como seca. Este trabajo aporta al conocimiento sobre la ecología del fitoperifiton de las quebradas intermitentes asociadas al bosque seco tropical y sobre la utilidad del uso de fitoperifiton como bioindicador en ecosistemas transformados y cambiantes.

Palabras clave: microhábitat, mesohábitat, densidad.

ABSTRACT

Key words: microhabitat, mesohábitat, density.

INTRODUCCIÓN.

En Colombia, la cordillera de los Andes se divide en tres ramales generando climas secos en los valles interandinos (Pizano *et al*. 2014) y áreas de bosque seco tropical (Bs-T). El bosque seco tropical se localiza a altitudes inferiores a 1000 msnm, la temperatura media anual alcanza 24ºC y la precipitación media anual fluctúa entre 1000 y 2000 mm. El Bs-T se caracteriza por fuertes periodos secos con niveles de precipitación mensual inferiores a 100 mm (Holdridge 1987). El Bs-T es el ecosistema más amenazado en Colombia, debido a la expansión de la frontera agrícola y en menor medida a la minería, la urbanización y el turismo y se ha reducido desde nueve millones de hectáreas en la época precolonial a solo 720 000 (el 8%) en la actualidad (Pizano *et al*. 2014).

Como resultado del régimen pluvial, en los bosques secos son frecuentes las corrientes intermitentes, que durante los periodos de lluvias se alimentan de la escorrentía superficial e incluso pueden presentar un régimen torrencial. En contraste, en las épocas secas se suele interrumpir el

flujo de agua en los cauces y se pueden formar pozas aisladas que actúan como reservorios de la biota (Williamson *et al.* 2015, Hernández 2018). Si el cauce de la corriente no está protegido de la radiación solar directa a través de la cobertura vegetal, estas pequeñas pozas se secan rápidamente. Como consecuencia de las alteraciones del régimen de lluvias asociadas al cambio climático es posible que los periodos secos se vuelvan más prolongados y cálidos y, por tanto, estos micro ecosistemas se pueden afectar severamente (Feng *et al*. 2013, Chadwick *et al*. 2015). Adicionalmente, las actividades antrópicas en las cuencas y las descargas de origen industrial y doméstico pueden deteriorar la calidad del agua.

La cantidad y la calidad del agua en las pequeñas corrientes superficiales están afectadas tanto por procesos a gran escala (incendios, tala y crecientes, entre otros) como a microescala en las cuencas hidrográficas. Estos últimos suelen ser subestimados debido a que las comunidades de microorganismos que suelen sobrevivir en los micro ecosistemas que se forman durante los periodos secos desempeñan funciones claves en el ecosistema al actuar como recurso trófico y ser responsables de la descomposición de la materia orgánica y de la remineralización de los nutrientes, especialmente el nitrógeno (Findlay 2010).

Entre la microbiota de los ambientes limnéticos de los Bs-T, el fitoperifiton está constituido por diferentes grupos de algas como diatomeas, algas verdes y cianobacterias asociados a diversos sustratos como hojarasca, roca y arena, entre otros (Bouchard et al. 2001). Debido a su condición sésil y a los cortos ciclos de vida el fitoperifiton puede responder rápidamente a cambios en las condiciones ambientales (Montoya y Aguirre 2008) y, en consecuencia, actuar como bioindicador de la calidad del agua (Wunsam *et al.* 2002, Hering *et al.* 2006, Roldán y Ramírez 2008, Hauer y Lamberti 2011).

En conjunto con la diversidad taxonómica, en las últimas décadas se ha empleado la ecología funcional para establecer la relación entre los cambios en las condiciones ambientales y las comunidades, así como los efectos de la biota sobre los ecosistemas. Con este fin, la ecología funcional propone el análisis de los rasgos morfológicos, fisiológicos o fenológicos que afectan la adaptación y el desempeño de una especie y que pueden potencializar la comprensión de la función de la biodiversidad (Owen *et al*. 2009, Laureto *et al*. 2015, Goswami *et al*. 2017). La disposición y frecuencia de los rasgos funcionales reflejan los mecanismos de los organismos y en particular del perifiton para responder a cambios en las condiciones ambientales, que son detectados por los grupos de especies con características frecuentes en una misma comunidad (Kruk *et al.* 2010).

Dado que el B s-T presenta periodos climáticos contrastantes y que además se registran diferencias en la cobertura vegetal como resultado de la deforestación (Pizano *et al*. 2014), es posible explorar a través de rasgos funcionales del fitoperifiton como el nivel organizacional, el tamaño, la forma y la presencia de atributos especiales como sílice, flagelo o mucílago diferencias en las estrategias adaptativas a las condiciones ambientales en corrientes localizadas en el Bs-T.

Las investigaciones en el Bs-T enfatiza en la vegetación y en la fauna de vertebrados (Mendoza 1999, Sánchez y Pérez 2008, Pizano *et al*. 2014) y prácticamente no se han explorado las comunidades hidrobiológicas y menos aún la microbiota (Montoya y Aguirre 2013). En la presente investigación se busca determinar el patrón funcional de algunos rasgos del perifiton en un sector protegido por la vegetación y en otro localizado en un área descubierta de dos corrientes localizadas en un bosque seco tropical en el Municipio de Honda (Tolima) durante un periodo seco y uno de lluvias. Para esto se planteó la siguiente pregunta: ¿Cuál es el efecto de la transformación del hábitat y de las condiciones hídricas sobre la diversidad funcional del fitoperifiton? En la zona desprotegida de vegetación se espera encontrar la mayor densidad de organismos y formas

coloniales dotadas con mucílago. Mientras la formación de colonias facilita la supervivencia, los mucilagos protegen los organismos contra las altas temperaturas y la radiación solar. De otro lado, se espera que en las zonas protegidas por la vegetación predominen organismos de mayor talla, unicelulares y ricos sílice, arreglo que puede darse en condiciones oligotróficas y oferta lumínica limitada. Entre períodos climáticos se espera encontrar diferencias entre las estrategias funcionales asociadas más a la densidad y el tamaño de los organismos que a la distribución de atributos especiales.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Área de estudio.

El estudio se desarrolló en la hacienda el Tambor en el municipio de Honda (Tolima) en una reserva natural de la sociedad civil, con código 026-14, y en una zona dedicada a la cría extensiva de ganado. Este Bs-T, se ubica entre los 318 y 425 msnm, la temperatura media anual alcanza 32ºC y el régimen de lluvias es bimodal con precipitación media anual de 1608 mm (Climate-Data.org s. f.). La hacienda tiene en total 6,007 Km^2, de los cuales 4,344 están destinadas a la conservación, 1.156 a agroecosistemas, 0,489 a zonas de amortiguación y trabajo especial, y 0.016 a uso intensivo e infraestructura (Resolución 020 del 17 de mayo de 2015).

El estudio se realizó en las quebradas El Tambor y Caimital que recorren un bosque conservado en la cuenca alta y una zona de potreros en la cuenca baja (Fig. 1). Los cuatro sectores fueron: Reserva 1: Ubicada en la quebrada El Tambor N 74°48’35,3’’, O 05°09’57,7’’, a 382 msnm. Potrero 1: Ubicada en la quebrada El Tambor N 74°47’25,6’’, O 05°10’43,4’’, a 295 msnm. Reserva 2: Ubicada en la quebrada Caimital N 74°47’34,2’’, O 05°11’03,2’’ a 312 msnm. Potrero 2: Ubicado en la quebrada Caimital N 74°47’26,0’’, O 05°11’02,6’’ a 249 msnm.

Los análisis de información geográfica se realizaron con el programa ArcMap versión 10.7.1 del conjunto de programas de ArcGIS 10.7.1. La capa donde se encuentran señalados los sectores de muestreo fue obtenida de Esri, Maxar, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, Aerogrid, IGN y la comunidad de GIS.

Muestreos.

Los muestreos se realizaron en octubre de 2018, el mes más lluvioso (≈280mm) y en marzo de 2019 (≈115mm) debido a la ausencia de agua en enero y febrero, no se tomaron en cuenta estos muestreos. En cada sector se seleccionaron cuatro microhábitats por quebrada con las siguientes características: cause con agua estancada expuesta a la radiación solar (pozo abierto), cause con agua estancada protegida de la radiación solar (pozo cerrado), cause con flujo de agua expuesto a la radiación solar (rápido abierto) y cause con flujo de agua protegido de la radiación solar (rápido cerrado). Estos microhábitats fueron seleccionados combinando el caudal del agua y la radiación, variables determinantes en el crecimiento del fitoperifiton, y buscando evitar comparaciones erróneas entre los diferentes mesohábitats (reserva/bosque y potrero) o periodos climáticos.

