

**TIPOLOGÍA DE RÍOS DE COLOMBIA BASADA EN GRADIENTES
AMBIENTALES Y LA ESTRUCTURA DEL ENSAMBLE DE DIATOMEAS**

YASMIN PLATA DÍAZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE BIOLOGÍA
MAESTRIA EN BIOLOGIA
BUCARAMANGA
2016**

**TIPOLOGÍA DE RÍOS DE COLOMBIA BASADA EN GRADIENTES
AMBIENTALES Y LA ESTRUCTURA DEL ENSAMBLE DE DIATOMEAS**

YASMIN PLATA DÍAZ

Trabajo de grado para optar al título de Magister en Biología

Director

Dr. Hans Wolfgang Riss

Muenster University, Alemania

Codirector

Dra. Silvia Estela Sala

Universidad Nacional de La Plata, Argentina

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE BIOLOGÍA

MAESTRIA EN BIOLOGIA

BUCARAMANGA

2016

A CA y AC, los soles que me acompañan en este viaje.

AGRADECIMIENTOS

- A Astrid Lorely Pimiento Rueda del Instituto Colombiano del Petróleo por el préstamo de la base de datos para la realización de la presente investigación.
- A mis directores Silvia Sala y Wolfgang Riss, por el acompañamiento y apoyo total durante este recorrido.
- A los profesores Böern Reu y Mauricio Torres, por las sesiones de discusión.
- A los biólogos Giovani Espinel, Hernando Ovalle y todo el equipo de biólogos del Laboratorio de Biotecnología-ICP, por el trabajo en campo.
- A todos los evaluadores del escrito, por sus observaciones que ayudaron a mejorarlo.

CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN.....	16
1. OBJETIVOS	19
1.1. OBJETIVO GENERAL	19
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
2. HIPÓTESIS	20
3. MARCO REFERENCIAL	21
3.1. LOS RÍOS Y SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN.....	21
3.2. DIATOMEAS: PATRONES DE DISTRIBUCIÓN Y FORMAS DE VIDA	22
4. DISEÑO METODOLÓGICO	27
4.1. ÁREA DE ESTUDIO Y SELECCIÓN DE LAS UNIDADES.....	27
4.2. MUESTREO Y TRATAMIENTO DE LAS MUESTRAS.....	29
4.3. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	31
5. RESULTADOS	36
5.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA E HIDROGEOMORFOLÓGICA DE LOS RÍOS ESTUDIADOS.....	36
5.2. COMPOSICIÓN DE LOS ENSAMBLES	42
5.2.1. Composición taxonómica.	42
5.2.2. Composición Funcional.....	44
5.3. PATRONES DE DISTRIBUCIÓN DE LOS ENSAMBLES Y CONCORDANCIA DE LAS ORDENACIONES	49

5.3.1. Matriz taxonómica.....	49
5.3.2. Matriz funcional.....	53
5.4. VARIABLES AMBIENTALES IMPORTANTES PARA LOS ENSAMBLES TAXONÓMICO Y FUNCIONAL	56
5.5. PROPUESTA PARA UNA CLASIFICACIÓN DE RÍOS DE COLOMBIA.....	58
6. DISCUSIÓN.....	66
6.1. COMPOSICIÓN DE LOS ENSAMBLES Y PATRONES DE DISTRIBUCIÓN	66
6.2. DETERMINANTES AMBIENTALES EN LA DISTRIBUCIÓN DE LOS ENSAMBLES.....	69
6.3. TIPOS DE RÍOS	72
7. CONCLUSIONES.....	73
BIBLIOGRAFÍA.....	74
ANEXOS	86

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1 Listado de las unidades de estudio con sus respectivos códigos, número de corrientes y puntos de muestreo.....	29
Tabla 2 Límites de significación biológica para las variables fisicoquímicas con datos extremos. Lmax: Límite máximo, Lmin: Límite mínimo, según literatura.....	32
Tabla 3. Análisis de componentes principales- Correlación entre las variables y los factores.....	40
Tabla 4 Especies significativas en el modelo envfit- Pcoa- y porcentajes de ocurrencia en el estudio. p=0 (***), p= 0.001 (**), p= 0.01 (*), p= 0.05 (.).....	52
Tabla 5. Rasgos significativos en el modelo envfit- Pcoa. Pr: Probabilidad, significancia (Sign): p=0 (***), p= 0.001 (**), p= 0.01 (*), p= 0.05 (.), p=1().	55
Tabla 6 Test de Mantel entre las matrices de similitud de los ensambles y la distancia fisicoquímica, hidrogeomorfológica y ambiental. Test de Mantel parcial entre los ensambles y la matriz ambiental teniendo como covariable (Cov) la distancia espacial (Altitud/Coordenadas) y viceversa.	57
Tabla 7. Valores de Inercia e importancia de los componentes en el PCoA constreñido para los ensambles taxonómico y funcional.	57
Tabla 8 Resumen de las principales variables que inciden en la estructura de los ensambles de diatomeas-PCoA constreñido. N.S: No significativa, *** p<0.05.	59

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo en cada una de las unidades de estudio con los códigos asignados para el análisis. Zonas en color: Cuencas Sedimentarias ANH. LLA: Llanos orientales, CAG-PUT: Caguán-Putumayo, VSM: Valle Superior Magdalena, VMM: Valle Medio Magdalena, VIM: Valle inferior Magdalena, CAT: Catatumbo	28
Figura 2 Esquema de análisis propuesto para el desarrollo del presente estudio .	34
Figura 3. Variables fisicoquímicas en cada una de las regiones estudiadas.	39
Figura 4. Análisis discriminante de componentes principales para las variables fisicoquímicas. La elipse engloba el 90% de los datos.....	40
Figura 5 Variables hidrogeomorfológicas en cada una de las regiones estudiadas- valores presentados en porcentajes-MOG1: Materia orgánica gruesa 1, MOG2: Materia orgánica gruesa 2, MOF: Materia orgánica fina-ver descripción en metodología.	41
Figura 6. Análisis de coordenadas principales de las variables hidrogeomorfológicas. Las flechas representan los variables significativos ($p \leq 0.001$) resultado de la función envfit.	42
Figura 7 Abundancia relativa promedio a nivel de familias en cada una de las regiones estudiadas.....	43

Figura 8 Riqueza de especies por región. * Regiones con un solo muestreo.....	44
Figura 9. Análisis de varianza de la composición taxonómica entre las regiones de estudio, excepto ROC_VOR_PAT_CAU y RCOR_VOR, con un solo muestreo. ..	44
Figura 10 Distribución de la abundancia relativa de los rasgos en las regiones estudiadas. Mobile: Móviles; Teratology; Teratológicas; Pioner: Pioneras; Adnate: Adnadas, Pad: Almohadillas de mucílago; Stalk: Pedunculadas; M.Col.Tubule: Colonias en tubos de mucílago, Filament.Col: Colonia filamentosa; Rosset.Col: Colonias en roseta; Ribbon.Col: Colonias acintadas; Stellate.Col: Colonias estrelladas; Arbuscular.Col: Colonias arbusculares.	46
Figura 11. Abundancia de cuatro especies con formas teratológicas en cada una de las regiones estudiadas. Gola: Gomphonema lagenula, Maca: Mayamaea cahabaensis, Nipal: Nitzschia palea, Eosub: Eolimna subminuscula.	48
Figura 12 Análisis de varianza de la composición funcional entre las regiones de estudio, excepto ROC_VOR_PAT_CAU y RCOR_VOR, con un solo muestreo. ..	48
Figura 13 Riqueza funcional por región. * Regiones con un solo muestreo.	49
Figura 14. Análisis de coordenadas principales del ensamble de diatomeas a nivel taxonómico. Las flechas representan las especies significativas ($p_{max}=0.001$) (función envfit). Ver Anexo 1 para listado de acrónimos de las especies	51
Figura 15 Análisis de coordenadas principales del ensamble de diatomeas a nivel funcional. Las flechas representan los rasgos significativos ($p_{max} = 0.001$) (función envfit). Ver Figura 10 para listados de rasgos.	54

Figura 16. Análisis de ordenación para las variables hidrogeomorfológicas y los rasgos de diatomeas asociados (envfit). Rasgos en rojo $p < 0.05$.) Ver Figura 10 para listados de rasgos.....55

Figura 17. Porcentaje de varianza explicado por la matriz biológica, ambiental y espacial en el PCoA constreñido para los ensambles taxonómico y funcional.....58

Figura 18 Análisis de agrupamiento (distancia euclídea, complete linkage) con las variables hidrogeomorfológicas. AU (en rojo): valores p “approximately unbiased”; BP (verde): probabilidad bootstrap “bootstrap probability”.60

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Listado de Especies Finales con sus Respectivos Acrónimos	86
Anexo B. Continuación. Listado de especies finales consideradas en el estudio con acrónimos y formas de vida.	90
Anexo C. Listado de los puntos de muestreo, acrónimos y unidades hidrológicas correspondientes.	94

RESUMEN

TÍTULO: TIPOLOGÍA DE RÍOS DE COLOMBIA BASADA EN GRADIENTES AMBIENTALES Y LA ESTRUCTURA DEL ENSAMBLE DE DIATOMEAS*

AUTOR: YASMIN PLATA DÍAZ**

PALABRAS CLAVE: DIATOMEAS, RASGOS, DISTRIBUCIÓN, RÍOS, TROPICAL, HIDROGEOMORFOLOGÍA.

DESCRIPCIÓN:

En Colombia, los estudios de diatomeas han sido analizados desde escalas locales sin haberse estudiado desde un enfoque funcional ni a escala de país. En el presente estudio analizamos los patrones de distribución de las diatomeas a gran escala y cuantificamos la importancia de las variables que determinan dichos patrones. Adicionalmente, probamos si la distribución de diatomeas desde una matriz funcional resulta en patrones coincidentes con los obtenidos al usar una matriz taxonómica. Los monitoreos fueron realizados entre 2007-2011 y comprenden 139 muestras, 97 ríos y 377 taxa, con información de altitud, coordenadas geográficas, fisicoquímica e hidrogeomorfología de 9 regiones de Colombia. Los patrones de distribución de los ensambles a nivel taxonómico y funcional fueron analizados mediante un PCoA utilizando test de rotación *Protest* para comparar su correspondencia. Las variables ambientales predictoras de la composición taxonómica y funcional, fueron identificadas mediante un PCoA-constreñido. Tanto a nivel taxonómico como funcional, el porcentaje de varianza explicado por las variables ambientales fue mayor que el explicado por la geografía, lo que sugiere que los ensambles de diatomeas en ríos de Colombia muestran un fuerte control local por las condiciones del hábitat y no exhiben una estructura espacial fuerte. La funcionalidad en los ríos estudiados está determinada por la geomorfología y la hidráulica mientras que la composición taxonómica por la geoquímica (Sílice) y la hidráulica. La alta congruencia de las ordenaciones taxonómica y funcional sugiere que los rasgos funcionales constituyen una métrica apropiada para estudios de biomonitoreo en Colombia. La hidrogeomorfología representó un filtro ambiental de primer orden, las variables fisicoquímicas (Sólidos suspendidos y Sílice) actúan en segundo orden y la altitud en un tercer orden. En diferentes regiones del país están presentes 4 tipos de ríos que fueron delimitados teniendo en cuenta las variables que inciden en la composición taxonómica y funcional.

* Tesis de Maestría

** Facultad de Ciencias. Escuela de Biología. Director: Wolfgang Riss

ABSTRACT

TÍTULO: TIPOLOGÍA DE RÍOS DE COLOMBIA BASADA EN GRADIENTES AMBIENTALES Y LA ESTRUCTURA DEL ENSAMBLE DE DIATOMEAS*

AUTOR: YASMIN PLATA DÍAZ**

PALABRAS CLAVE: DIATOMS, TRAITS, DISTRIBUTION, STREAMS, TROPICAL, HIDROGEOMORFOLOGY.

DESCRIPCIÓN:

In Colombia, studies of diatoms have been analyzed from local scales without having studied from a functional approach or country level. In the present study we analyzed the distribution patterns of large-scale diatoms and quantified the importance of the variables that determine such patterns. In addition, we tested whether the distribution of diatoms from a functional matrix results in matching patterns with those obtained by using a taxonomic matrix. Monitoring was conducted between 2007 to 2011 and comprise 139 samples, 97 rivers and 377 taxa, with altitude information, geographical coordinates, physical chemistry and hydrogeomorphology of 9 regions of Colombia. The distribution patterns of assemblages to taxonomic and functional level were analyzed using a PCoA and rotation test-Protest to compare his correspondence. Environmental predictors of taxonomic and functional composition, were identified by a PCoA-constrained. Both taxonomic and functional level, the percentage of variance explained by environmental variables was greater than that explained by geography, suggesting that assemblages diatoms in rivers of Colombia show a strong local control by habitat conditions and do not exhibit strong spatial structure. The functionality in the rivers studied is determined by the geomorphology and hydraulics while the taxonomic composition geochemistry (silica) and hydro. The high consistency of taxonomic and functional ordinations suggests that functional traits are an appropriate metric for biomonitoring studies in Colombia. The hydrogeomorphology represented an environmental filter of the first order, the physico-chemical variables (suspended solids and silica) act in second order and third order altitude. In different regions 4 types of rivers that were defined taking into account the variables that affect the taxonomic and functional composition are present.

* Master Thesis

** Facultad de Ciencias. Escuela de Biología. Director: Wolfgang Riss

INTRODUCCIÓN

Los ríos representan la integración compleja de factores físicos, químicos y biológicos del paisaje, en los cuales actúan diversos factores ambientales a diferentes escalas espaciales y temporales (Allan, 1995). La estructura ecológica de estos sistemas se ve amenazada por la magnitud y extensión de modificaciones antrópicas que desacoplan los ríos de su paisaje natural, alteran las interacciones físicas y químicas en escalas del paisaje y afectan los patrones y procesos biológicos (Pringle & Triska, 2000). Una manera de entender la complejidad estructural y funcional de los ríos es la realización de estudios descriptivos de sus atributos bióticos, geológicos y ecomorfológicos, que permitan determinar patrones ecológicos.

Para comprender la diversidad de los sistemas lóticos se han propuesto diversas clasificaciones que incluyen descriptores abióticos (Sistema A y B Water Framework Directive) dentro de ecoregiones (Omernik & Griffith, 1991); descriptores bióticos (Wright et al., 1984); combinación de factores bióticos y abióticos (Pan et al., 2000) e hidrología (Poff et al., 1990). El punto que todos estos análisis tienen en común es que constituyen una forma de distinguir y fraccionar la variabilidad espacial natural (Omernik & Griffith, 1991; Sandin & Verdonchot, 2006).

La estructura y funcionamiento de las comunidades están determinados por la organización, estructura y dinámica del hábitat (Frissell et al., 1986). Por lo tanto, para entender sus patrones de distribución, se requiere que las especies sean descritas en términos de sus rasgos funcionales para diferentes características del hábitat, las cuales pueden ser definidas en diferentes escalas (Poff, 1997).