En cada sitio se midieron la temperatura ambiente (ºC) y la humedad (%) con un higrómetro, la intensidad lumínica (lm) con luxómetro y el caudal (m^3/s) mediante estimación de velocidad. Mediante celdas multiparamétricas se determinaron *in situ* la temperatura del agua (ºC), el pH (unidades), la conductividad (µS/cm), el oxígeno disuelto (mg/L) y la saturación (%) y turbidez (FTU). Los sólidos totales disueltos (TDS) y la salinidad (Sal) fueron cuantificados por medio de kits de análisis de aguas monoparamétricos Macherey-Nagel Visocolor HE y *alpha*, y también kits de pruebas y tiras monoparaméticas Hach. Adicionalmente, se tomaron muestras de agua para la determinación de nutrientes y se mantuvieron en refrigeración hasta su análisis en un laboratorio acreditado ante el IDEAM (Tabla 1).

En cada microhábitat se tomaron piedras del lecho bajo un cuadrante de 8 cm^2 y se rasparon con cepillos de dientes, este proceso se repitió 30 veces. Las muestras se fijaron en lugol y se almacenaron a temperatura ambiente en recipientes plásticos de 275 ml, hasta su análisis en el laboratorio de hidrobiología sanitaria de la Universidad de Antioquia.

Análisis de fitoperifiton.

El conteo del fitoperifiton se realizó mediante la observación de 30 campos al azar, en un microscopio invertido, usando una cámara de conteo Sedgewick Rafter de 1mL (Wetzel y Likens 1991) y los resultados se reportaron como individuos por centímetro cuadrado (Uehlinger 1964). Para la identificación de las taxa se emplearon las claves taxonómicas de Desikachary (1959), Bourrelly (1966, 1968), Prescott *et al.* (1982) y Ramírez (2000).

A cada morfoespecie se le midió tanto el largo como el ancho y a partir del promedio de las dos variables se generaron cuatro categorías: grande (largo y ancho > promedio), angosta (largo > promedio y ancho < promedio), ancha (largo < promedio y ancho > promedio) y pequeña (largo y ancho < promedio). Los morfotipos se agruparon según la organización celular en unicelulares, coloniales y filamentos, así como por la presencia/ausencia de rasgos como pared celular de sílice, mucílago y aerótopos (Kruk *et al*. 2010). El material colectado fue depositado en la Colección biológica de la Universidad CES (CBUCES-K).

Tratamiento de la información.

Para el cálculo de los índices de diversidad se empleó el programa estadístico Past4.01. Con el paquete ggplot2 (Wickham *et al*. 2016) del programa RStudio 3.6.2 se realizaron las figuras distribución de las abundancias.

La ordenación de las variables ambientales se hizo mediante un análisis de componentes principales (PCA). Previo a este abordaje las variables fueron estandarizadas ($\overline{x}$-min/máx-min) y transformadas a su raíz cuadrada ($\sqrt{x+1}$) (Guisande *et al.* 2006).

Los datos se ingresaron en dos matrices, una con las densidades del fitoperifiton y otra explicativa con las variables ambientales estandarizadas ($\overline{x}$-min/máx-min) y transformadas ($\sqrt{x+1}$). Este análisis se ejecutó en el programa CANOCO 4.5.

Debido a que los análisis preliminares de correspondencia sin tendencia (DCCA) mostraron longitudes superiores a 2,5 en el primer gradiente, se utilizó el análisis de correspondencias canónicas (CCA) como análisis de ordenación definitivo (ter Braak y Smilauer 2012).

La inclusión de las variables explicativas estadísticamente significativas en el CCA se determinó mediante selección "forward" e identificación de las variables con $\alpha<0.05$, según la prueba de Monte Carlo con 499 permutaciones. Para evaluar la multicolinealidad entre las variables explicativas se inspeccionaron los factores de inflación de la varianza (VIF), eliminando del modelo las variables con valores superiores a 20 (ter Braak *et al*. 1995). Los efectos y la contribución relativa de las variables significativas por selección "forward" y por la prueba de Monte Carlo, se estimaron por el procedimiento de partición de la varianza (Borcard *et al*. 1992). Estos análisis fueron ejecutados en el programa CANOCO para Windows versión 4.5.

RESULTADOS

Durante los muestreos la temperatura del aire varió entre 25 en la zona de reserva de la quebrada El Tambor (quebrada 1) en la época seca y 33 °C en el potrero de esta misma quebrada en el mismo periodo. La intensidad lumínica fluctuó ampliamente entre 26,53 lm en el sector de la reserva de la quebrada El Tambor en época seca (marzo) y 312 en el área de potrero de la quebrada Caimital.

La humedad relativa varió drásticamente entre 39,67% en el sector de potrero de la quebrada El Tambor durante el periodo seco y 84 % en la reserva de esta misma quebrada, en general, se evidenció una reducción de la humedad durante la época seca (Anexo 1).

Respecto a las variables físicas y químicas del agua, el caudal de las quebradas El Tambor y Caimital fue bajo y alcanzó un valor máximo de 0,25 m^3/s. Mientras durante el periodo de lluvias los caudales en el sector de potrero variaron entre 0,13 en El Tambor y 0,19 m^3/s en Caimital, en la reserva los valores se movieron desde 0,08 en El Tambor y 0,02 m^3/s en Caimital. Durante el periodo seco solo se midió el caudal en la reserva con valores entre 0,1 m^3/s en el Caimital y 0,25 m^3/s en El Tambor. La temperatura del agua varió considerablemente y presento valores entre 20,35 ºC en el sector potrero de la quebrada Caimital y 29,37 ºC en este mismo sector en El Tambor. El pH se mantuvo cerca de la neutralidad y fluctuó entre 6,47 Unidades en la zona de reserva de la quebrada El Tambor y 7,74 Unidades en este mismo microambiente. El oxígeno disuelto supero los 5,0 mg/L y se movió entre 5,08 mg/L en el área de potrero de la quebrada El Tambor y 8,26 mg/L en el área de potrero de la quebrada Caimital, los niveles de saturación del oxígeno disuelto superiores en todos los casos a 63% (Anexo 2).

Los valores de salinidad fueron muy bajos y no superaron 0,08 ppm, la conductividad osciló desde 75,17 µS/cm en la reserva de la quebrada El Tambor en el periodo de lluvias hasta 151,57 µS/cm en la reserva de la quebrada Caimital en la época seca, con una tendencia creciente durante este periodo. En contraste con la conductividad, la turbidez fue mayor en algunos casos en el muestreo de lluvias y vario entre 15,77 FTU en el sector de potrero de la quebrada El tambor en la época de lluvias y 30,09 FTU en la reserva de la quebrada el Caimital durante este mismo periodo.

Para las tres formas de nitrógeno (NH_3**,** NO_2, NO_3), así como para los sólidos suspendidos y volátiles la mayoría de las muestras no superaron los límites de cuantificación de los métodos

analíticos. El nitrógeno total se fluctuó entre <0,50 mg/L en el área del potrero de la quebrada El Tambor en el periodo de lluvias y 1,44 mg/L en el sector del potrero de la quebrada Caimital en la época seca. Mientras el fósforo total fluctuó entre 0,65 mg/L en la reserva de la quebrada El Tambor en el muestreo de lluvias y 0,95 mg/L en el sector del potrero en esta misma época, los ortofosfatos variaron entre 0,43 mg/L en el área del potrero de la quebrada El Tambor en la época de lluvias y 0,77 en la reserva de la quebrada Caimital en el muestreo de lluvias (Anexo 3).

En el periodo de lluvias el SiO_2 no supero el límite de cuantificación del método analítico y alcanzó una concentración máxima de 82,2 mg/L en el sector de la reserva de la quebrada Caimital. Mientas en dos casos la DBO_5 se mantuvo por debajo del límite de cuantificación del método analítico, en las restantes muestras alcanzo un valor máximo de 14,2 mg/L. Por su parte, la DQO se osciló entre 21,1 mg/L en el sector de la reserva de la quebrada El tambor en la época seca y 43,77 mg/L en el mismo sector de la quebrada Caimital en el periodo de lluvias. Los sólidos disueltos totales mostraron un incremento marcado en la época seca en los dos sectores y fluctuaron desde 58 mg/L en la reserva de la quebrada Caimital hasta 197,5 mg/L en la reserva de la quebrada El Tambor en la época seca. De otro lado, los resultados de la dureza indican aguas blandas con un valor mínimo de 1,5 mg/L en el área de la reserva de la quebrada Caimital en el periodo seco y un máximo de 27,5 mg/L en el sector de potrero de la quebrada El Tambor. Acorde a los valores de salinidad, los cloruros mostraron concentraciones bajas con valores entre 1,2 mg/L en los dos sectores de la quebrada Caimital en la época de lluvias y 7 mg/L en el área de potreros de la quebrada El Tambor. En las dos quebradas se encontraron concentraciones importantes de CO_2 en el periodo de lluvias y valores entre 1,76 mg/L en la reserva de la quebrada el tambor en el periodo seco y 21,12 mg/L en el sector de potrero de esta misma quebrada durante la época seca.