Las diatomeas son un excelente grupo para caracterizar los ríos con miras a proponer una clasificación, debido a su sensibilidad especie-específica a las condiciones del hábitat, expresada en una alta variabilidad en la composición de especies (Stevenson et al., 1999). Así mismo, las diatomeas constituyen una de las comunidades más representativas de los ríos debido al papel fundamental que juegan en las redes tróficas, siendo un eslabón imprescindible en los ciclos biogeoquímicos (Lamberti, 1996). Sus rasgos funcionales se establecen con base en las formas de crecimiento, también llamadas formas de vida (Round et al., 1990). Varios estudios han demostrado resultados significativos en la aplicación de sus rasgos funcionales a nivel experimental para evaluación de nutrientes (Pringle, 1990) y medición de la contaminación orgánica (Berthon et al., 2011).

En Colombia, la mayoría de estudios sobre algas bénticas han estado enfocados a escalas locales, principalmente de ríos andinos, en aspectos como la composición y la estructura, sin haberse abordado desde un enfoque funcional ni a escala de país. A esta escala sólo se conoce un estudio de Donato & Galvis (2008), en el cual los autores establecieron unos lineamientos generales para agrupar los ríos de Colombia basados en un enfoque descriptivo de las variables físicas y químicas de los sistemas, la composición del perifiton y ciertos aspectos ecológicos de la fauna íctica. Posterior a ese estudio cualitativo, no se ha cuantificado el efecto de las variables espaciales y ambientales sobre el ensamble de peces o del perifiton que pudiesen contribuir a delimitar de una manera cuantitativa dicho agrupamiento.

En el marco de un proyecto para la bioindicación de la calidad del agua de ríos del país que lidera el Laboratorio de Biotecnología del Instituto Colombiano del Petróleo, se realizaron monitoreos en 608 ríos en una amplia región del país entre los años 2007 y 2011. Los datos a analizar provienen de dichos muestreos, en donde se midieron 15 variables hidrogeomorfológicas, 24 fisicoquímicas y se registraron aproximadamente 1200 morfoespecies de diatomeas.

El presente estudio tiene como objetivo determinar los patrones de distribución de las diatomeas a gran escala, las variables que intervienen y probar si el uso de un descriptor biótico grueso, como son las formas de vida, resulta en patrones coincidentes con los obtenidos al usar la laboriosa taxonomía fina. Finalmente y a la luz de los resultados, se propondrá una clasificación de los ríos tomando como base las variables importantes para los ensambles taxonómicos y funcionales.

Los resultados del presente estudio contribuirán al conocimiento de los ríos del país al establecer la importancia de las variables ambientales y geográficas en los patrones de distribución de los ensambles de diatomeas a gran escala. Este trabajo también aportará al conocimiento de la flora diatomológica del país y brindará una herramienta útil para predecir patrones a nivel ecológico. A su vez, tiene el potencial de permitir que futuros estudios de biodiversidad acuática y de calidad del agua se lleven de una manera más práctica si se llega a encontrar que la descripción de las diatomeas a nivel taxonómico puede evitarse describiéndolas a nivel funcional. Finalmente, la clasificación propuesta de los ríos ayudará a establecer tipos de ríos ecológicamente equivalentes, lo cual ayudará a establecer métricas de evaluación comparables entre sistemas.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Proponer una tipología de ríos de Colombia a partir de la estructura de los ensambles de diatomeas, las variables fisicoquímicas e hidrogeomorfológicas.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar los patrones de distribución del ensamble de diatomeas a nivel taxonómico y funcional.
- Evaluar si los patrones de distribución del ensamble de diatomeas desde los atributos funcionales generan los mismos patrones encontrados a partir de los atributos taxonómicos.
- Cuantificar el nivel de importancia de cada una de las variables ambientales en los ensambles taxonómico y funcional.
- Proponer una tipología preliminar de ríos de Colombia en función de las variables que inciden en la distribución de los ensambles.

2. HIPÓTESIS

Si bien los rasgos funcionales son una propiedad a nivel de organismo, la selección de los mismos debe reflejar características intrínsecas relacionadas con el crecimiento de las poblaciones (Weithoff, 2003), es decir, requerimientos especie-específicos, por lo tanto, la hipótesis del presente estudio busca comprobar si los patrones de distribución del ensamble de diatomeas desde los atributos funcionales generan los mismos patrones de distribución encontrados a partir de los atributos taxonómicos.

3. MARCO REFERENCIAL

3.1. LOS RÍOS Y SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN

Los ríos pueden ser definidos como sistemas jerárquicamente organizados cuyos patrones de biodiversidad están directamente influenciados por la geomorfología del paisaje (Frissell et al., 1986; Ward, 1998) y la variabilidad natural del régimen del flujo (Poff et al., 1997). Para comprender su funcionamiento varias hipótesis han sido propuestas, como el concepto del río continuo (Vannote et al., 1980), la espiral de nutrientes (Newbold et al., 1982), la naturaleza tetradimensional (Ward et al., 2011), el pulso de inundación (Junk et al., 1989), entre otros (ver Poole, 2010). Sin embargo, dichas hipótesis en su mayoría derivan de estudios de sistemas de regiones templadas, lo que hace difícil su aplicación para catalogar la gran diversidad de ríos tropicales.

Las propuestas de clasificación de ríos no son nuevas. Los primeros estudios sobre tipología de ríos fueron realizados en las décadas de los 60's-70's. Un ejemplo de ello lo constituye el ensayo de Pennak (1971), en donde no sólo se revisan los criterios usados en su momento que sólo incluían una variable (e.g contenido de Ca o composición del sustrato), sino también se resalta la importancia de incluir un gran número de variables físicas, químicas y biológicas para construir un sistema de clasificación adecuado. Desde entonces, diversas clasificaciones han sido propuestas con el fin de comprender la complejidad de los sistemas lóticos, partiendo de descriptores abióticos, bióticos y de su combinación. Un enfoque desde los atributos abióticos es el de Poff (1996), quien propuso una clasificación de ríos ecológicamente relevante basada en su distribución geográfica y el régimen hidrológico.

Las clasificaciones de ecosistemas desde el contexto geográfico (i.e., ecoregionales) han sido más usadas en países de Europa y Norteamérica. En este contexto se regionalizan los ecosistemas incluyendo aspectos de la geología, el clima, el uso del suelo, la hidrología y la vegetación, para el análisis e identificación de ecosistemas relativamente homogéneos que difieren de otras regiones adyacentes (Omernik & Griffith, 1991; Omernik & Bailey, 1997). Un ejemplo de ello lo constituye la Directiva Marco del Agua de Europa, en donde en cada ecorregión los ríos deben ser divididos en dos grandes tipos de sistema: Tipo A, basado en la ubicación geográfica, la superficie y naturaleza geológica de la cuenca, y Tipo B, definido por variables geomorfológicas, hidrológicas, climáticas y fisicoquímicas, ésta última sólo considerada en los de tipo B (European Commission 2000; Annex II).

Los estudios de tipología de ríos que usan atributos biológicos son escasos. El primer trabajo de clasificación de ríos desde la estructura de la comunidad es el de Wright et al. (1984), quienes usaron técnicas multivariadas para analizar la fauna de macroinvertebrados y con ello establecer un marco predictivo de la composición de especies en sitios prístinos. Pan et al. (2000) confrontaron los atributos del ensamble de diatomeas con la clasificación ecoregional en Estados Unidos, encontrando que las variaciones del ensamble responden más fuertemente a las variaciones locales que a las ecoregionales, subrayando la importancia de una clasificación ecoregional jerárquica.

3.2. DIATOMEAS: PATRONES DE DISTRIBUCIÓN Y FORMAS DE VIDA

Las diatomeas constituyen una de las comunidades más representativas de los ríos, debido al papel fundamental que juegan en las redes tróficas (Lamberti, 1996). Debido a sus cortos tiempos de generación, responden de manera directa y rápida a la mayoría de cambios químicos y biológicos (Stevenson et al., 1999).

Aunque comúnmente son consideradas de amplia distribución en el mundo, este cosmopolitismo ha sido duramente cuestionado, dado la escasez de estudios regionales con consistencia taxonómica (Kociolek & Spaulding, 2000). Sus patrones de distribución están determinados por gradientes espaciales y temporales que causan no sólo variaciones en la composición de la comunidad sino también de sus atributos funcionales o fisiológicos (Biggs et al., 1998b). Dentro de los gradientes ambientales, las variaciones en la composición taxonómica y formas de crecimiento están relacionadas con el uso del suelo (Pan et al., 2000), la velocidad de la corriente (Poff et al., 1990; Biggs et al., 1998a; Passy, 2001), el sustrato (Tuchman & Stevenson, 1980; Schneck & Melo, 2012), los nutrientes (Pringle, 1990), la luz y la herbivoría (Lange et al., 2011). Éstas variables a su vez están asociadas con la geología, el clima y la geomorfología de la cuenca (Stevenson, 1997). Este último autor señala que predecir los factores que regulan la estructura del ensamble algal requiere identificar el patrón de jerarquía de los mismos. Para ello, organiza los factores ambientales en una base jerárquica en donde ubica la geología y el clima como factores de alto nivel, los cuales restringen a los de bajo nivel (e.g, nutrientes, luz), quienes finalmente afectan directamente a las diatomeas. Así mismo, Potapova et al. (2004), subrayan la importancia de los factores geográficos-espaciales cuando se trabaja a una escala mayor (i.e, a nivel de país), los cuales alcanzan a explicar una tercera parte de la variación en la composición de especies.

Las diatomeas se pueden clasificar según sus formas de vida (Round, 1970), también llamadas formas de crecimiento o de adherencia. Las formas de vida están determinadas por la movilidad, la formación de colonias y la forma y longitud del mucílago secretado para su fijación. Según éstos criterios se pueden encontrar formas pedunculadas, postradas, formadoras de tubos, coloniales y móviles. La representatividad de las formas de vida cambia a lo largo de la sucesión, la cual ocurre en respuesta a variaciones de flujo (Biggs et al., 1998a) y a la disponibilidad de nutrientes (Pringle, 1990). La sucesión en el perifiton es

análoga a la sucesión en plantas superiores (Hoagland et al., 1982). En plantas superiores es ampliamente aceptado un cambio sucesional direccional en la secuencia de reemplazo de especies, diferenciándose un estrato inferior dominado por plantas pequeñas adaptadas a condiciones de poca luz y un estrato superior cuyas especies invierten en biomasa del tallo y son buenas competidoras por la luz. En diatomeas, los cambios en la estructura vertical están relacionados con el tamaño celular o la longitud del mucílago secretado, el cual contribuye a la estructura de la comunidad, uniendo partículas o atrapando otras algas (Hoagland op. cit). En el gradiente vertical, se ha observado la preferencia de determinadas formas de vida por estratos específicos durante la sucesión, encontrándose especies postradas (e.g. *Achnantheidium minutissimum*) en los primeros estadios y con alta tolerancia a bajos niveles de luz, mientras que las especies móviles (e.g. *Nitzschia palea*) se distribuyen a lo largo del perfil sin cambios en densidad a lo largo de la sucesión (Johnson et al., 1997). Varios estudios han demostrado resultados satisfactorios al correlacionar las formas de vida con la contaminación a escala regional (Berthon et al., 2011) y con la contaminación por pesticidas (Rimet & Bouchez, 2011).

La gran diversidad de formas de vida sugiere redundancia ecológica, razón por la cual Passy, (2007), definió tres grupos funcionales (o gremios) en función del potencial para usar recursos y evitar la perturbación física producida por el flujo. El primer grupo es la de bajo perfil (LP, Low profile), predominante en sitios limitados por recursos (luz y nutrientes) pero no por perturbación física. Las LP crecen en el estrato más bajo del tapete y se componen de formas de vida de tamaño corto, postradas, adnadas y pedunculadas. El segundo es la de alto perfil (HP, High profile), las especies que la conforman crecen en la zona de dosel, no están limitadas por recursos, pero se ven afectadas por el flujo y la herbivoría. HP agrupa a las especies altas, erectas, filamentosas, ramificadas, formadoras de tubos y coloniales céntricas. El tercer gremio (M, Motile), reúne a especies de

movimiento rápido (tipo *Nitzschia*, *Navicula*, *Pinnularia*) sin limitación por recursos o por perturbación y dominantes en tramos ricos en nutrientes.

Mientras que en zonas templadas se conocen con detalle los aspectos taxonómicos y funcionales de las diatomeas, en las zonas tropicales no hay estudios al respecto. Por ejemplo, Rimet & Bouchez (2012a) elaboraron un listado de los taxa más comúnmente registrados en ríos europeos, detallando los tipos de formas de vida, guildas ecológicas y clases de tamaño. En cambio en Colombia, hasta ahora se está inventariando la diversidad taxonómica de éste grupo (Sala et al., 2002a, 2002b; Vouilloud et al., 2010; Montoya-Moreno et al., 2013). Más aún, mientras que en regiones templadas los estudios funcionales abarcan escalas de país e incluso de continente (e.g. Europa en Rimet & Bouchez, 2012a), la mayoría de los estudios sobre algas bénticas en Colombia han estado enfocados a escalas locales en aspectos sobre composición y estructura (Hernández-Atilano et al., 2005; Montoya et al., 2008; Pedraza-Garzon & Donato-Rondon, 2011), sucesión (Martínez & Donato, 2003), indicación de condiciones ambientales (Díaz-Quirós & Rivera-Rondón, 2004) y cambios temporales de la diversidad y biomasa asociados con la hidrología (Rivera & Donato, 2008; Zapata & Donato, 2008). Sin embargo, en la actualidad no hay estudios sobre patrones de distribución de algas bénticas a escala de país.

Dado que el análisis taxonómico en diatomeas es dispendioso, puesto que requiere un conocimiento detallado a nivel ultraestructural, los acercamientos funcionales para describir patrones ecológicos cobran importancia. Estudios taxonómicos recientes realizados en diferentes regiones de Colombia, evidencian que el conocimiento de la diatomoflora es incompleto y hay una alta diversidad que comprende especies aún no descritas para la ciencia (Sala et al., 2008), lo cual dificulta aún más el establecimiento de una tipología basada desde una perspectiva taxonómica. Sin embargo, las formas de vida muestran mayor correlación con las distancias ambientales de los ríos que la relación entre

especies-ambiente (Passy, 2007), por lo cual, dicha métrica constituye una excelente herramienta para ser usada en sitios donde la taxonomía aún no está lo suficientemente estudiada.

4. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1. ÁREA DE ESTUDIO Y SELECCIÓN DE LAS UNIDADES

El área de estudio comprende varias regiones territorio colombiano, específicamente, las localidades corresponden a las estaciones de monitoreo donde Ecopetrol S.A realiza monitoreos físico-químicos e hidrobiológicos de acuerdo a las disposiciones de las autoridades ambientales de cada región del país. Para la realización de este proyecto se contó con la información contenida en una base de datos de 139 muestras, 97 ríos, 15 variables hidrogeomorfológicas, 20 fisicoquímicas y aproximadamente 1.200 morfoespecies de diatomeas, provenientes de monitoreos realizados entre 2007-2011.