En el análisis de componentes principales (PCA) el primer componente explicó el 13,9% de la varianza acumulada y el segundo el 6% (Fig. 2). Mientras en la parte positiva del eje uno se agruparon los muestreos de la época de lluvia, en la negativa se ubican los del periodo seco. Además, se evidenció una fuerte separación de las variables fisicoquímicas hacia la derecha e izquierda de la figura. Aunque el eje dos mostró una dependencia de los mesohábitats, los muestreos de la época de lluvias del sector de los potreros se ubicaron en la parte positiva y los de reserva en la negativa. Por su parte, en el periodo seco la separación de mesohábitats fue relativamente homogénea.

En total se registraron 165 morfoespecies de fitoperifiton, las diatomeas con una longitud lineal máxima (LLM) inferior a 25 µm se agruparon como "naviculales con LLM inferior a 25 µm". En todos los mesohábitats y periodos climáticos las bacilariofitas mostraron mayor riqueza con 121 morfoespecies, también fueron importantes las cianofitas con 21 especies y las clorofitas con 23.

Aunque para la quebrada el Tambor la riqueza de bacilariofitas no se diferenció significativamente entre mesohábitats y entre épocas, fue levemente superior en el periodo de lluvias. En el sector del potrero la riqueza de clorofitas fue mayor en la época seca y durante el periodo de lluvias no se encontraron en la reserva. En contraste, en la reserva se observó una mayor riqueza de cianofitas y en los dos mesohábitats la riqueza de especies fue mayor en la época seca (**Fig. 3a**).

Mientras en el periodo seco la densidad de bacilariofitas fue mayor en las estaciones de la reserva, durante la época de lluvias la densidad fue ligeramente superior en el sector de los poteros. En el sector de los potreros las clorofitas fueron un poco menos abundantes que las bacilariofitas en la época de lluvia e igual de abundantes en la sequía. Por su parte, en la reserva las clorofitas fueron muy raras, en la época de lluvias no se encontraron y durante la sequía presentaron una baja

densidad. Las cianofitas mostraron una densidad baja y durante las lluvias fueron más frecuentes en el potrero, en la sequía la densidad fue mayor en la reserva (**Fig. 3b**).

Aunque se esperaba una riqueza similar en los dos mesohábitats en cada época climática, la diversidad de los órdenes cero, uno y dos para el fitoperifiton fue mayor en las zonas de potrero para ambas quebradas. Por otro lado, el periodo pareció no afectar el valor de la diversidad (Fig. 4). Mientras la diversidad de orden cero se mantuvo alrededor de 60 especies equivalentes, la diversidad de orden uno y dos mostraron valores por debajo de las diez especies equivalentes, mostrando una distribución de las abundancias poco homogénea y, por tanto, una fuerte dominancia. Mientras el número de especies fue similar en los dos muestreos y en las cuatro estaciones, la densidad experimento drásticos cambios en los mesohábitats.

Durante el periodo seco se presentó la mayor densidad de algas en los dos sectores y también en las zonas desprovistas de vegetación en las dos quebradas (**Anexo 4 y Anexo 5c**) y en El Caimital aparentemente se presentó una mayor densidad asociada a los pozos y a la mayor radiación (abierto) (**Anexo 5d-e**). Finalmente, la densidad no mostró ningún patrón ni entre las quebradas ni en el mesohábitat (**Anexo 5a-b**).

Para el rasgo organización, tanto entre mesohábitats como entre los regímenes pluviales los organismos unicelulares fueron el atributo dominante, seguido de los filamentos. No se encontró ningún patrón asociado al mesohábitat, debido a que mientras en la quebrada El Tambor los filamentos fueron considerablemente más comunes en la reserva, en El caimital fueron más abundantes en el sector de potrero. Tampoco se encontró un patrón asociado a la pluviosidad. En la quebrada El Tambor los filamentos fueron más comunes en el periodo seco, en la quebrada El caimital dominaron durante las lluvias. El atributo colonial presentó una relación leve con el

mesohábitat y con la pluviosidad, ya que en las dos quebradas se encontró la mayor densidad en los potreros y en la época seca (**Anexo 6**).

Para el rasgo estructura, tanto entre mesohábitats como entre los periodos climáticos, el atributo sílice fue dominante en las dos quebradas. El atributo mucílago no se relacionó con el mesohábitat, pero si con la pluviosidad ya que en las dos quebradas los valores de densidad fueron superiores en la época de sequía. El atributo aerótopos no se relacionó con el mesohábitat y mientras en la quebrada El tambor los grupos del fitoperifiton con aerótopos fueron más abundantes en la reserva, en la quebrada El caimital dominaron en el potrero. Con la pluviosidad los grupos con aerótopos presentaron una relación muy débil y en las dos quebradas la densidad fue ligeramente mayor en la época seca. La ausencia de atributos se relacionó con el mesohábitat y con la pluviosidad pues en las dos quebradas la densidad fue mayor en el potrero y en el periodo de lluvias (**Anexo 6**).

Al considerar el rasgo tamaño, los organismos pequeños dominaron en los dos mesohábitats y en los dos periodos climáticos y los demás atributos (robusto, angosto y grandes) no variaron en forma importante en el espacio y en el tiempo, presentando casi siempre morfoespecies raras (**Anexo 6**).

Los resultados del CCA mostraron que el primer eje puede explicar el 24,4% y el segundo el 0,8% de la variancia total (31.4%, p=0.002), lo que sugiere una correlación entre la densidad de las algas perifíticas y las variables ambientales medidas. A diferencia del PCA, el CCA no mostró agrupaciones por mesohábitat o por época. Para los atributos colonia y mucílago se observó una fuerte correlación positiva y a su vez, se correlacionaron positiva y débilmente con los organismos robustos y negativa y fuertemente con los organismos angostos. Según los resultados del CCA, los atributos colonia, mucílago y angostos se correlacionaron de forma positiva con variables como COT, ortofosfatos y turbidez principalmente, junto con humedad, iluminación, DQO, nitrógeno total y oxígeno disuelto.

El atributo robusto se correlacionó positivamente con la temperatura del aire, la dureza cálcica, los cloruros, la acidez de CO_2, el silicio total y el fósforo total. Los atributos unicelular y filamentoso se correlacionaron en forma positiva y fuerte con el sílice y con "ninguno" y un poco más débil con aerótopos. Todos estos cinco atributos se correlacionaron con los organismos pequeños, el sílice y filamentos también se correlacionaron con los organismos grandes. (**Figura 6**).

DISCUSIÓN

Es claro que hay una separación de las variables ambientales tanto por pluviosidad como por mesohábitat principalmente y que estas influyen en la presencia de morfoespecies y rasgos del fitoperifiton del lugar, por lo que su uso como bio-indicador del agua resultó apropiado en este trabajo.

El PCA reveló una distribución de las variables fisicoquímicas asociada principalmente a la pluviosidad y el mesohábitat. En los microhábitats no se encontraron diferencias entre las variables, debido a la corta distancia que los separa y a las pequeñas diferencias entre las quebradas, por tanto, se justifica plenamente su uso como repeticiones.

A pesar de que se esperaba una mayor diferencia de riqueza de cianobacterias entre las zonas de bosque y potrero, así como entre los periodos de lluvia y sequía, este patrón no fue observado. Aunque los máximos valores de temperatura y la radiación solar se cuantificaron en las estaciones localizadas en el potrero, la mayor riqueza de cianobacterias se encontró en la reserva debido posiblemente a que por su localización en la ladera de la montaña presenta en parte una geomorfología "step and pool" (Buffington y Montgomery 2013) en pozas de hasta 60 cm de profundidad y de agua turbia que favorecieron a las cianobacterias (Bonilla *et al.* 2009). Como se

previó, la riqueza de cianobacterias en el periodo seco fue mayor debido a la formación de pozas en el cauce y al aumento de la temperatura.

Dado que las diatomeas son frecuentes en quebradas de orden bajo y dominan en ambientes con períodos prolongados de perturbación (Lowe 1979, Biggs *et al*. 1998, Roldán y Ramírez 2008, Hauer y Lamberti 2011) la dominancia de este grupo tanto en riqueza como en abundancia, es común en este tipo de ambientes, como puede observarse en la **Figura 3**.