La zonificación de los ríos se realizó siguiendo la pertenencia a la cuenca principal y en el caso de los ríos de piedemonte, según la cordillera y vertiente (Tabla 1). A cada estación de muestreo se le asignó la región o unidad hidrológica correspondiente y de esta manera se hizo la caracterización para una mejor comprensión de los componentes estudiados. La ubicación de los sitios es mostrada en la Figura 1 y en el Anexo C. se presenta el listado de todas las corrientes con sus respectivos acrónimos y unidades hidrológicas.

Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo en cada una de las unidades de estudio con los códigos asignados para el análisis. Zonas en color: Cuencas Sedimentarias ANH. LLA: Llanos orientales, CAG-PUT: Caguán-Putumayo, VSM: Valle Superior Magdalena, VMM: Valle Medio Magdalena, VIM: Valle inferior Magdalena, CAT: Catatumbo

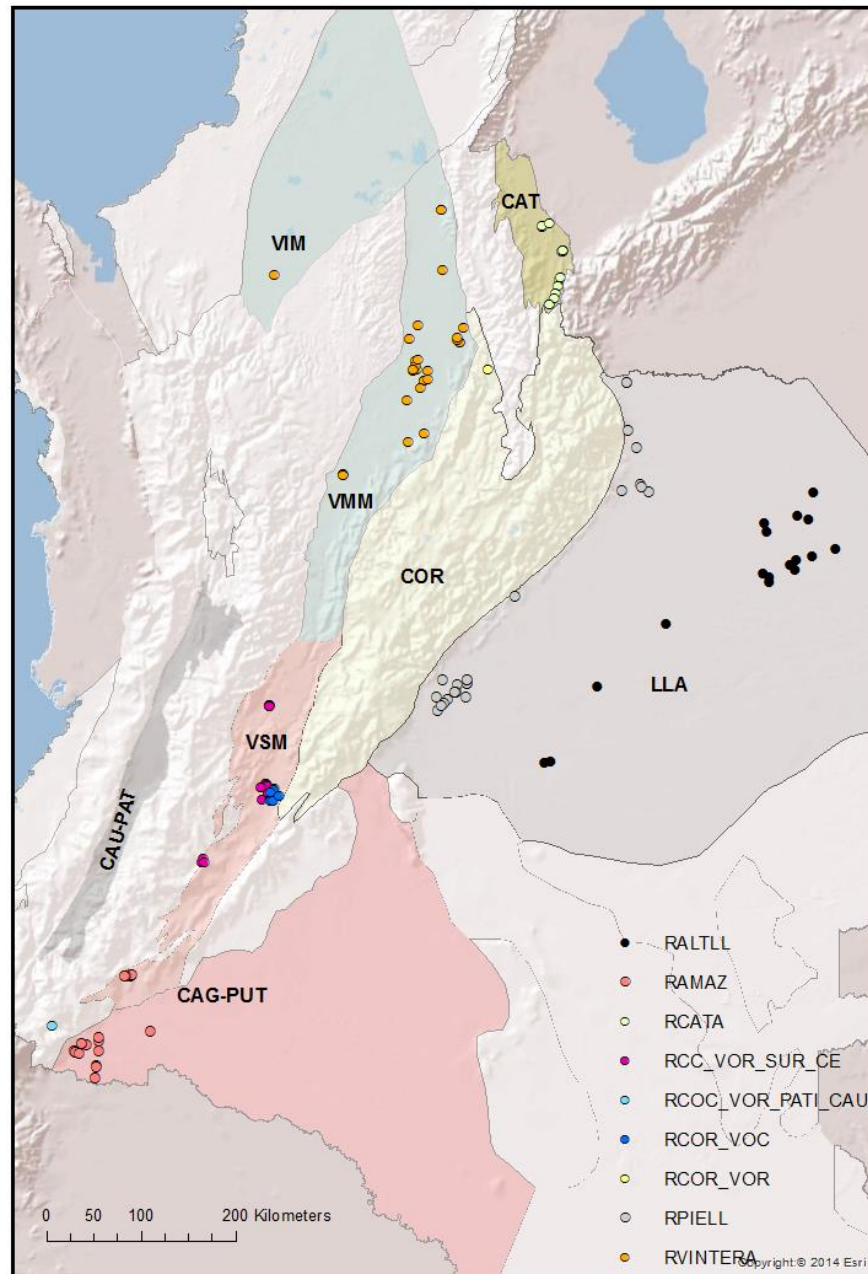


Tabla 1 Listado de las unidades de estudio con sus respectivos códigos, número de corrientes y puntos de muestreo.

Código Región	Nombre	Número de sitios	Número de corrientes	Rango altitudinal (m snm)
RALTLL	Ríos de la Altillanura	15	9	96-212
RCATA	Ríos del Catatumbo	14	7	61-800
RVINTER	Ríos de Valles Interandinos	30	23	56-199
RCOR_VOC	Ríos de la cordillera oriental vertiente occidental	17	10	425-1183
RCC_VOR_SUR_CE	Ríos de la cordillera central vertiente oriental_Sur-Centro	14	8	367-1334
RCOR_VOR	Ríos de la cordillera oriental vertiente oriental	1	1	700
ROC_VOR_PATI-CAU	Ríos de la cordillera occidental vertiente oriental_Patía-Cauca	1	1	1815
RPIELL	Ríos del Piedemonte Llanero	28	22	97-566
RAMAZ	Ríos de la Amazonía	19	16	270-1187

4.2. MUESTREO Y TRATAMIENTO DE LAS MUESTRAS

En cada localidad las muestras de perifiton fueron recolectadas en un tramo de al menos 100m y preservadas con solución Transeau en proporción 1:1. En cada sitio de muestreo se realizaron raspados de un número variable de sustratos (rocas, vegetación, etc.), de acuerdo a su disponibilidad, pero muestreando con mayor esfuerzo el sustrato predominante. Una vez en el laboratorio, las muestras fueron tratadas con H₂O₂ al 40% para retirar la materia orgánica (CEN. European Committee for Standardization, 2003). De cada muestra se hicieron dos tipos de montajes permanentes, uno para microscopio de luz (MO) con Naphrax® y otro para microscopio electrónico de barrido (MEB) sobre una lámina de vidrio y metalizada con oro-paladio. El conteo de las muestras se realizó en un microscopio de contraste de fases Carl Zeiss Axio Scope A1 a una magnificación de 1000X hasta alcanzar 400 valvas en total siguiendo a Prygiel & Coste (1993) y Cambra et al., (2005). Posteriormente, se continuó el recorrido de la placa durante

2 horas, anotando solo las especies nuevas no observadas durante el conteo. Los datos fueron expresados en abundancia relativa. El análisis al MEB fue realizado en un microscopio FEI-Quanta 450 del Laboratorio de Microscopía Electrónica del Instituto Colombiano del Petróleo y en un microscopio Jeol JSM-6360 LV del Servicio de Microscopía Electrónica de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo de La Plata. La determinación taxonómica se hizo a nivel de especie y variedad utilizando bibliografía general para América del Sur (Metzeltin & Lange-Bertalot, 1998, 2007; Rumrich et al., 2000) y bibliografía específica de cada género. En los casos en que no fue posible determinar los taxones, fueron identificados a nivel de género y morfoespecie asignándosele un nombre particular.

Simultáneo al muestreo biológico fueron tomadas las muestras para análisis fisicoquímico e hidrogeomorfológico. Fueron analizadas 20 variables fisicoquímicas: Oxígeno disuelto-O.D, Temperatura-Temp, Conductividad-Cond, Dureza, Cloruros-CL, pH, Nitratos-NO₃.N, Nitritos-NO₂.N, Nitrógeno orgánico-NKjen, Fósforo disuelto-PO₄.P, Fósforo Total-PT, Sílice disuelto-SiO₂, Sulfatos-SO₄, DBO₅, DQO, Coliformes totales-ColiT, Coliformes Fecales-ColiF, Sólidos disueltos-SD, Sólidos Totales-ST, Turbidez-Turb, siguiendo los métodos establecidos en Rice et al.,(2012). Todos los análisis fueron realizados en el Laboratorio de Aguas y Suelos del Instituto Colombiano del Petróleo-Ecopetrol. El levantamiento de la información hidrogeomorfológica comprendió la cuantificación visual de aspectos como porcentaje de vegetación y porcentaje de cultivos en el tramo; aspectos relacionados con la luz o cobertura del dosel (% cobertura densa, % cobertura abierta); aspectos relacionados con el flujo, como porcentaje de rápidos, remansos y corriente; aspectos relacionados con el hábitat, como composición del lecho, representado por el porcentaje de bloques, cantos, gravas, arenas, limos o arcillas, porcentaje de materia orgánica gruesa (MOG1: palos, raíces, ramas. MOG2: hojarasca) y porcentaje de materia orgánica fina (detritus).

4.3. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Para el análisis de la información se realizaron varios procedimientos, según el objetivo a resolver, tal esquema es resumido en la Figura 2. En el caso de las variables fisicoquímicas, fueron ajustados los valores extremos (límites inferiores y superiores) con el fin de circunscribir las variables a rangos de significación biológica (Riss et al., 2002), teniendo en cuenta los puntos finales de pruebas toxicológicas registrados en la literatura. Los límites de las variables que fueron ajustadas junto con su respectiva fuente, son resumidos en la Tabla 2. Para el desarrollo del primer objetivo, la matriz taxonómica fue delimitada a un total de 377 especies. Los taxa no incluidos fueron aquellos que no reunieron el criterio de 10 valvas en al menos una de las 140 muestras. La contribución relativa de cada una de las especies fue calculada porcentualmente y para los análisis que requirieron cumplir supuestos de distribución, se les aplicó la transformación de Hellinger (Legendre & Gallagher, 2001), en donde los valores de abundancia son divididos por la abundancia del sitio y después transformados con raíz cuadrada. Dicha transformación reduce la importancia de las abundancias más altas así como las especies con bajos conteos y muchos ceros.

Como criterio exploratorio se calculó el índice de diversidad de Shannon para cada una de las 377 especies con el fin de establecer criterios de permanencia y constancia. Aquellas con muy baja diversidad y frecuencia ($H < 1$) fueron excluidas del análisis de ordenación, resultando en una matriz final de 227 especies, las cuales son listadas en el Anexo 1 junto con sus respectivos acrónimos y formas de vida.

Tabla 2 Límites de significación biológica para las variables fisicoquímicas con datos extremos. Lmax: Límite máximo, Lmin: Límite mínimo, según literatura.

Variable	Lmin	Lmax	Fuente	Observaciones
Alcalinidad (mg.L ⁻¹)	20	400	(EPA, 1986) (Wurts & Durborow, 1992)	Criterio de consumo/Producción pesquera
DBO (mg.L ⁻¹)		15	(Riss et al., 2002)	
Cloruros (mg.L ⁻¹)		120	CCME. Canadian Counsil of Minister of the Environmen (2016)	Valor de efecto tóxico a largo plazo para CaCl y NaCl
DQO (mg.L ⁻¹)		80	Riss et al. 2002	
Conductividad (µS.cm ⁻¹)		1200	Riss et al.,2002	Se modificó el límite máximo y se dejó en 500 uS.cm, sitios más contaminados en este estudio por encima de ese valor
Sólidos disueltos (mg.L ⁻¹)		551.3	S. capricornutum. LeBlond & Dufft (2001) en (Weber-Scannell & Duffy, 2007)	Se modifica el máximo a >200 mg/L. Según presente estudio sitios más contaminados están por encima de este valor
Dureza (mg.L ⁻¹)		600	Lim max: (Lampert, 2006) Tolerancia de D. magna a dureza	
Amonio-NH ₄ (mg.L ⁻¹)		5	Riss et al. 2002, EPA Goldbook-1986	
Nitrógeno orgánico Nkjel (mg.L ⁻¹)		2.5	Wang et al. 2007	El rango mínimo no se modifica, se deja el de los datos (0.01)
Fósforo disuelto-PO ₄ .P (mg.L ⁻¹)		2	Riss et al. 2002	Se modifica en rango máximo a 1.5 mgL. Según presente estudio sitios más contaminados están por encima de ese valor
Fósforo total (mg.L ⁻¹)		1	Riss et al. 2002	
Sólidos suspendidos (mg.L ⁻¹)		100	Según (Lewis Jr., 2008)	100 mgL . Por su relación con la fotosíntesis en ríos
Turbidez (NTU)		100		Dada la relación lineal entre SS y Turbidez, se deja el límite máximo de los SS

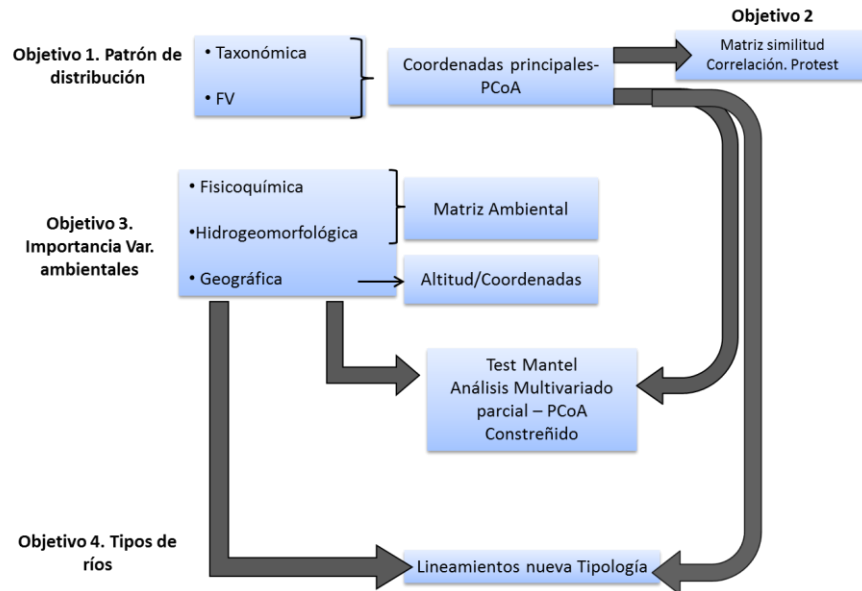
Las formas de vida fueron asignadas de acuerdo con los trabajos de Passy (2007); Berthon et al., (2011); Rimet & Bouchez, (2012b) y para los géneros o especies no

registradas en estos trabajos se siguió a Round et al., (1990) y confirmados mediante observación al MO y MEB de muestras sin tratar. Para cada taxón se definió un acrónimo y se le asignó una forma de vida (Anexo 1). A partir de dicho listado y junto con la matriz taxonómica de los conteos, se cuantificó la composición funcional mediante la función *functcomp* del paquete FD (Laliberté et al., 2014). Una vez obtenida la matriz *rasgos-abundancias*, también se aplicó la transformación de Hellinger, dado el alto número de ceros en la matriz.

Los patrones de distribución de los ensambles a nivel taxonómico y funcional fueron analizados mediante un análisis de coordenadas principales (Pcoa), usando distancia *Bray* y *Chord* para la matriz taxonómica y funcional, respectivamente. Para cada análisis fueron proyectadas las especies o rasgos (respectivamente) mediante la función *envfit* (Vegan) para comprobar las correlaciones entre los ejes del PCoA y los vectores de especies (o rasgos) que contribuyen de manera significativa a la separación de los sitios.

Para evaluar la correspondencia entre la ordenación taxonómica y funcional se usó el test de rotación *Protest* del paquete Vegan (Oksanen et al., 2007).