Se esperaba una mayor densidad de cianobacterias que de clorofitas en las estaciones localizadas en el potrero y en el periodo seco, debido a que las condiciones de mayor temperatura y concentración de nutrientes eran más favorables para las cianobacterias. No obstante, las clorofitas también proliferan a temperaturas altas entre 25 y 30ºC (Lurling *et al.* 2013, Paerl y Otten 2013) como se registraron en las dos quebradas en el sector del potrero. Mientras la disponibilidad de luz roja es un factor muy importante para las clorofitas, las diatomeas y las cianobacterias funcionan mejor en condiciones de luz verde o tenue (Masojídek *et al.* 2004, Roldán y Ramírez 2008). Esta podría ser la razón de la baja densidad de clorofitas en la reserva, pues la cobertura vegetal ejerce un fuerte efecto de sombra.

Si bien la diferencia de la densidad de las diatomeas en la reserva entre los periodos de lluvia y sequía podría asociarse a la disponibilidad de sílice, no es claro por qué en el potrero la densidad se mantuvo constante. Dado que las concentraciones de nutrientes fueron mayores en la reserva, no es posible atribuirles a estos la menor densidad de diatomeas en este sector en la época de lluvia y de esta forma, estos resultados se podrían relacionar con una mayor velocidad y turbidez del agua en la reserva en especial en el periodo de lluvias.

La mayoría de los morfotipos de cianobacterias encontradas presentaron aerótopos (estuvieron presentes en todos los géneros), estructuras típicas de hábitos planctónicos. Mientras en el sector de potreros el lecho arenoso facilita la formación de posas en el periodo seco, en la reserva las pozas son permanentes y este hecho podría estar relacionado con el patrón inverso en la densidad de cianobacterias. Finalmente, las desmídales, altamente sensibles a los nutrientes, tal vez deban su aparición en la sequía a la menor concentración de fósforo (Bailey 1867, Šťastný 2008, Štěpánková *et al.* 2012).

Es posible que el aumento del fitoperifiton en la época seca se deba principalmente al empozamiento del agua y el avance en la sucesión hacia una mayor riqueza y densidad, pues durante la época de lluvias las crecientes causan el desprendimiento de la microbiota desde el sustrato (Luttenton y Radal 1986, Robinson y Minshall 1986, Robinson y Rushforth 1987, Biggs *et al.* 1998).

Debido a la dominancia de las Naviculales con LLM inferior a 25 micras en los dos mesohábitats y épocas climáticas, se encontró que el atributo unicelular fue siempre dominante. Mientras entre los mesohábitats no se pudo encontrar un patrón para el atributo "filamentoso", el atributo colonial fue más común en el potrero. De otro lado, entre las dos épocas climáticas el atributo filamentoso no fue concluyente y el atributo colonial se relacionó posiblemente con la sequía. Las formas coloniales pueden competir más eficientemente que las formas unicelulares por la captación de recursos y, por tanto, son menos vulnerables a la depredación. Adicionalmente, la muerte de algunos individuos no significa la desaparición de la colonia, que por el contratio puede recuperarse rápidamente (Oleskin *et al.* 2000, Winston 2010). Como se señaló anteriormente, durante el periodo seco se generó un proceso de sucesión ecológica y algunas diatomeas coloniales de

morfología simple (como las *Fragilaria* encontradas) son producto de una sucesión tardía independientemente del grado trófico del sistema (Passy 2002).

Para el rasgo "estructura" se encontró una dominancia del atributo "sílice", debido a la dominancia de las naviculales con LLM de 25 micras y a la presencia de otras diatomeas en los dos mesohábitats y en las dos épocas climáticas. Contrario a lo esperado, para el atributo "mucílago" no se encontró ningún patrón entre los mesohábitats, pero sí entre las épocas climáticas debido a mayor densidad en la época seca como resultado posiblemente de la mayor presión de herbivoría sobre otras algas (Brunberg 1999, Sartoni *et al.* 2008). Además, es posible que el aumento del COT en la época seca, principalmente en el potrero, favoreció la aparición de organismos mucilaginosos (Decho y Herndl 1995). El atributo "aerótopos" no presento un patrón definido por mesohábitat o época climática y aparentemente, como se señaló anteriormente, se relacionó con la presencia de pozas. Mientras el atributo "ninguno" fue superior en el sector de potrero y se relacionó con la presencia de algas verdes, en el periodo de lluvias se relacionó principalmente con cianobacterias desprovistas de aerótopos, por lo que aparentemente no hay influencia sobre este atributo por parte de las variables fisicoquímicas.

Para el rasgo de "tamaño" observamos que independientemente de la época y del mesohábitat dominaron los organismos pequeños, ya que estos proliferan en ambientes sometidos a perturbaciones y oligotróficos, condiciones que se dan en ambos mesohábitats (Biggs *et al*. 1998).

El CCA mostró una clara relación entre algunos atributos de los diferentes rasgos y estos a su vez con las variables fisicoquímicas. De esta forma, podemos afirmar que las variables fisicoquímicas influenciadas por las condiciones del lugar y la época son las responsables de la presencia y abundancia de diferentes organismos y sus rasgos.

Si bien tanto el PCA como el CCA representaron entre el primer y segundo componente una variación inferior al 50%, en estudios de ecología existen muchas variables que no son medidas o qué no pueden ser controladas, incluyendo el alto número de variables fisicoquímicas que no superaron el límite de cuantificación de los métodos de análisis.

CONCLUSIONES.

Si bien el uso del suelo y la pluviosidad determinan la presencia de ciertos taxones y rasgos, no puede afirmarse que se aceptan completamente la hipótesis propuesta, pues la mayor variabilidad en la estructura de las comunidades se asoció a la composición y abundancia de las algas verdes y no a las cianobacterias como esperábamos.

No se cumplió la hipótesis de que las quebradas en el sector de potreros presentaban un mayor nivel eutrófico. Debido a que este es uno de los primeros acercamientos a la estructura y diversidad taxonómica y funcional del fitoperifiton en quebradas intermitentes asociadas a cambios en la cobertura boscosa, recomendamos que es necesario hacer un seguimiento más detallado a este tipo de ambientes, incluyendo tanto las transiciones entre las épocas, como el clímax de estas. Sugerimos tener en cuenta la diferencia entre los sustratos en los cuales puede encontrarse el fitoperifiton ya que pueden servir como filtro de que especies pueden encontrarse. También consideramos importante incluir el análisis de biomasa de las especies, pues esta refleja la distribución de la materia orgánica mejor que la densidad, y hacer una diferenciación entre los distintos sustratos, ya que estos pueden influenciar la biota que crezca en ese lugar.

PARTICIPIACIÓN DE AUTORES

JDR fue responsable de la colecta e identificación de las morfoespecies, análisis de resultados y escritura del documento, HMP fue responsable de la colecta, análisis de resultados y la revisión del

documento, ML fue responsable de la colecta, concepción, diseño y coordinación del proyecto, EH fue responsable de la colecta, concepción y diseño del proyecto, la identificación de morfoespecies y análisis estadísticos.

CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores declararon no tener ningún conflicto de interés.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a las personas vinculadas a la reserva El Tambor-Honda. Este trabajo hace parte del proyecto "Relaciones entre diversidad taxonómica y funcional de comunidades bióticas con condiciones hídricas contrastantes entre dos períodos hidrológicos en algunos ecosistemas lóticos intermitentes de los Andes", financiado la Dirección de Investigación, Creatividad e Innovación de la Universidad Jorge Tadeo Lozano. Gracias al Laboratorio de hidrobiología sanitaria de la Universidad de Antioquia, por su ayuda con el equipo necesario para la identificación de morfoespecies y conteo de organismos, la asesoría de este. Gracias a José Andrés Deosa de la Universidad de Antioquia y a Laura Castañeda de la universidad Jorge Tadeo Lozano, por su ayuda en el trabajo de campo. Gracias al profesor Pablo Andrés Guzmán y la profesora Estela María Quintero de la Universidad CES, por su ayuda con los análisis estadísticos. Gracias al profesor Andrés Arias, por su ayuda con los análisis cartográficos.

Figura 1. Área de estudio, los puntos representan los sectores muestreados.