Figura 2 Esquema de análisis propuesto para el desarrollo del presente estudio



La distancia geográfica entre sitios fue calculada mediante la distancia euclídea con la matriz de coordenadas y con la altitud. La distancia ambiental entre los sitios fue calculada con la distancia Bray-Curtis de las variables ambientales (hidrogeomorfológica y fisicoquímica). La relación entre los ensambles y las distancias espaciales y ambientales fue explorada inicialmente mediante un test de Mantel parcial y la significancia de dichas relaciones fue evaluada mediante un test de permutaciones de Monte Carlo (1000 permutaciones) (Borcard et al., 2011). Tales análisis fueron corridos en el paquete Vegan (Oksanen et al., 2007).

Un RDA con *forward selection* fue realizado sobre las matrices biológicas contra los datos fisicoquímicos e hidrogeomorfológicos separadamente, con el fin de seleccionar las variables predictoras que explicaran significativamente la composición de los ensambles. Las dependencias lineales entre las variables fueron omitidas mediante el cálculo del Factor de Inflación de la Varianza (FIV), dejando solo aquellas que no superaran un FIV de 10 (Borcard et al., 2011). Todas las variables fisicoquímicas fueron transformadas con $\log_{10}(X+1)$, excepto el pH y

las variables hidrogeomorfológicas con $\arccos\sqrt{\frac{x}{100}}$. Posteriormente, fue realizado un PCoA constreñido (Constrained Analysis of Principal Coordinates-CAP) mediante la función *capscale* del paquete *Vegan* (Oksanen et al., 2007), tomando como covariable la geografía, en este estudio representada por la altitud y las coordenadas geográficas (factores espaciales). La significancia de cada una de las variables en el análisis fue calculada mediante modelado con procedimiento bootstrap multivariado (scriptR- Riss, 2016). El test de significancia evaluó el efecto de cada variable en la composición de la comunidad mediante un análisis permutacional (1000 permutaciones) usando: el modelo original $y(\text{matriz biológica}) \sim x_1 + x_2 + x_3 \dots + \text{condicion}(\text{geografía})$, el modelo incluyendo una variable aleatoria en remplazo de la geografía y un tercer modelo donde se permutaron una a una las variables ambientales $x_1, x_2, x_3 \dots$.

Finalmente, la clasificación de los ríos fue realizada mediante un análisis de agrupamiento con medida de distancia euclídea y método de clasificación “complete-linkage” con las variables hidrogeomorfológicas que fueron significativas en modelo.

Todos los análisis fueron realizados con el programa R (R Core Team, 2013).

5. RESULTADOS

5.1. CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA E HIDROGEOMORFOLÓGICA DE LOS RÍOS ESTUDIADOS

Los ríos estudiados mostraron variaciones importantes en la química del agua, particularmente en términos de conductividad, dureza, pH, propiedades ópticas (sólidos y turbidez) y algunos nutrientes (sílice disuelto y nitrógeno; Figura 3). En general, los ríos de RALTLL presentan pH ácidos, bajos valores de conductividad, dureza, sólidos y bajas concentraciones de nutrientes. Los ríos de RAMAZ, comparten varias características fisicoquímicas con los de la altillanura en relación al contenido de sólidos, dureza y conductividad, con baja carga orgánica indirectamente representada por la DBO y DQO, aunque con pH circumneutrales.

De otro lado, los ríos de RCATA presentan un mayor contenido de sólidos, por ende altos valores de turbidez, así como mayores valores de sulfatos, nitratos y conductividad. Los ríos de RCC_VOR_SC y RCOR_VOC presentan pH medianamente básicos, con alta dureza y mayores concentraciones de sílice disuelto. Los ríos de RPIELL y RVINTER presentan altos valores de sólidos, pH circumneutrales y mayores valores de nitrógeno orgánico, DBO y DQO particularmente en RVINTERA. Se destacan los puntos monitoreados en RCOR_VOR (QIGLE00005), RCATA (CBOGO00006) y RVINTER (CCAME00004) por presentar condiciones hipereutóficas (sensu Lamparelli, 2004) por los más altos valores de fósforo total, así como de pH, DBO y conductividad.

Las variables fisicoquímicas consideradas en el estudio reunieron el 60% de la varianza acumulada en los dos primeros ejes del Análisis de Componentes Principales (ACP) y muestra un conjunto de variables

claramente asociadas a la geoquímica (pH, alcalinidad, dureza) en el primer componente y hacia el segundo componente variables asociadas con la trofía ($\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$, SiO_2) (Tabla 3). Un análisis discriminante de componentes principales muestra una alta similitud en la fisicoquímica de los ríos de las regiones RCOR_VOC, RCC_VOR, RCOR_VOR. Asimismo, se observa un gran solapamiento de las regiones RCATA, RPIELL y RVINTER. Del conjunto de ríos estudiados, la zona de RALTLL y RAMAZ, presentaron una mayor diferenciación fisicoquímica del resto de regiones (Figura 4) y el punto monitoreado en la RCOR_VOR, con los más altos valores de nutrientes, conductividad, pH y DBO, se aparta del resto de corrientes de piedemonte.

En relación a la caracterización hidrogeomorfológica, los ríos de RALTLL presentan un alto porcentaje de vegetación en el tramo, con cobertura densa, alto predominio de arenas y materia orgánica representada principalmente por hojarasca y con predominancia de zonas de corriente en las condiciones de flujo. Los RAMAZ también presentan un alto porcentaje de vegetación en el tramo, con dosel abierto, predominio de bloques en el lecho, así como un alto porcentaje de zonas de remansos. Por su parte, en los ríos de RCATA también predominan las zonas de remansos, lechos con mayor porcentaje de cantos, gravas, algunas con predominio de arenas y materia orgánica gruesa. Los ríos de RCC_VOR y RCOR_VOC se destacan por la predominancia de cantos y gravas en el lecho, así como un mayor porcentaje zonas de remansos y corriente. Los RPIELL presentan alta cobertura del dosel, predominio de cantos y zonas de corriente, mientras que los RVINTER presentan dosel abierto, con mayor porcentaje de arenas en el lecho, materia orgánica gruesa (hojarasca) y predominio de zonas de corriente.

Un análisis de ordenación confirma las características anteriormente descritas, los lechos con predominio de sustratos duros (cantos, gravas, bloques) son comunes en las zonas de RCOR_VOC, ROC_VOR, RPIELL y RAMAZ, mientras que los lechos con predominio de arenas y materia orgánica gruesa, son más comunes en

los RVINTER y RALTILL, ésta última región con alta densidad de vegetación en el tramo. Sin embargo, es de recalcar el alto solapamiento de las diferentes regiones dadas las características del hábitat (Figura 6).

Figura 3. Variables fisicoquímicas en cada una de las regiones estudiadas.

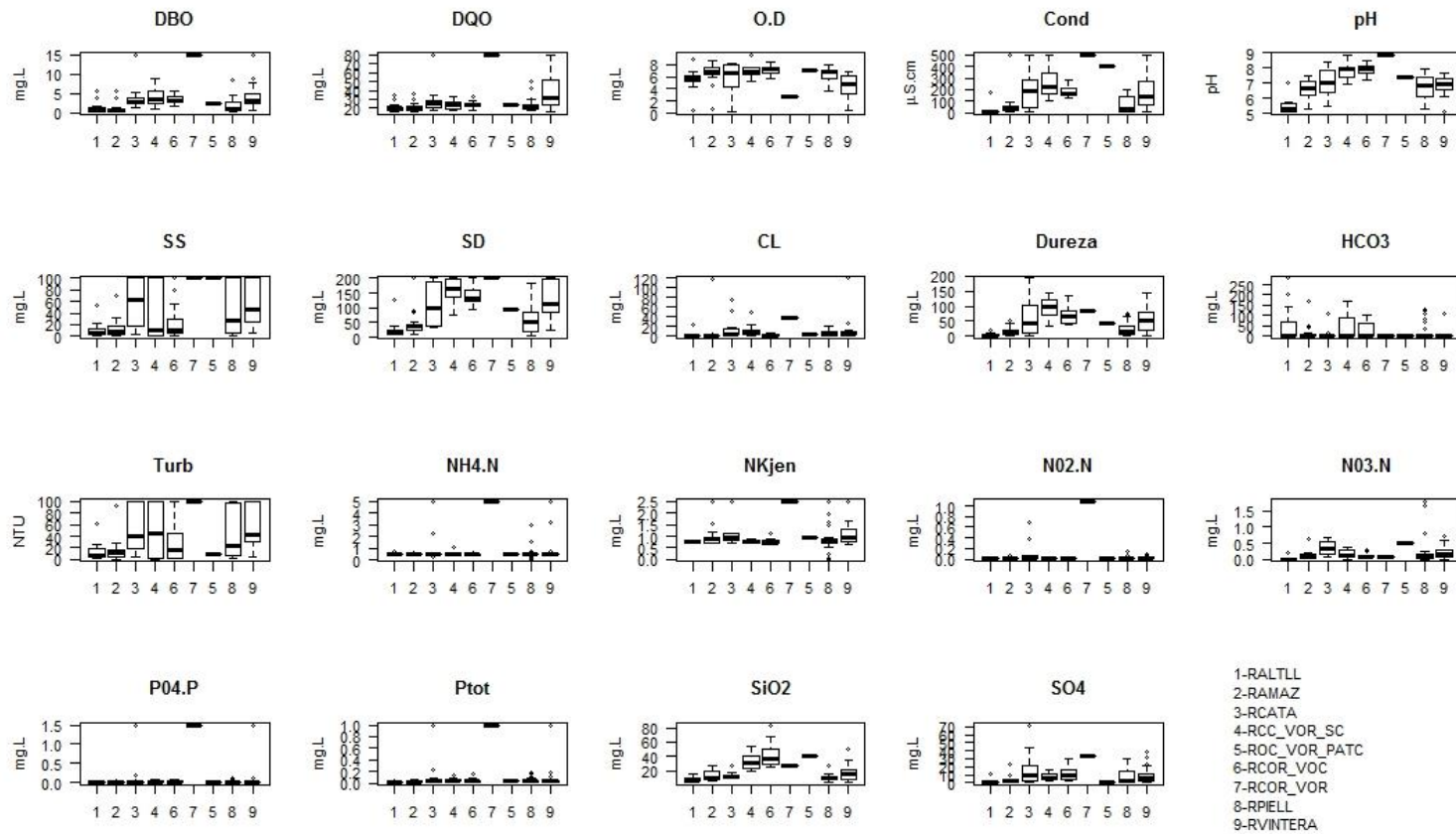


Tabla 3. Análisis de componentes principales- Correlación entre las variables y los factores.

Variables	PC1	PC2	PC3
pH	0.354	-0.339	0.070
alk	0.369	-0.278	-0.230
Cl	0.296	0.030	0.076
hardn	0.390	-0.329	0.062
NH4.N	0.321	0.421	-0.183
N.Kjel	0.293	0.333	0.028
NO2.N	0.286	0.344	-0.083
NO3.N	0.225	0.023	0.567
PO4.P	0.276	0.344	-0.311
SiO2	0.222	-0.417	-0.382
SS	0.228	0.015	0.572

Figura 4. Análisis discriminante de componentes principales para las variables fisicoquímicas. La elipse engloba el 90% de los datos.

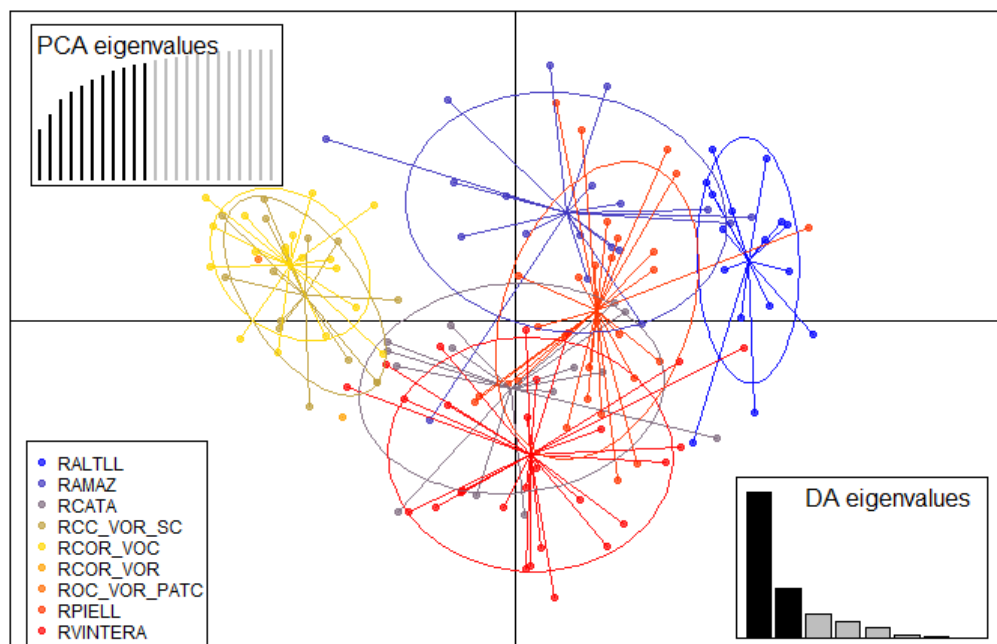


Figura 5 Variables hidrogeomorfológicas en cada una de las regiones estudiadas-valores presentados en porcentajes-MOG1: Materia orgánica gruesa 1, MOG2: Materia orgánica gruesa 2, MOF: Materia orgánica fina-ver descripción en metodología.