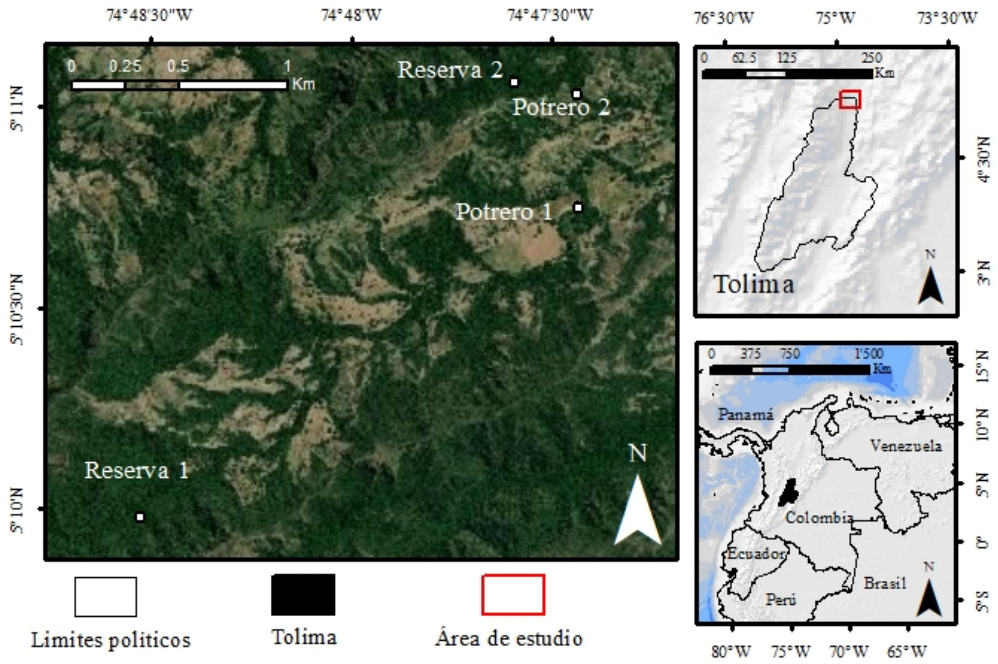


Tabla 1. Variables determinadas en laboratorio.

Variable	**Unidad**	**Referencia**	**Método**	**Límite de cuantificación**
Carbono orgánico total	mg/L	SM 5310 B	Anal. Elemental.	0,50
DBO_5	mg/L	SM 5210 B/ASTM D888	Electrofotometría.	2,10
DQO	mg/L	SM 5220 D	Espectrofotometría UV-VIS	10,00
Sólidos totales disueltos	mg/L	SM 2540 C / 180°C	Gravimetría	10,00
Sólidos totales en suspensión	mg/L	SM 2540 D /103-105°C	Gravimetría	10,00
Solidos volátiles	mg/L	SM 2540 E / 550°C	Gravimetría	10,00
Fosforo total	mg/L	EPA 200.7	ICP-OES	0,10
Nitrógeno amoniacal	mg/L	ASTM D6919 modificado	Cromatografía iónica	0,30
Nitrógeno total	mg/L	DIN EN 12260	Espectrofotometría UV-VIS	0,50
Fosfatos	mg/L	SM4110 modificado	Cromatografía iónica	0,10
Nitratos	mg/L	SM4110 modificado	Cromatografía iónica	0,30
Nitritos	mg/L	SM4110 modificado	Cromatografía iónica	0,03
Silicio total	mg/L	EPA 200.7	ICP-OES	0,40
Clorofila *a*	mg/L	SM10200 H	Espectrofotometría UV-VIS	0,013

Figura 2. Análisis de componentes principales (PCA) de las variables ambientales.

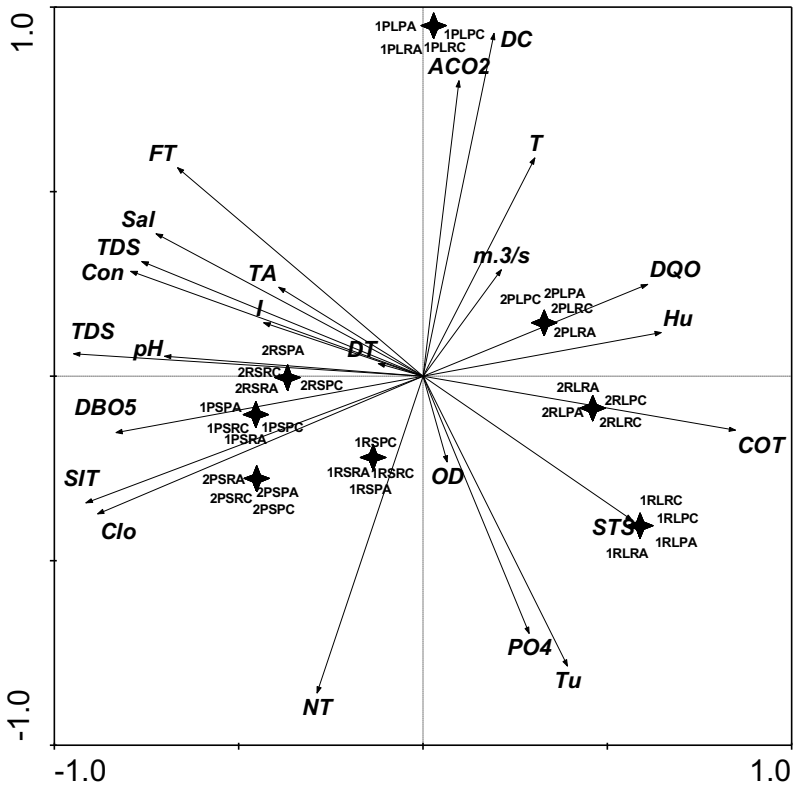


Figura 3. Riqueza (a) y distribución abundancias (b) del fitoperifiton de la época seca y de lluvias en la zona de potrero y reserva. Bacillariophyta (Ba), Chlorophyta (Chl), Cyanobacteria (Cya).