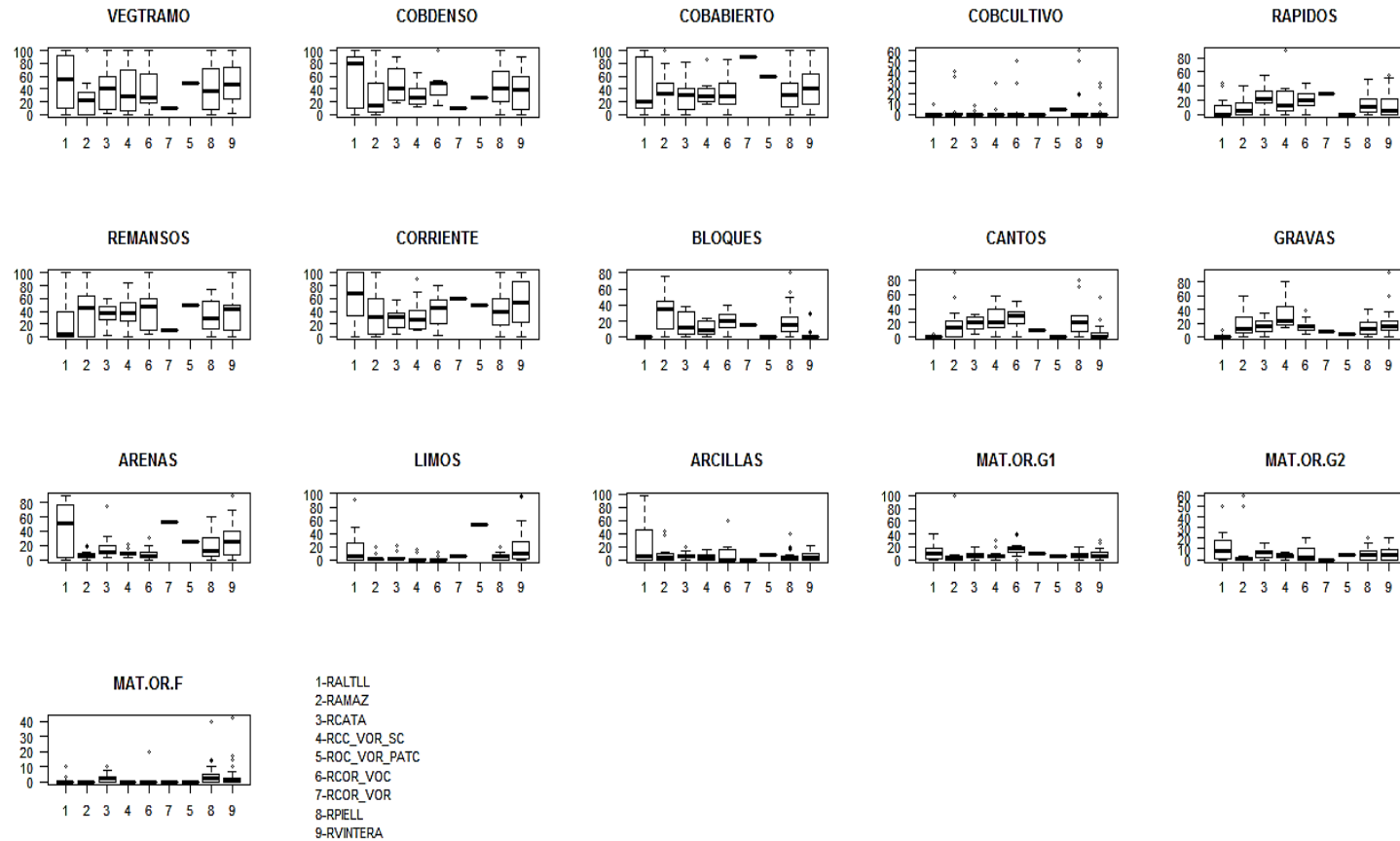
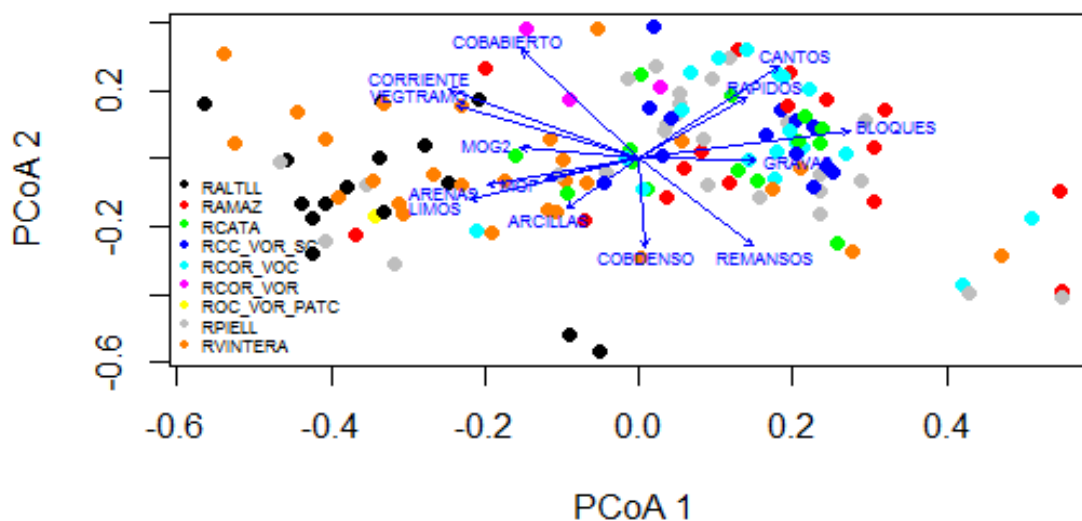


Figura 6. Análisis de coordenadas principales de las variables hidrogeomorfológicas. Las flechas representan los variables significativos ($p \leq 0.001$) resultado de la función envfit.



5.2. COMPOSICIÓN DE LOS ENSAMBLES

5.2.1. Composición taxonómica. Las 377 especies estuvieron distribuidas en 52 géneros y 25 familias, de las cuales, *Achnanthidiaceae*, *Bacillariaceae*, *Cocconeidaceae*, *Cymbellaceae*, *Diadesmidaceae*, *Eunotiaceae*, *Fragilariaceae*, *Gomphonemataceae*, *Naviculaceae* y *Pinnulariaceae*, fueron los taxa predominantes. La familia *Naviculaceae* estuvo representada por 96 especies, abarcando el 25% de la riqueza total, seguido por *Eunotiaceae* con 54 especies y *Bacillariaceae* con 35 especies (Anexo 1), las cuales representaron el 14% y 9% de la riqueza total, respectivamente.

La distribución de las familias por región (Figura 7) mostró que en ríos de la altillanura (RALTILL) la familia *Eunotiaceae* es la más abundante, mientras que *Bacillariaceae* presentó una mayor abundancia en los ríos de valles interandinos y en el punto monitoreado en RCOR-VOR, punto en donde también fue recurrente la familia *Gomphonemataceae*. En ríos de piedemonte de la cordillera central y

occidental, así como en la región del Catatumbo, se observó una mayor predominancia de la familia *Naviculaceae*, mientras que en los ríos de la amazonía (RAMAZ) la distribución de las familias fue más equitativa. En general, los ríos de RAMAZ y el punto monitoreado en la cordillera occidental (ROC_VOR_PAT_CAU) registraron el mayor número de especies (Figura 8).

La composición taxonómica de los ensamblajes presentó diferencias significativas entre las regiones estudiadas ($F=78.25$, $p<0.001$). Se destacan los ríos de piedemonte de RCC_VOR_SC y de RCOR_VOC por presentar una mayor similitud en su composición, mientras que los RALTILL son los más altamente variables (Figura 9).

Figura 7 Abundancia relativa promedio a nivel de familias en cada una de las regiones estudiadas.

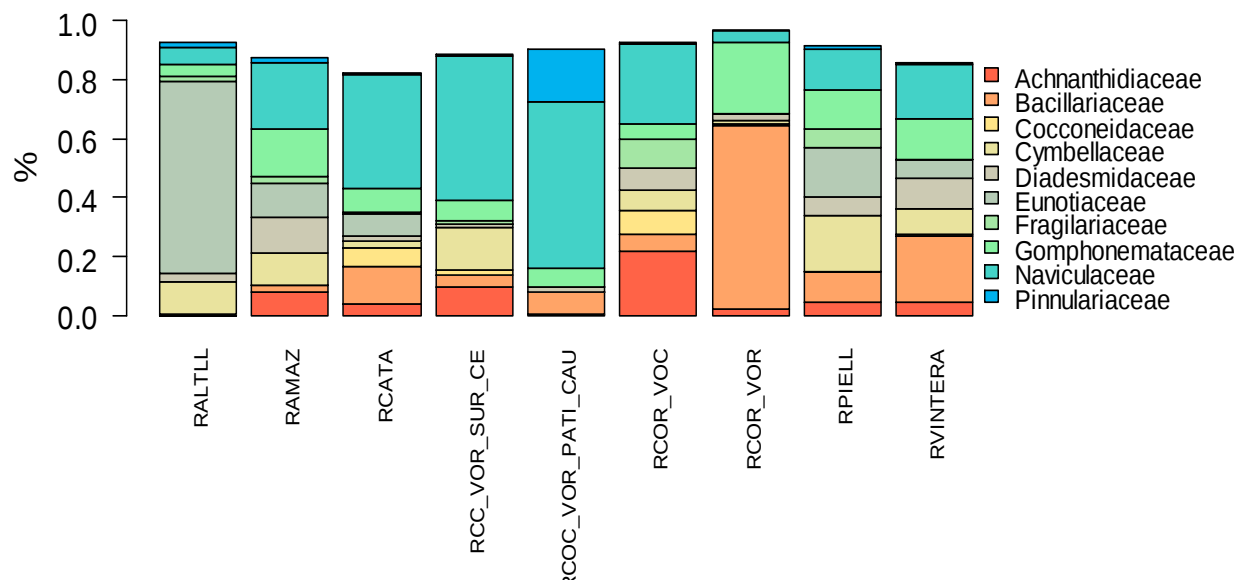


Figura 8 Riqueza de especies por región. * Regiones con un solo muestreo.

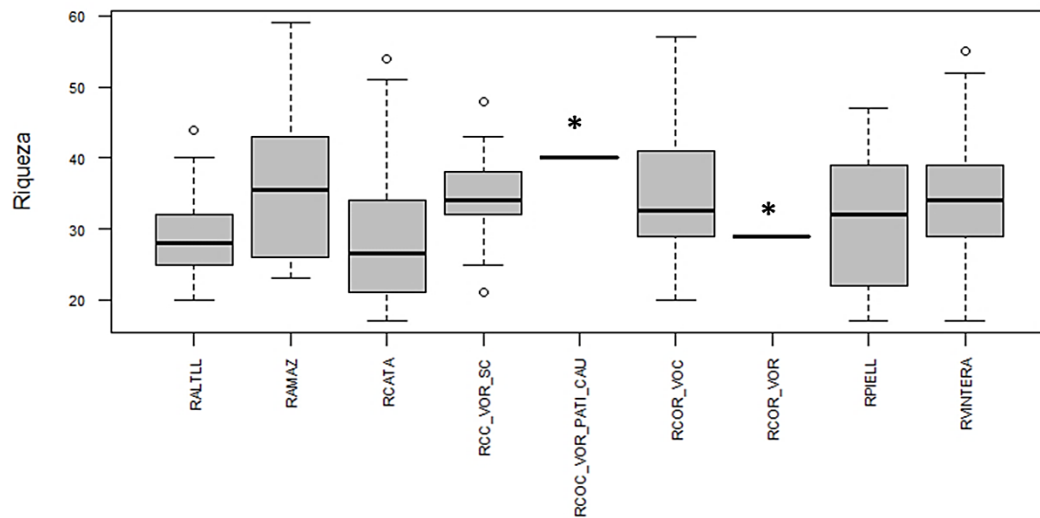
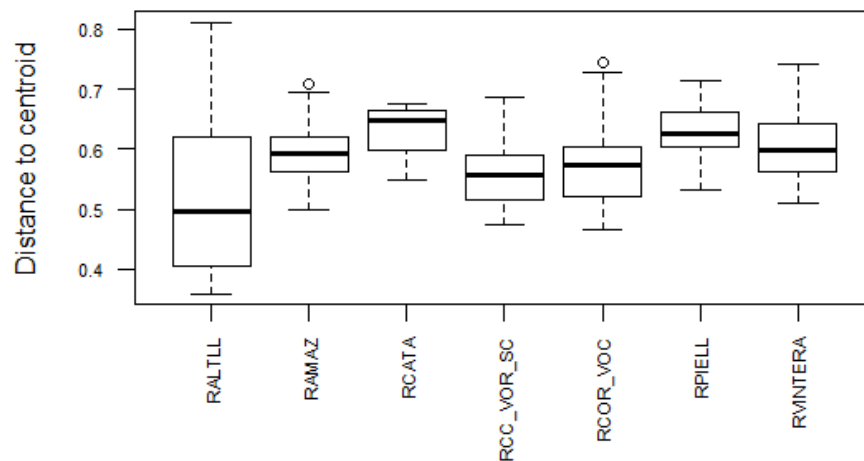


Figura 9. Análisis de varianza de la composición taxonómica entre las regiones de estudio, excepto ROC_VOR_PAT_CAU y RCOR_VOR, con un solo muestreo.



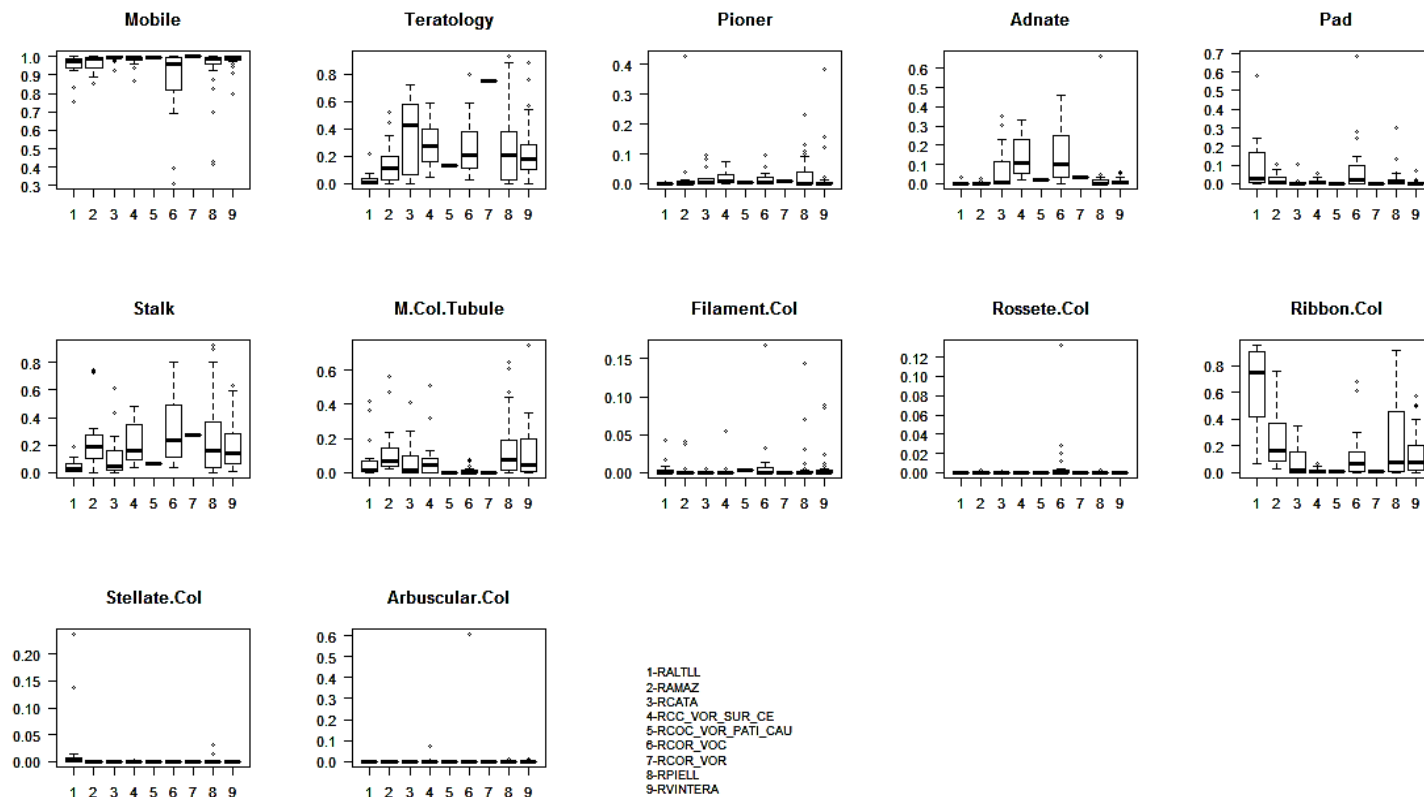
5.2.2. Composición Funcional. De los 12 rasgos considerados, la forma de vida *móvil* presentó una alta abundancia en todas las regiones estudiadas. Sin embargo, las formas de vida *adnada*, *teratología*, *pedunculada* y *colonias en cinta*, presentaron una alta variabilidad en su distribución. Por otra parte, el rasgo

pedunculado presentó una mayor abundancia en ríos de la cordillera oriental (RCOR_COC y RCOR_VOR), mientras que las *colonias en tubos de mucílago* fueron más recurrentes en las regiones de RPIELL y RVINTERA. Se destaca la alta abundancia de *colonias acintadas* en las regiones RALTILL y RAMAZ. Los tipos de colonia estrellada, arbuscular, filamentosa y en roseta, no mostraron variaciones importantes entre las distintas regiones (Figura 10).