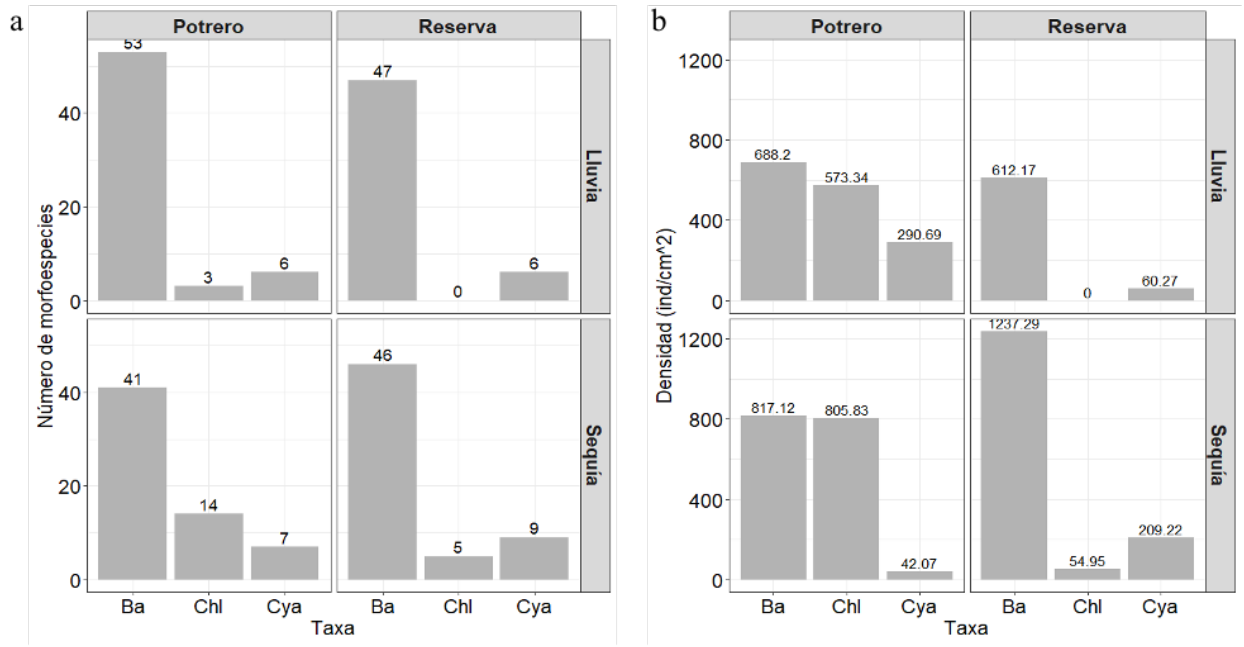


Figura 4. Índices de diversidad verdadera de orden q^0, q^1 y q^2

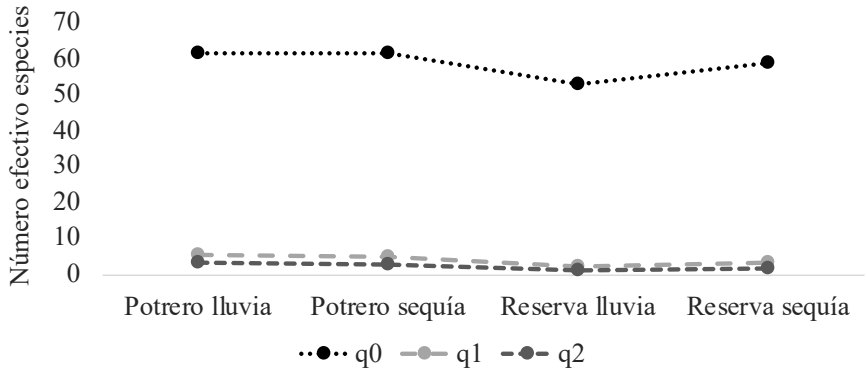
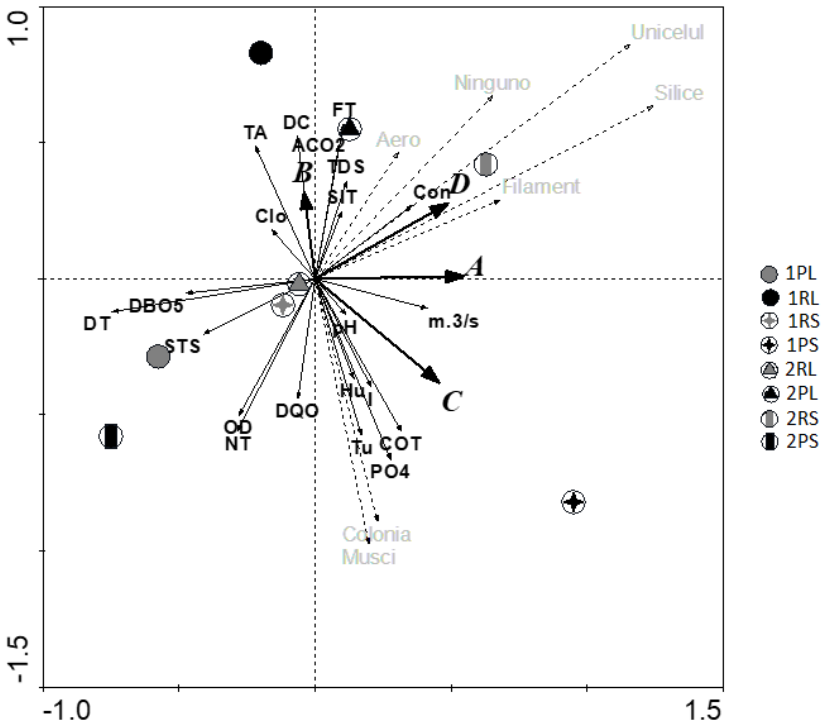


Figura 5. Análisis de correspondencias canónicas (CCA) de las variables ambientales.



LITERARUTA CITADA

Bailey-L. 1867. Desmids and Diatoms. The American Naturalist, 1(10), 505-517.

Biggs-B, Stevenson-R y Lowe-R. 1998. A habitat matrix conceptual model for stream periphyton. Archiv für Hydrobiologie, 143: 25-56.

Bonilla-S, Aubriot-L, Brena-B, Britos-A, Conde-D, Challar-G, De Leon-L, Fabre-A, Gabito-L, Gravier-A, Hein-V, Kruk-C, Pérez Baliero-M, Piccini-C, Rodríguez-G L y Vidal-L. 2009. Cianobacterias Planctónicas del Uruguay Manual para la identificación y medidas de gestión. Montevideo. Unesco. Programa hidrológico internacional para américa latina y el caribe (PHI-LAC).

Borcard-D, Legendre-P y Drapeau-P. 1992. Partialling out the Spatial Component of Ecological Variation. Ecology, 73(3): 1045-1055. Doi: https://doi.org/10.2307/1940179

Bouchard-R W, Anderson-J A y Hall-F. 2001. Description and protocol for two quantitative periphyton samplers used for multihabitat stream sampling. [Revisada en: 27 ago 2020]. http://cpcb.ku.edu/media/cpcb/datalibrary/assets/library/reportspresentations/periphyton.pdf

Bourrelly-P. 1966. Les algues d'eau douce. Initiation à La systématique. Tome I: Les Algues Vertes. Paris. Editions N. Boubee & Cie.

Bourrelly-P. 1968. Les algues d'eau douce: Initiation à la systématique. Tome II, p Les Algues jaunes et brunes. Chrysophycées, Phéophycées, Xanthophycées et Diatomées. Paris. Editions N. Boubée & Cie.

Brunberg-A K. 1999. Contribution of bacteria in the mucilage of Microcystis spp. (Cyanobacteria) to benthic and pelagic bacterial production in a hypereutrophic lake. FEMS Microbiology Ecology, 29(1): 13-22. Doi: https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.1999.tb00594.x

Buffington-J M y Montgomery-D R. 2013. Geomorphic classification of rivers. En J. Shroder & E. Wohl (Eds.), Treatise on Geomorphology; Fluvial Geomorphology. San Diego. Academic Press, 9: 730-767.

Chadwick-R, Good-P, Martin-G y Rowell-D P. 2015. Large rainfall changes consistently projected over substantial areas of tropical land. Nature Climate Change, 6: 177–181. Doi: https://doi.org/10.1038/nclimate2805

Climate-Data.org. sf. Clima Honda: Temperatura, Climograma y Tabla climática para Honda. Recuperado 23 de febrero de 2020, de https://es.climate-data.org/america-del-sur/colombia/tolima/honda-27472/

Decho-A y Herndl-G. 1995. Microbial activities and the transformation of organic matter within mucilaginous material. Science of The Total Environment, 165: 33-42. Doi: https://doi.org/10.1016/0048-9697(95)04541-8

Desikachary-T V. 1959. Cyanophyta. New Delhi: Indian Council of Agricultural Research.

Feng-X, Porporato-A y Rodriguez-I. 2013. Changes in rainfall seasonality in the tropics. Nature Climate Change. 6: 811–815. Doi: https://doi.org/10.1038/nclimate1907

Findlay-S. 2010. Stream microbial ecology. Journal of the North American Benthological Society, 29(1): 170-181. Doi: https://doi.org/10.1899/09-023.1

Goswami-M, Bhattacharyya-P, Mukherjee-I y Tribedi-P. 2017. Functional Diversity: An Important Measure of Ecosystem Functioning. Advances in Microbiology, 07(01): 82. Doi: https://doi.org/10.4236/aim.2017.71007

Guisande-C, Barreiro-A, Maneiro-I, Riveiro-I, Vergara-A, Vaamonde-A. 2006. Tratamiento de Datos. España: Diaz de Santos.

Hauer-F R y Lamberti-G. 2011. Methods in Stream Ecology. Third edition. Oxford: Academic Press.

Hering-D, Johnson-R K, Kramm-S, Schmutz-S, Szoszkiewicz-K y Verdonschot-P F. 2006. Assessment of European streams with diatoms, macrophytes, macroinvertebrates and fish: A comparative metric-based analysis of organism response to stress. Freshwater Biology, 51(9): 1757-1785. Doi: https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2006.01610.x

Hernández-A, Darixa-D. 2018. Seasonal variability in macroinvertebrate communities in paired perennial and intermittent streams in Costa Rica [Tesis] [Georgia]. University of Georgia. http://oatd.org/oatd/record?record=handle%5C%3A10724%5C%2F38369

Holdridge-L R. 1987. Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica: Agroamerica.

Kruk-C, Huszar-L M V, Peeters-E T H M, Bonilla-S, Costa-L, Lurling-M, Reynolds-C S y Sheffer M. 2010. A morphological classification functional variation in phytoplankton. Freshwater Biology, 55(3): 614-627. Doi: https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2009.02298.x

Laureto-L M O, Cianciaruso-M V y Samia-D S M. 2015. Functional diversity: An overview of its history and applicability. Natureza & Conservação, 13(2): 112-116. Doi: https://doi.org/10.1016/j.ncon.2015.11.001

Lowe-R L. 1979. Phytobenthic Ecology and Regulated Streams. En J. V. Ward & J. A. Stanford, The Ecology of Regulated Streams. Springer US. P. 25-34. Doi: https://doi.org/10.1007/978-1-4684-8613-1_3

Lurling-M, Eshetu-F, Faassen-E, Kosten-S y Huszar-V. 2013. Comparison of cyanobacterial and green algal growth rates at different temperatures. Freshwater Biology. 58: 552-559. Doi: https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2012.02866.x

Luttenton-M R y Radal-R G. 1986. Effects of disturbance on epiphytic community architecture. Journal of Phycology. 23(3): 320-326. Doi: https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.1986.tb00030.x

Masojídek-J, Koblížek-M y Torzillo-G. 2004. Photosynthesis in microalgae. Handbook of Microalgal Culture 1st ed. P. 20-40. John Wiley & Sons, Ltd. Doi: https://doi.org/10.1002/9780470995280

Mendoza-C H. (1999). Estructura y riqueza florística del bosque seco tropical en la región Caribe y el valle del río Magdalena, Colombia. Caldasia, 70-94.

Montoya-Y y Aguirre-N. 2008. Asociación de algas perifíticas en raíces de macrófitas en una ciénaga tropical colombiana. Hidrobiológica. 18(3): 189-198.

Montoya-Y y Aguirre-N. 2013. Estado del arte del conocimiento sobre perifiton en Colombia. Gestión y Ambiente. 16(3): 91-117. Doi: https://doi.org/10.15446/ga

Oleskin-A, Botvinko-I y Tsavkelova-E. 2000. Colonial organization and intercellular communication in microorganisms. Mikrobiologiia. 69: 309-327. Doi: https://doi.org/10.1007/BF02756730

Owen-L P, Eoin-J O y Dan-F B F. 2009. A functional guide to functional diversity measures. Oxford: University Press.

Paerl-H y Otten-T. 2013. Harmful Cyanobacterial Blooms: Causes, Consequences, and Controls. Microbial ecology. 65: 995-1010. Doi: https://doi.org/10.1007/s00248-012-0159-y

Passy-S. 2002. Environmental randomness underlies morphological complexity of colonial diatoms. Functional Ecology. 16: 690-695. Doi: https://doi.org/10.1046/j.1365-2435.2002.00671.x

Pizano-C, Cabrera-M, García-H y Isaacs P. 2014. Memoria técnica para la verificación en campo del mapa de bosque seco tropical en Colombia. Escala 1:100.000. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos "Alexander von Humboldt" – Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá, Colombia. [Revisada en: 23 nov 2019]. http://www.humboldt.org.co/images/documentos/pdf/investigacion/gonzalez-m-et-al-2014-memoria-tecnica-verificacion.pdf

Pizano-C, González-R, García-H, Isaacs-P, González-M F, Piñeros-P y Ramírez-W. 2014. Bosques secos tropicales en Colombia. [Revisada en: 23 nov 2019] http://www.humboldt.org.co/en/research/projects/developing-projects/item/158-bosques-secos-tropicales-en-colombia

Prescott-G W, Bicudo-C E de M y Vinyard-W-C. 1982. A Synopsis of North American Desmids: Part II: Desmidiaceae: Placodermae Section 4. Nebraska: University of Nebraska Press.

Ramírez-J. 2000. Fitoplancton de agua dulce: Bases ecológicas, taxonómicas y sanitarias. Primera edición. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia.

Resolución Número 020. Mediante la cual se declara Reserva Natural de la Sociedad Civil a la reserva "EL TAMBOR", Honda, Tolima, Colombia, 17 de mayo de 2015.

Robinson-C T y Minshall-G W. 1986. Effects of disturbance frequency on stream benthic community structure in relation to canopy cover and season. Journal of the North American Benthological Society. 5(3): 237-248. Doi: https://doi.org/10.2307/1467711

Roldán-G y Ramírez-J J. 2008. Fundamentos de limnología neotropical. Segunda edición. Editorial Medellín: Universidad de Antioquia.

Sánchez-L C y Pérez-T J. (2008). Uso de hábitat de carnívoros simpátricos en una zona de bosque seco tropical de Colombia. Mastozoología neotropical. 15(1): 67-74.

Sartoni-G, Urbani-R, Sist-P, Berto-D, Nuccio-C y Giani-M. 2008. Benthic mucilaginous aggregates in the Mediterranean Sea: Origin, chemical composition and polysaccharide characterization. Marine Chemistry. 111(3): 184-198. Doi: https://doi.org/10.1016/j.marchem.2008.05.005

Šťastný-J. 2008. Desmids from ephemeral pools and aerophytic habitats from the Czech Republic. Biologia. 63(6): 888-894. Doi: https://doi.org/10.2478/s11756-008-0138-4

Štěpánková-J, Hašler-P, Hladka-M y Poulíčková-A. 2012. Diversity and ecology of desmids of peat bogs in the Jeseníky Mts: Spatial distribution, remarkable finds. Fottea. 1(12): 111-126. Doi: https://doi.org/10.2478/s11756-008-0139-3

ter Braak-C J y Verdonschot-P F M. 1995. Canonical correspondence analysis and related multivariate methods in aquatic ecology. Aquatic Sciences. 57(3): 255-289. Doi: https://doi.org/10.1007/BF00877430

ter Braak-C J y Smilauer-P. 2012. Canoco reference manual and user's guide: Software for ordination, version 5.0. Ithaca: Microcomputer power.

Uehlinger-V. 1964. Etude statistique des methodes de denombrement planctonique. 17(2): 121–233. Doi: https://doi.org/10.1002/iroh.19650500319

Wetzel-R G y Likens-G E. 1991. Limnological Analyses. Third edition. New York: Spring-Verlag. P.15-30.

Wickham-H, Chang-W y Wickham-M H. 2016. Package 'ggplot2'. Create Elegant Data Visualisations Using the Grammar of Graphics. 2(1): 1-189. https://cran.r-project.org/web/packages/ggplot2/ggplot2.pdf

Williamson-T N, Agouridis-C T, Barton-C D, Villines-J A y Lant-J G. 2015. Classification of Ephemeral, Intermittent, and Perennial Stream Reaches Using a TOPMODEL-Based Approach. JAWRA Journal of the American Water Resources Association. 51(6): 1739-1759. Doi: https://doi.org/10.1111/1752-1688.12352

Winston-J E. 2010. Life in the Colonies: Learning the Alien Ways of Colonial Organisms. Integrative and Comparative Biology. 50(6): 919-933. Doi: https://doi.org/10.1093/icb/icq146

Wunsam-S, Cattaneo-A y Bourassa-N. 2002. Comparing diatom species, genera and size in biomonitoring: A case study from streams in the Laurentians (Québec, Canada). Freshwater Biology. 47(2): 325-340. Doi: https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.2002.00809.x

Anexo 1. Variables ambientales medidas en las quebradas El Tambor y Caimital en octubre de 2018 y marzo de 2019.

Muestreo	Periodo	Quebrada	Hábitat	Temperatura ambiente (°C)	Intensidad lumínica (lm)	Humedad (%)
Octubre	Lluvias	Tambor	Potrero	30.33	163.90	74.67
		Caimital	Potrero	26.85	312.00	84.50
		Tambor	Reserva	28.03	114.27	79.33
		Caimital	Reserva	27.10	26.53	83.00
Marzo	Seco	Tambor	Potrero	33.03	193.33	39.67
		Caimital	Potrero	30.45	305.00	58.50
		Tambor	Reserva	25.60	69.07	84.00
		Caimital	Reserva	28.70	155.17	68.33

Anexo 2. Variables fisicoquímicas del agua medidas *in situ*.

Periodo	Hábitat	Quebrada	Caudal (m^3/s)	Temperatura (°C)	pH (Unidades)	O_2 disuelto (mg/L)	Saturación oxigeno (%)	Conductividad (µS/cm)	Salinidad (ppm)	Turbidez (FTU)
Lluvia	Potrero	Tambor	0,13	29,37	6,84	6,08	86,67	104,00	0,06	15,77
		Caimital	0,19	25,35	7,07	6,68	84,30	98,85	0,06	27,09
	Reserva	Tambor	0,08	24,70	6,47	7,20	95,37	75,17	0,04	27,19
		Caimital	0,02	24,38	6,76	5,73	72,05	86,70	0,05	30,09
Sequia	Potrero	Tambor		24,30	6,98	5,08	63,97	102,30	0,06	21,10
		Caimital		20,35	7,40	8,26	93,90	118,95	0,07	20,35
	Reserva	Tambor	0,25	22,67	7,74	7,89	98,20	96,07	0,05	27,73
		Caimital	0,10	28,43	7,15	7,18	84,57	151,57	0,08	22,57