El rasgo teratología fue altamente variable y muy abundante en ríos de Catatumbo y en el punto monitoreado de RCOR_VOR, así como en la región RPIELL, en donde se observó una alta variabilidad. Se destaca la baja presencia de este rasgo en las regiones RALTILL y RAMAZ.

En la Figura 11 se muestra la distribución de la abundancia de cuatro especies en las que se observaron deformidades en la valva. Las mayores recurrencias fueron registradas en RCATA y RCOR_VOR. *Gomphonema lagenula* presentó deformidades en el patrón de estrías, mientras que en las demás especies las deformidades solo fueron a nivel del contorno valvar.

Figura 10 Distribución de la abundancia relativa de los rasgos en las regiones estudiadas. Mobile: Móviles; Teratology; Teratológicas; Pioner: Pioneras; Adnate: Adnadas, Pad: Almohadillas de mucílago; Stalk: Pedunculadas; M.Col.Tubule: Colonias en tubos de mucílago, Filament.Col: Colonia filamentosa; Rosset.Col: Colonias en roseta; Ribbon.Col: Colonias acintadas; Stellate.Col: Colonias estrelladas; Arbuscular.Col: Colonias arbusculares.



Las diferentes regiones presentaron diferencias importantes en la composición funcional ($F= 3.81$, $p<0.01$). Se destacan los RVINTERA por presentar poca variación entre las corrientes estudiadas. Asimismo, dicha región junto con los RCATA, presentaron un leve solapamiento, lo que sugiere similitud funcional (Figura 12).

Los RPIELL presentaron una composición significativamente distinta de la mayoría de regiones, mientras que los RCATA mostraron una alta similitud funcional. A diferencia de lo encontrado en la composición taxonómica, los RAMAZ presentaron una alta similitud en la composición funcional con las demás regiones, exceptuando los RCATA y RPIELL. Los únicos pares de regiones que presentaron diferencias en la composición taxonómica y funcional fueron RPIELL-RAMAZ, RCC_VOR-RPIELL y RVINTER-RPIELL.

En relación a la riqueza funcional, las diferentes regiones de los ríos de piedemonte de RCOC_VOR, RCC_VOR y RCOR_VOC, presentaron el mayor número de rasgos. Asimismo, los ríos de RALTLL y RAMAZ presentaron alta riqueza funcional, mientras que en los ríos de RCATA y el punto monitoreado en RCOR_VOR, fue baja (Figura 13).

Figura 11. Abundancia de cuatro especies con formas teratológicas en cada una de las regiones estudiadas. Gola: Gomphonema lagenula, Maca: Mayamaea cahabaensis, Nipal: Nitzschia palea, Eosub: Eolimna subminuscula.

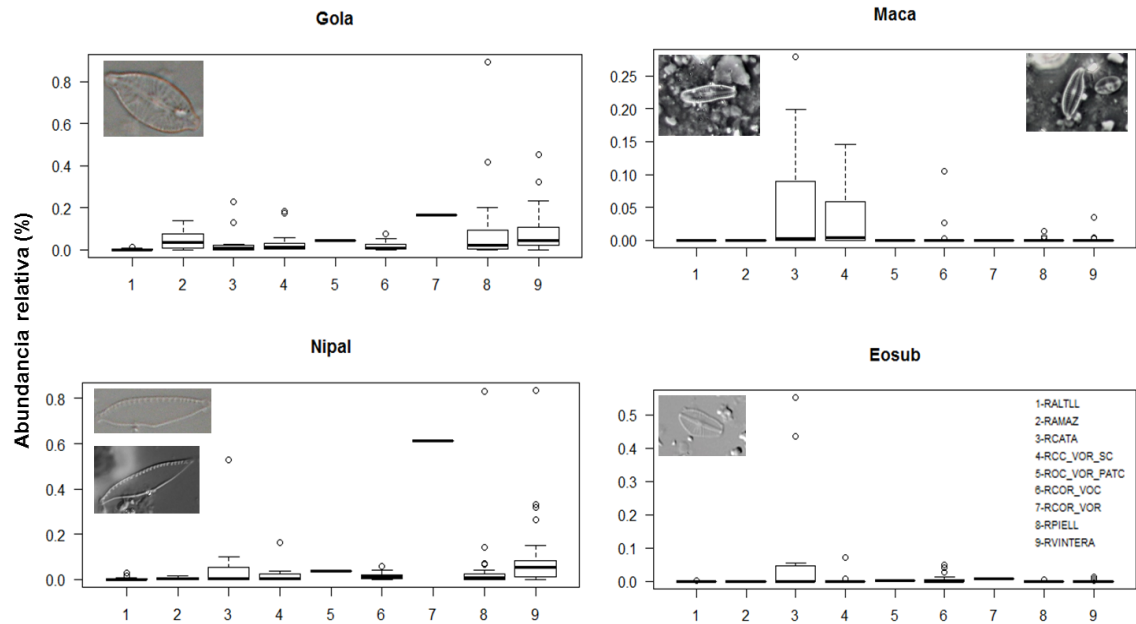


Figura 12 Análisis de varianza de la composición funcional entre las regiones de estudio, excepto ROC_VOR_PAT_CAU y RCOR_VOR, con un solo muestreo.

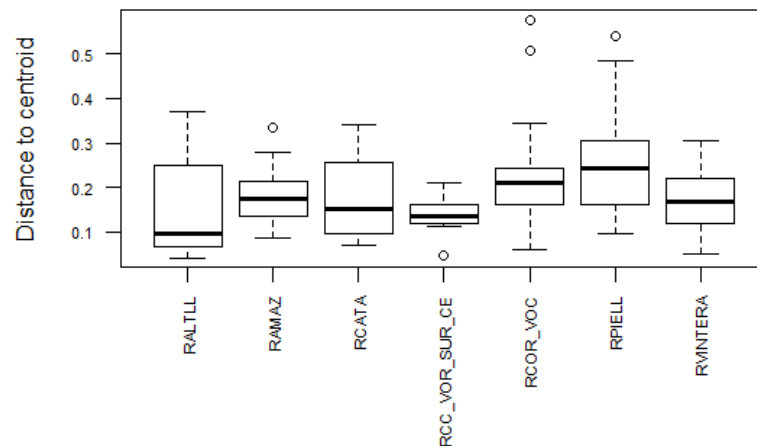
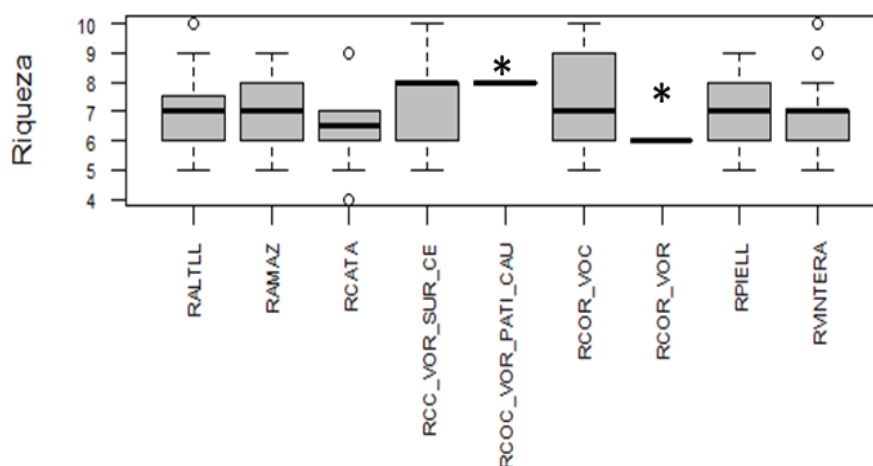


Figura 13 Riqueza funcional por región. * Regiones con un solo muestreo.



5.3. PATRONES DE DISTRIBUCIÓN DE LOS ENSAMBLES Y CONCORDANCIA DE LAS ORDENACIONES

5.3.1. Matriz taxonómica. El PCOA reunió el 32% de la varianza de las especies en las dos primeras dimensiones del espacio de ordenación. Dicho análisis mostró una clara separación entre los RALTILL y los ríos de piedemonte en la cuenca alta del Magdalena (RCOR_VOC, RCC_VOR), los cuales se ubicaron en los extremos del gradiente (Figura 14). Un número importante de los ríos del piedemonte llanero (RPIELL) también presentó un alto grado de similitud con los de la altillanura, mientras que algunos ríos de la zona del Catatumbo (RCATA) se asemejan a los ríos ubicados en la zona de piedemonte de las cordilleras central y oriental en la cuenca alta del Magdalena (RCC_VOR, RCOR_VOC). En el centro del espacio de ordenación se observa un evidente traslape entre algunos ríos de zonas bajas de la cuenca magdalénica (RVINTER) y de las regiones del Putumayo (RAMAZ) y Catatumbo (RCATA), los cuales comparten una composición similar (Figura 14).

Las especies que contribuyen de manera significativa en la separación de las regiones son presentadas a manera de flechas en la Figura 14. En los ríos de la

altillanura (RALTLL) y varios ríos del piedemonte fueron altamente recurrentes especies del género *Eunotia*: *Eunotia parasiolii* Metzeltin & Lange-Bertalot, *E. aff. parasiolii*, *E. aff. naegeli* Migula, *Eunotia* sp.26, *E. subrostrata* Hustedt, *E. aff. incisa* W. Smith ex Gregory, *E. aff. transfuga* Metzeltin & Lange-Bertalot, *Eunotia* sp.) y *Gomphonema archaeovibrio* Lange-Bertalot & Reichardt. Asimismo, en los ríos de piedemonte de las cordilleras oriental y central, así como en varios puntos en la zona del Catatumbo fueron abundantes *Eolimna minima* (Grunow) Lange-Bertalot & Schiller, *Mayamaea cahabaensis* Morales & Manoylov, *Cocconeis aff. placentula* Ehrenberg, *Naviculadicta nanogomphonema* Lange-Bertalot & Rumrich, *Navicula cf. cryptotenelloides* Lange-Bertalot, *Navicula aff. cryptotenella* Lange-Bertalot, *Fragilaria cf. biceps* Ehrenberg y *Rhopalodia* sp.2.

Un gran número de corrientes de las regiones RAMAZ, RVINTER y RPIELL presentaron una alta similaridad en la composición del ensamble asociada con la predominancia de *Gomphonema lagelula* Kützing, *Encyonema minutum* (Hilse) D.G.Mann, *Sellaphora pupula* (Kützing) Mereschkovsky, *Gomphonema contraturris* Lange-Bertalot & Reichardt, *Pinnularia aff. pisciculus* Ehrenberg, *Nitzschia* sp.43 y *Gomphonema* sp.33.

De las 377 especies, 143 presentaron diferencias significativas en la distribución entre las diferentes regiones (Tabla 3). Dichos taxones muestran porcentajes de ocurrencia muy variados e incluye tanto especies -comúnmente registradas como cosmopolitas- con una alta ocurrencia, como taxones que aún no han sido descritos y cuya ocurrencia es muy baja. Del listado se deduce que cerca del 40% de la riqueza total registrada en el presente estudio, es portadora de información para caracterizar las diferentes regiones del país y el 11% (43 especies) presenta distribución muy restringida ($p=0.00$).

Tabla 4 Especies significativas en el modelo envfit- Pcoa- y porcentajes de ocurrencia en el estudio. p=0 (*), p= 0.001 (**), p= 0.01 (*), p= 0.05 (.)**