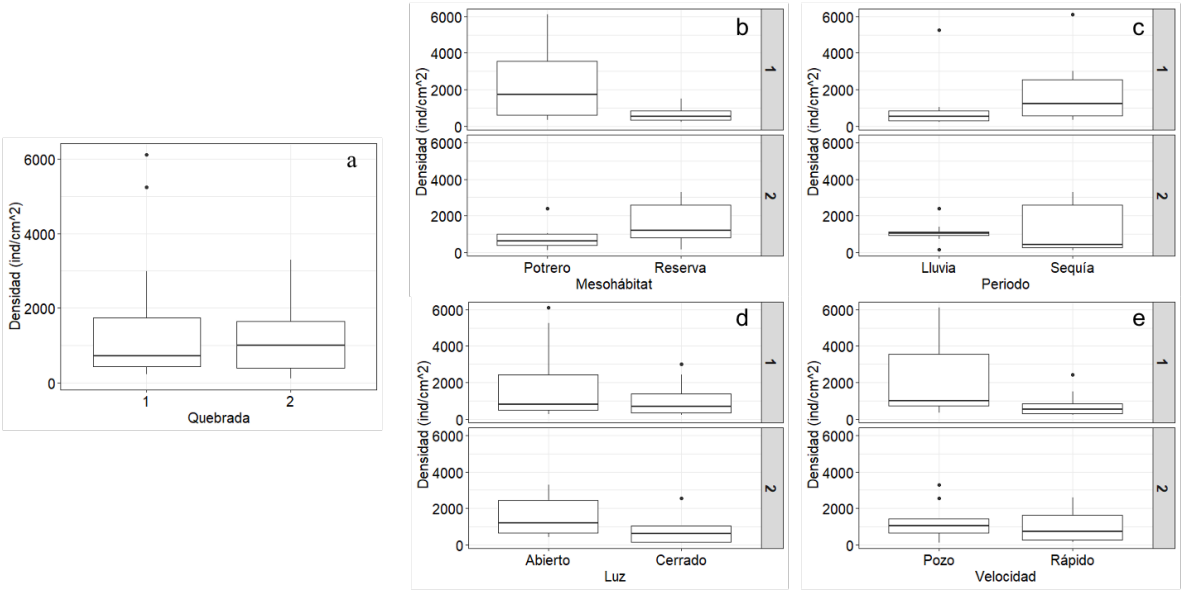
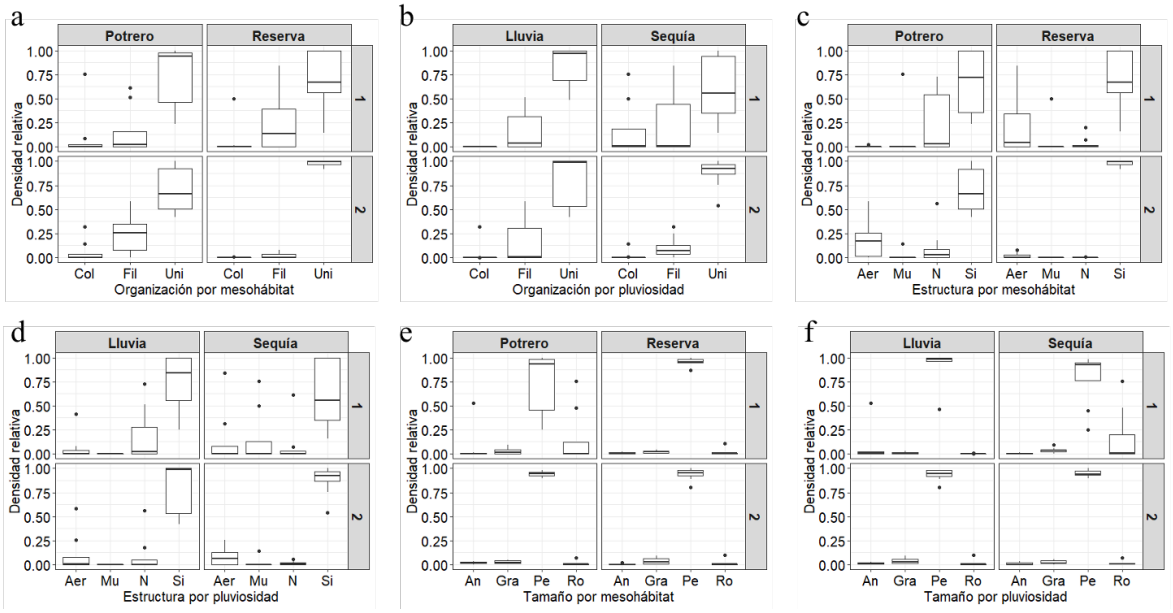
Anexo 3. Variables fisicoquímicas del agua determinadas en laboratorio.

Periodo	Hábitat	Quebrada	Nitrógeno total (mg/L)	NH_3 (mg/L)	NO_2 (mg/L)	NO_3 (mg/L)	Fosforo total	PO_4 (mg/L)	SiO_2 (mg/L)	COT (mg/L)	DBO_5 (mg/L)	DQO (mg/L)	SDT (mg/L)	Dureza total	CO_2 (mg/L)	Cloruros (mg/L)
Lluvia	Potrero	Tambor	<0,500	<0,30	<0,30	<0,30	0,95	0,435	<0,40	4,86	4,08	34,43	112,0	27,5	21,12	
		Caimital	0,684	<0,30	<0,30	<0,30	0,75	0,742	<0,40	13,6	<2,10	38,10	86,0	7,5	8,70	1,20
	Reserva	Tambor	0,691	<0,30	<0,30	<0,30	0,65	0,640	<0,40	8,47	2,45	27,10	58,0	20,0		
		Caimital	0,704	<0,30	<0,30	<0,30	0,79	0,774	<0,40	14,00	<2,10	43,77	60,0	9,0	11,44	1,20
Sequia	Potrero	Tambor	0,662	<0,30	<0,30	<0,30	0,80	0,583	61,90		5,99	14,1	195,6	20,0	8,80	7,00
		Caimital	1,440	<0,30	<0,30	<0,30	0,87	0,619	59,20		14,20	32,77	168,9	50,0	2,64	4,90
	Reserva	Tambor	0,796	<0,30	<0,30	<0,30	0,77	0,513	29,10		5,85	21,10	197,5	10,0	1,76	2,90
		Caimital	0,878	<0,30	<0,30	<0,30	0,93	0,616	82,20		5,77	20,77	196,8	1,5	2,64	2,45

Anexo 4. Densidad del ficoperifiton encontrado en las zonas de potrero y reserva durante las épocas de lluvia y sequia en las quebradas el Tambor y Caimital.

Género	Potrero				Reserva			
	Luvia		Sequia		Luvia		Sequia	
	Tambor	Caimital	Tambor	Caimital	Tambor	Caimital	Tambor	Caimital
Achnanthes		4.2		12.4			40.6	4.2
Amphipleura		30.1	4.2	23.0	12.5	29.3	18.8	163.2
Amphora		2.9				12.6		16.7
Chaetophora			20.9				102.5	41.8
Chlorococcales	3811.1	775.6	71.1				288.7	
Cladophora				12.6				
Closterium							5.9	
Coconeiss						16.7		
Cosmarium				4.2				
Eudorina			4530.6					
Eunotia	8.4			2.1				
Fragilaria		2.9	205.0				29.3	8.4
Gomphonema	2.1	33.7	4.2	4.2	6.3	16.7	8.8	12.6
Gyrosigma					6.3		15.1	
Lyngbya	8.4						184.5	
Merismopedia				61.3				
Familia Naviculacea				4.2				4.2
Orden Naviculales	2536.0	2496.2	5174.9	937.6	1153.5	3380.2	1483.4	7760.2
Nitzschia	25.9	25.9	8.4	7.0	19.4	58.6	48.9	62.8
Orden Nostocales			75.3	50.2				
Oedogonium			159.0	4.2				
Oscillatoria	117.1	837.5		110.1	381.8		870.1	347.2
Pinnularia	180.7	145.2	129.8	11.8	93.2	75.3	53.1	66.9
Pseudoanabaena		50.2		39.7	79.4	20.9	14.6	54.4
Pseudophormidium	548.0	764.3						
Rivularia							202.9	
Stauroneis		4.2	4.2					4.2
Synedra		7.1	4.2			8.4	2.9	
Terpsinoe						8.4	10.5	83.7
Ulothrix			1644.1					

Anexo 5. Densidad de organismos por quebrada (a), mesohábitat (b), periodo (c), ilumunación (d) y velocidad de la corriente (e). Quebrada El Tambor (1) y Caimital (2).



Anexo 6. Densidad relativa de los rasgos morfológicos (a - b) y funcionales (c-f) según el mesohábitat y el periodo. Colonia (Col), filamento (Fil), unicélula (Uni), aerótopo (Aer), mucílago (Mu), ninguno (N), sílice (Si), angosto (An), Grande (Gra), pequeño (Pe) y robusto (Ro).