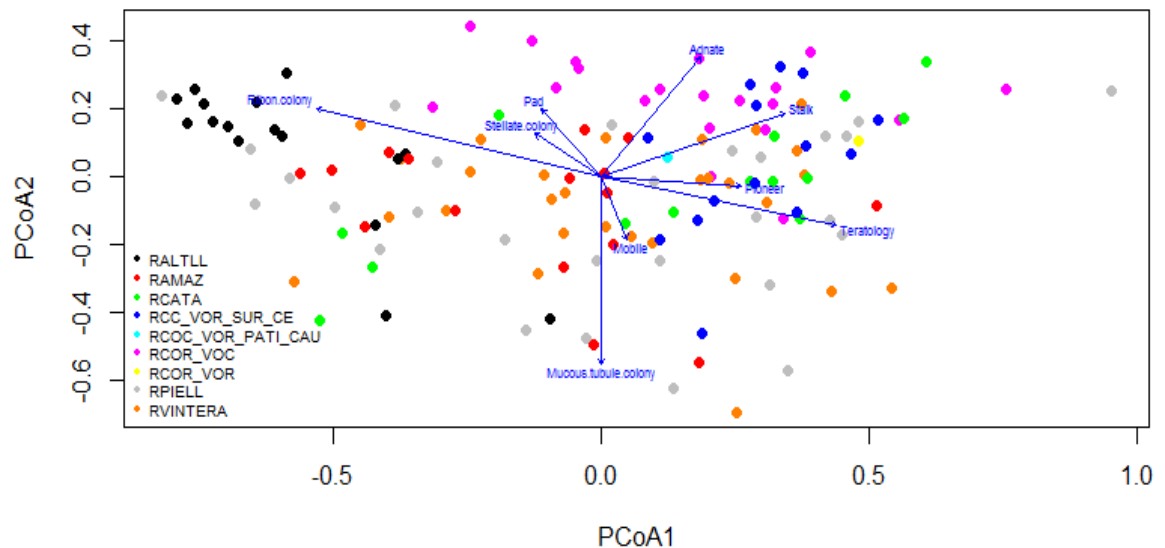
Id	Especie	%						Id	Especie	%					
		Axis.1	Axis.2	r2	Pr(>r)	p	Ocurrencia			Axis.1	Axis.2	r2	Pr(>r)	p	Ocurrencia
Acla	<i>Achnanthes lanceolata</i>	0.50	-0.86	0.04	0.04	*	0.04	Ache	<i>Achnanthes cf helvetica</i>	0.96	-0.27	0.04	0.05	.	0.13
Acma	<i>Achnanthidium macrocephalum</i>	-0.07	1.00	0.05	0.01	**	0.22	Acex	<i>Achnanthidium exiguum</i>	0.68	-0.73	0.12	0.00	***	0.47
Acmi	<i>Achnanthidium minutissimum</i>	0.55	0.84	0.05	0.02	*	0.42	Act1	<i>Actinella sp.1 brasiliensis</i>	-0.88	-0.47	0.09	0.00	***	0.05
Acsa	<i>Achnanthidium saprophilum</i>	1.00	-0.09	0.04	0.02	*	0.19	Ach	<i>Actinella sp.3 hustedtii</i>	-0.89	-0.45	0.09	0.00	***	0.05
Ac2	<i>Achnanthidium sp.2</i>	0.34	0.94	0.04	0.04	*	0.02	Brsu	<i>Brachysira subrostrata</i>	-0.93	-0.36	0.03	0.09	.	0.05
Achu	<i>Actinella hustedtii</i>	-0.88	-0.47	0.06	0.00	**	0.04	Cela	<i>Central lateral</i>	-0.96	-0.29	0.03	0.05	.	0.02
Brhu	<i>Brachysira huitotarium</i>	-1.00	-0.03	0.08	0.00	**	0.21	Chbn	<i>Chamaepinnularia brasiliensis</i>	-1.00	-0.02	0.03	0.08	.	0.13
Cacr	<i>Capartogramma crucicula</i>	-0.16	0.99	0.06	0.01	**	0.08	Copl	<i>Cocconeis placentula</i>	0.53	-0.85	0.26	0.00	***	0.36
CoE.	<i>Complejo E.sp.85</i>	-0.95	-0.30	0.06	0.00	**	0.06	Dicof	<i>Diademesis confervaceae</i>	0.91	0.40	0.03	0.06	.	0.46
Cytu	<i>Cymbella turgidula</i>	0.64	-0.76	0.04	0.03	*	0.16	Enmi	<i>Encyonema minutum</i>	-0.06	1.00	0.23	0.00	***	0.55
Dico	<i>Diademesis contenta</i>	0.12	0.99	0.04	0.04	*	0.27	En4	<i>Encyonema sp.4</i>	0.72	-0.70	0.03	0.06	.	0.09
Enan	<i>Encyonema angustecapitatum</i>	-0.99	0.11	0.07	0.00	**	0.08	Enfr	<i>Encyonopsis frequentis</i>	-0.97	-0.22	0.09	0.00	***	0.27
En10	<i>Encyonema sp.10</i>	0.69	-0.73	0.04	0.03	*	0.10	Eomi	<i>Eolimna minima</i>	0.91	-0.41	0.13	0.00	***	0.58
En14	<i>Encyonema sp.14 neogracile</i>	-0.96	0.28	0.04	0.01	*	0.08	Eo1	<i>Eolimna sp.1</i>	0.59	-0.81	0.13	0.00	***	0.11
Eoar	<i>Eolimna archibaldii</i>	0.60	-0.80	0.06	0.01	*	0.06	Eo2	<i>Eolimna sp.2</i>	0.91	-0.42	0.10	0.00	***	0.24
Eu6	<i>Eunotia 6</i>	-0.92	-0.38	0.08	0.00	**	0.04	Eota	<i>Eolimna tantula</i>	0.78	-0.62	0.03	0.05	.	0.08
Euca	<i>Eunotia camelus</i>	-0.97	-0.23	0.05	0.01	**	0.08	Euapa	<i>Eunotia aff paludosa</i>	-0.95	-0.31	0.20	0.00	***	0.18
Eucu	<i>Eunotia curvula</i>	-0.84	-0.54	0.05	0.00	**	0.05	Eubi	<i>Eunotia bilunaris</i>	-0.88	-0.48	0.16	0.00	***	0.10
Eu	<i>Eunotia sp.</i>	-0.93	-0.36	0.05	0.00	**	0.03	Euain	<i>Eunotia incisa</i>	-1.00	-0.02	0.08	0.00	***	0.14
Eu24	<i>Eunotia sp.24 Ind 2</i>	-0.82	-0.57	0.03	0.02	*	0.02	Euna	<i>Eunotia naegeli</i>	-0.93	-0.36	0.19	0.00	***	0.17
Eu41	<i>Eunotia sp.41</i>	-0.93	-0.37	0.05	0.00	**	0.08	Eupa	<i>Eunotia parasiolii</i>	-0.99	-0.17	0.39	0.00	***	0.44
Eu45	<i>Eunotia sp.45</i>	-0.86	-0.51	0.06	0.00	**	0.03	Euafo	<i>Eunotia parasiolii</i>	-0.92	-0.39	0.27	0.00	***	0.33
Eu61	<i>Eunotia sp.61</i>	-0.89	-0.46	0.05	0.01	**	0.05	Eusp	<i>Eunotia sp</i>	-0.91	-0.40	0.51	0.00	***	0.39
Eu90	<i>Eunotia sp.90</i>	-0.94	-0.34	0.04	0.01	*	0.05	Eu12	<i>Eunotia sp.127</i>	-0.94	-0.35	0.03	0.06	.	0.03
Fra9	<i>Fragilaria sp.9</i>	0.49	-0.87	0.06	0.00	**	0.04	Eu185	<i>Eunotia sp.185</i>	-0.41	0.91	0.03	0.10	.	0.01
Frul	<i>Fragilaria ulna var acus</i>	0.57	-0.82	0.04	0.02	*	0.07	Eu188	<i>Eunotia sp.188</i>	-0.82	-0.58	0.03	0.08	.	0.01
Frja	<i>Fragilariforma javanica</i>	-0.94	-0.35	0.06	0.00	**	0.24	Eu21	<i>Eunotia sp.21</i>	-0.86	-0.50	0.06	0.00	***	0.05
Fr1	<i>Fragilariforma sp.1</i>	-0.95	-0.30	0.07	0.00	**	0.11	Eu26	<i>Eunotia sp.26</i>	-0.87	-0.50	0.21	0.00	***	0.13
Fr3	<i>Fragilariforma sp.3</i>	-0.96	-0.27	0.03	0.04	*	0.08	Eu39	<i>Eunotia sp.39</i>	-0.85	0.52	0.04	0.05	.	0.08
Fr11	<i>Frustulia sp.11</i>	-0.56	0.83	0.05	0.01	**	0.12	Eu40	<i>Eunotia sp.40</i>	-0.86	-0.50	0.13	0.00	***	0.09
Fr4	<i>Frustulia sp.4 cf crassinervia</i>	-0.94	0.34	0.05	0.01	*	0.15	Eu42	<i>Eunotia sp.42</i>	-0.87	-0.49	0.15	0.00	***	0.05
Fr5-2	<i>Frustulia sp.5 Ind 2</i>	-0.95	-0.32	0.04	0.04	*	0.08	Eu9	<i>Eunotia sp.9 paludosa</i>	-1.00	-0.05	0.08	0.00	***	0.08
Fr8	<i>Frustulia sp.8</i>	-1.00	0.08	0.07	0.00	**	0.20	Eu90-3	<i>Eunotia sp.90 Ind 3</i>	-0.94	-0.35	0.03	0.08	.	0.01
Fr9	<i>Frustulia sp.9</i>	-0.98	-0.20	0.08	0.00	**	0.10	Eusu	<i>Eunotia subrobusta</i>	-0.90	-0.44	0.16	0.00	***	0.10
Goag	<i>Gomphonema agur var sphaeroph</i>	0.27	0.96	0.04	0.02	*	0.07	Eutra	<i>Eunotia transfuga</i>	-0.99	-0.11	0.09	0.00	***	0.08
Gocl	<i>Gomphonema clavatum</i>	0.87	-0.49	0.05	0.02	*	0.13	Eutri	<i>Eunotia trigibba</i>	-0.89	-0.45	0.09	0.00	***	0.07
Go10	<i>Gomphonema sp.10</i>	0.89	-0.45	0.05	0.02	*	0.10	Frbi	<i>Fragilaria biceps</i>	0.62	-0.78	0.11	0.00	***	0.13
Go21-4	<i>Gomphonema sp.21 Ind 4</i>	0.15	0.99	0.04	0.01	*	0.08	Fr1	<i>Frustulia sp.1</i>	-0.93	0.37	0.12	0.00	***	0.50
Go27	<i>Gomphonema sp.27</i>	0.95	-0.31	0.04	0.02	*	0.12	Fr2	<i>Frustulia sp.2</i>	-0.31	0.95	0.03	0.09	.	0.14
Haol	<i>Halamphora oligotraphenta</i>	0.65	-0.76	0.07	0.00	**	0.11	Fr5	<i>Frustulia sp.5</i>	-0.99	-0.17	0.09	0.00	***	0.09
Lu13	<i>Luticola sp.13</i>	-0.99	-0.10	0.04	0.01	*	0.04	Gede	<i>Geissleria decussis</i>	0.57	-0.82	0.04	0.05	.	0.16
Lu14-3	<i>Luticola sp.14 Ind 3</i>	-0.92	-0.40	0.03	0.05	*	0.01	Gene	<i>Geissleria neosubtropica</i>	-0.16	0.99	0.03	0.06	.	0.04
Meva	<i>Melosira cf varians</i>	0.51	-0.86	0.03	0.04	*	0.11	Goar	<i>Gomphonema archaevibrio</i>	-0.89	-0.46	0.18	0.00	***	0.14
Naro	<i>Navicula rostellata</i>	0.95	0.32	0.04	0.02	*	0.39	Goco	<i>Gomphonema contraterris</i>	0.06	1.00	0.09	0.00	***	0.41
Nasc	<i>Navicula schroeteri</i>	1.00	0.02	0.07	0.01	**	0.37	Gola	<i>Gomphonema lagenula</i>	0.12	0.99	0.31	0.00	***	0.79
Na14	<i>Navicula sp.14</i>	-0.99	-0.10	0.04	0.02	*	0.08	Gopu	<i>Gomphonema pumilum</i>	0.69	-0.72	0.13	0.00	***	0.29
Na15	<i>Navicula sp.15</i>	-0.91	0.42	0.06	0.00	**	0.15	Go11-4	<i>Gomphonema sp.11 Ind 4</i>	-0.05	1.00	0.03	0.08	.	0.03
Na15-2	<i>Navicula sp.15 Ind2</i>	-0.36	0.93	0.04	0.02	*	0.13	Go21-6	<i>Gomphonema sp.21 Ind 6</i>	0.15	0.99	0.03	0.07	.	0.01
Na18	<i>Navicula sp.18</i>	0.71	-0.70	0.08	0.00	**	0.08	Go33	<i>Gomphonema sp.33</i>	0.16	0.99	0.10	0.00	***	0.07
Na23	<i>Navicula sp.23</i>	0.96	-0.27	0.05	0.01	**	0.10	Goarh	<i>Gomphonema sp.8 cr rhombicum</i>	-0.11	0.99	0.03	0.08	.	0.02
Na26	<i>Navicula sp.26</i>	1.00	0.01	0.04	0.01	*	0.26	Hamo	<i>Halamphora montana</i>	1.00	0.00	0.13	0.00	***	0.33
Na27	<i>Navicula sp.27</i>	0.93	-0.36	0.04	0.04	*	0.10	Ha4	<i>Hantzschia sp.4</i>	0.09	1.00	0.03	0.05	.	0.02
Na28	<i>Navicula sp.28</i>	0.72	-0.70	0.05	0.02	*	0.07	Lups	<i>Luticola pseudokotschyi</i>	-0.99	-0.15	0.11	0.00	***	0.19
Na3	<i>Navicula sp.3</i>	0.44	-0.90	0.03	0.04	*	0.03	Lu5	<i>Luticola sp.5</i>	-0.99	-0.11	0.08	0.00	***	0.05
Na31	<i>Navicula sp.31</i>	0.91	-0.42	0.04	0.03	*	0.10	Maca	<i>Mayamaea cahabaensis</i>	0.54	-0.84	0.14	0.00	***	0.16
Nami	<i>Navicula sp.5 microcarii</i>	0.65	-0.76	0.06	0.01	**	0.13	Naca	<i>Navicula capitatoradiata</i>	0.55	-0.84	0.13	0.00	***	0.13
Niam	<i>Nitzschia amphibia</i>	0.94	-0.33	0.05	0.01	*	0.31	Nacr	<i>Navicula cryptotenelloides</i>	0.81	-0.59	0.03	0.08	.	0.15
Niin	<i>Nitzschia inconspicua Ind 2</i>	0.87	0.49	0.04	0.04	*	0.10	Na4	<i>Navicula sp.4</i>	0.80	-0.60	0.08	0.00	***	0.13
Nipa	<i>Nitzschia palea</i>	0.70	0.71	0.04	0.03	*	0.62	Na7	<i>Navicula sp.7</i>	-0.41	0.91	0.05	0.01	**	0.16
Nisi	<i>Nitzschia sinuata var delognei</i>	0.55	-0.84	0.09	0.00	**	0.10	Nana	<i>Naviculadicta nanogomphonema</i>	0.61	-0.79	0.14	0.00	***	0.32
Ni43	<i>Nitzschia sp.43</i>	0.02	1.00	0.08	0.00	**	0.08	Nifi	<i>Nitzschia filiformis var. conferta</i>	0.25	0.97	0.03	0.07	.	0.04
Nu11	<i>Nupela sp.11</i>	-0.94	-0.33	0.04	0.03	*	0.03	Nili	<i>Nitzschia linearis</i>	0.72	-0.69	0.08	0.00	**	0.14
Piru	<i>Pinnularia rupestris</i>	-0.96	-0.28	0.04	0.01	**	0.02	Nune	<i>Nupela subpallavicinii</i>	-0.96	-0.29	0.07	0.00	***	0.07
Pl2	<i>Placoneis sp.2 Ind 3</i>	0.69	-0.72	0.05	0.01	*	0.07	Pipi	<i>Pinnularia pisciculus</i>	-0.54	0.84	0.10	0.00	***	0.18
Plfr	<i>Planothidium frequentissimum</i>	0.56	-0.83	0.06	0.01	**	0.22	Pl7	<i>Placoneis sp.7</i>	0.61	-0.79	0.04	0.01	**	0.07
Resi	<i>Reimeria sinuata</i>	0.57	-0.82	0.04	0.02	*	0.25	Rhop	<i>Rhopalodia operculata</i>	0.57	-0.82	0.10	0.00	***	0.16
Rh1	<i>Rhopalodia sp.1</i>	0.65	-0.76	0.04	0.05	*	0.05	Rh2	<i>Rhopalodia sp.2</i>	0.60	-0.80	0.09	0.00	***	0.08
Rh5	<i>Rhopalodia sp.5</i>	0.46	-0.89	0.05	0.02	*	0.04	Sese	<i>Sellaphora seminulum</i>	0.61	-0.80	0.03	0.06	.	0.19
Sepu	<i>Sellaphora pupula</i>	0.31	0.95	0.07	0.00	**	0.46	Stad	<i>Stauroneis adamsiana</i>	0.82	-0.58	0.03	0.09	.	0.21
Se2	<i>Sellaphora sp.2</i>	-0.23	0.97	0.07	0.01	**	0.13	St7	<i>Stenopterobia sp.7 Ind 2</i>	-0.88	-0.48	0.03	0.07	.	0.02
St1	<i>Stenopterobia sp.1</i>	-0.85	-0.53	0.04	0.03	*	0.06	Su2	<i>Surirella sp.2 Ind 2</i>	-0.10	0.99	0.03	0.09	.	0.07
St2	<i>Stenopterobia sp.2</i>	-0.88	-0.48	0.06	0.01	**	0.02								

5.3.2. Matriz funcional. Cuando los ensambles de diatomeas son analizados desde sus atributos funcionales se observa una mayor dispersión entre las regiones (Figura 15). Si bien el PCOA reunió el 74% de la varianza de las especies en los dos primeros ejes de ordenación, se observa una mayor variabilidad de los ríos de RCOR_VOC en comparación con lo observado en la ordenación taxonómica. Los ríos de la altillanura muestran una alta similaridad funcional con algunos ríos del piedemonte llanero, regiones en donde las formas de vida predominantes son las Colonias Acintadas.

Las formas de vida Móvil, Colonia en tubos de mucílago y Pioneras son altamente recurrentes en la mayoría de las zonas de estudio. Sin embargo, las Pioneras parecieran ser predominantes en sitios con alta variabilidad de flujo, típico de zonas de la RCC_VOR_SC (observación de campo, no medida). De otro lado, las formas Teratológicas son particularmente predominantes en la cuenca alta del Magdalena (RCOR_VOC, RCC_VOR) y en pocos ríos de las regiones RCATA y RAMAZ.

Se destacan las formas de vida Adnadas y Almohadillas de mucílago (Pad) con una alta recurrencia en los ríos de piedemonte de la RCOR_VOC, sistemas en donde los Cantos constituyen el sustrato dominante.

Figura 15 Análisis de coordenadas principales del ensamble de diatomeas a nivel funcional. Las flechas representan los rasgos significativos ($p. \max = 0.001$) (función envfit). Ver Figura 10 para listados de rasgos.



De las 12 formas de vida consideradas, 10 presentaron diferencias significativas en la distribución entre las diferentes regiones, por lo cual, la mayoría de las formas de vida aquí consideradas son importantes para caracterizar las diferentes regiones estudiadas (Tabla 5).

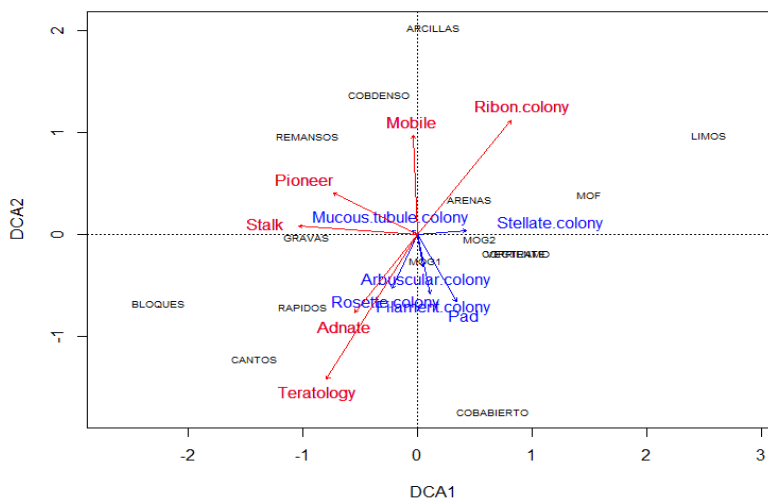
De acuerdo con análisis Procrustes y el test de rotación (Protest), los patrones en la estructura del ensamble taxonómico y funcional, fueron altamente concordantes ($m^2 = 0.77$, $p < 0.01$), por lo tanto, en ambas ordenaciones se mantiene de manera general una alta similitud entre varias regiones y coinciden más de lo esperado por azar.

Tabla 5. Rasgos significativos en el modelo envfit- Pcoa. Pr: Probabilidad, significancia (Sign): p=0 (*), p= 0.001 (**), p= 0.01 (*), p= 0.05 (.), p=1().**

Rasgos	Axis.1	Axis.2	r2	Pr(>r)	Sign
Mobil	0.26	-0.97	0.09	0.001	***
Teratologicas	0.95	-0.31	0.53	0.001	***
Pioneras	0.99	-0.11	0.17	0.001	***
Adnadas	0.47	0.88	0.40	0.001	***
Almohadillas	-0.48	0.88	0.13	0.001	***
Pedunculadas	0.88	0.48	0.38	0.001	***
Colonia Tubos Mucílago	0.00	-1.00	0.77	0.001	***
Colonia Filamentosa	-0.19	0.98	0.01	0.473	
Colonia Roseta	-0.03	1.00	0.04	0.063	.
Colonia acintadas	-0.94	0.35	0.80	0.001	***
Colonia Estrelladas	-0.70	0.72	0.08	0.003	**
Colonia Arbuscular	0.74	0.67	0.04	0.041	*

Al asociar los rasgos a la hidrogeomorfología (Figura 16) se observó que las formas de vida adnada y teratología presentaron una relación significativa con los ríos con predominio de sustratos duros en sus lechos y con presencia de rápidos, mientras que las especies pioneras y pedunculadas fueron comunes en ríos con predominio de gravas y remansos. Las colonias Acintadas estuvieron asociadas significativamente a ríos con alta cobertura por dosel y arcillas.

Figura 16. Análisis de ordenación para las variables hidrogeomorfológicas y los rasgos de diatomeas asociados (envfit). Rasgos en rojo p<0.05.) Ver Figura 10 para listados de rasgos.



5.4. VARIABLES AMBIENTALES IMPORTANTES PARA LOS ENSAMBLES TAXONÓMICO Y FUNCIONAL

La altitud mostró una correlación significativa con la matriz taxonómica y funcional en presencia de variables ambientales y cuando interviene como covariable, sin embargo, cuando son usadas las coordenadas, en presencia de variables ambientales, la correlación con la matriz funcional no es significativa. Asimismo, es de destacar que no existe una correlación significativa entre el ensamble funcional y la fisicoquímica, sin embargo, cuando el ensamble funcional se correlaciona con la matriz ambiental (fisicoquímica + hidrogeomorfología), dicha correlación pasa a ser significativa (Tabla 6).

El análisis de los filtros ambientales mostró que el ensamble taxonómico está explicado desde la fisicoquímica por el Sílice disuelto y los Sólidos suspendidos, y desde la hidrogeomorfología por los sustratos duros fijos (bloques, cantos), sustratos duros móviles (gravas, arenas), sustratos blandos (arcillas y limos), materia orgánica gruesa (palos, raíces, ramas), materia orgánica fina y la presencia de rápidos, explicando el 66% de la varianza de los datos en los tres primeros componentes (Tabla 7). El modelo final fue: *Matriz taxonómica* $\sim SiO_2 + SS + BLOQUES + CANTOS + GRAVAS + LIMOS + ARCILLAS + MOG1 + MOF + RAPIDOS + Condición(altitud)$, y las variables ambientales explicaron un 14% (Figura 17). Todas las variables fueron significativas ($p < 0.05$, 1000 permutaciones). La altitud explicó un 13% de la variabilidad en la composición taxonómica, lo cual indica que el ensamble taxonómico está estructurado espacialmente, aun cuando las coordenadas de los sitios son consideradas para cuantificar la distancia espacial (Tabla 6).

El ensamble a nivel funcional es explicado significativamente por los Sólidos Suspendidos, los sustratos duros fijos y móviles (cantos, gravas), los Limos, la materia orgánica gruesa, los remansos y la corriente, reuniendo el 76% de la

varianza en los tres primeros componentes (Tabla 7). El modelo final para la matriz funcional fue: *Matriz funcional* ~ *SS* + CANTOS + GRAVAS + LIMOS + MOG1 + REMANSOS + CORRIENTE + Condición (altitud). En dicho modelo, las variables ambientales explicaron el 15% de la variabilidad de la estructura del ensamble funcional, mientras que la altitud explicó el 7% (Figura 17).

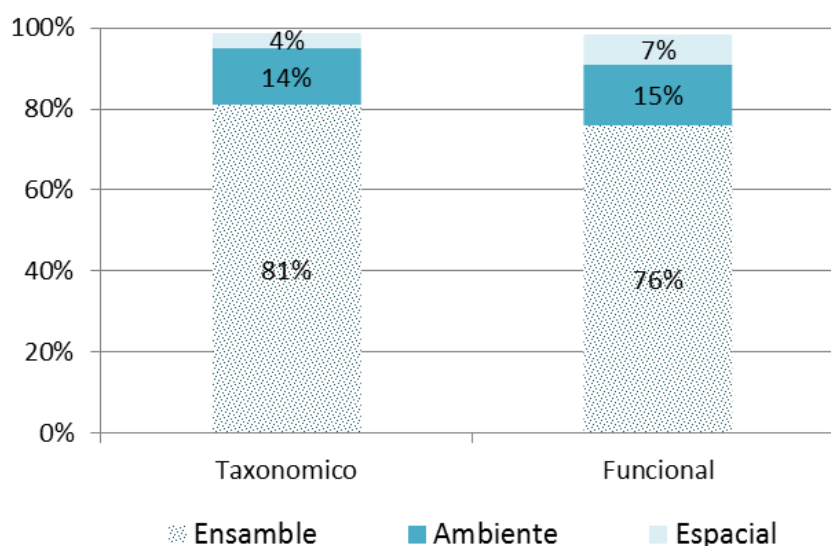
Tabla 6 Test de Mantel entre las matrices de similaridad de los ensambles y la distancia fisicoquímica, hidrogeomorfológica y ambiental. Test de Mantel parcial entre los ensambles y la matriz ambiental teniendo como covariable (Cov) la distancia espacial (Altitud/Coordenadas) y viceversa.

Matriz	Test Mantel						Test Mantel Parcial							
	Distancia Fisicoquímica		Distancia Hidrogeomorfológica		Distancia Ambiental		Distancia ambiental Cov.Dist Altitud		Distancia Altitud Cov.Dist ambiental		Distancia ambiental Cov.Dist Coordenadas		Distancia Coordenadas Cov.Dist ambiental	
	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
Taxonomica	0.085	0.001	0.112	0.001	0.14	0.001	0.117	0.000	0.130	0.000	0.085	0.001	0.115	0.001
Funcional	0.054	0.06	0.075	0.036	0.138	0.001	0.118	0.002	0.103	0.012	0.055	0.005	0.006	0.361

Tabla 7. Valores de Inercia e importancia de los componentes en el PCoA constreñido para los ensambles taxonómico y funcional.

Ensamble	Inercia				Importancia de los componentes		
	Total	Constrained	Unconstrained	Conditioned	Cap1	Cap2	Cap3
<i>Taxonómico</i>	51.97	7.52	42.46	1.99	0.35	0.16	0.15
<i>Funcional</i>	9.71	1.52	7.46	0.72	0.63	0.13	0.1

Figura 17. Porcentaje de varianza explicado por la matriz biológica, ambiental y espacial en el PCoA constreñido para los ensambles taxonómico y funcional.



5.5. PROPUESTA PARA UNA CLASIFICACIÓN DE RÍOS DE COLOMBIA

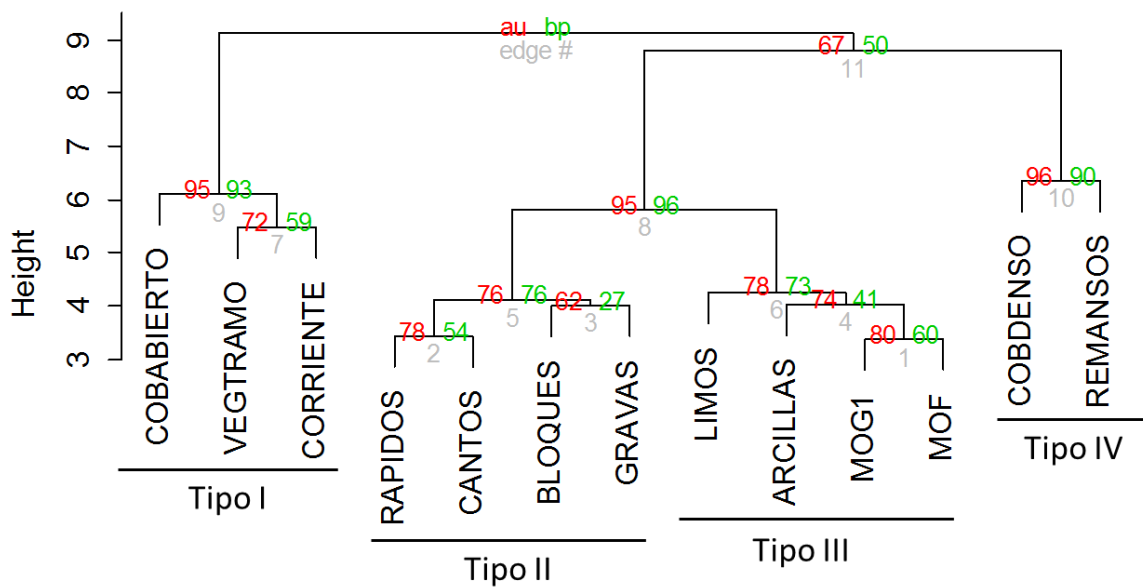
Con el fin de establecer las variables para la clasificación de ríos del país, se resumen los resultados obtenidos del análisis de filtros ambientales para los ensambles (Tabla 8). Dado que las variables hidrogeomorfológicas explicaron el mayor porcentaje de la varianza, se realizó un análisis de agrupamiento con dicha información y sobre esta base, una tipología preliminar es propuesta. Todas las variables hidrogeomorfológicas que fueron significativas en el modelo en al menos uno de los ensambles (taxonómico o funcional) fueron incluidas, junto con el porcentaje de vegetación en el tramo (VegTramo) y de cobertura (Cob Denso, Cob Abierto), no retenidas en el modelo pero que las consideramos de importancia dado que determinan la cantidad de luz, factor limitante para los ensambles algales.

Cuatro grandes grupos de ríos fueron delimitados (Figura 18), los cuales son descritos a continuación.

Tabla 8 Resumen de las principales variables que inciden en la estructura de los ensambles de diatomeas-PCoA constreñido. N.S: No significativa, * $p < 0.05$.**

Factor	Variable	Ensamble	
		Taxonómico	Funcional
Fisicoquímica	Sílice	***	N.S
	SO4	N.S	N.S
	PO4	N.S	N.S
	NH4	N.S	N.S
	NO3	N.S	N.S
	NO2	N.S	N.S
	Alcalinidad	N.S	N.S
	pH	N.S	N.S
	Conductividad	N.S	N.S
	Cloruros	N.S	N.S
	Sólidos	***	***
	Suspendidos		
Lecho	Bloques	***	NS
	Cantos	***	***
	Gravas	***	***
	Limos	***	***
	Arcillas	***	NS
	MOF	***	NS
	MOG	***	***
Flujo	Rápidos	***	NS
	Remansos	NS	***
	Corriente	NS	***
Geografía	Altitud	***	***
	Coordenadas	***	NS

Figura 18 Análisis de agrupamiento (distancia euclídea, complete linkage) con las variables hidrogeomorfológicas. AU (en rojo): valores p “approximately unbiased”; BP (verde): probabilidad bootstrap “bootstrap probability”.



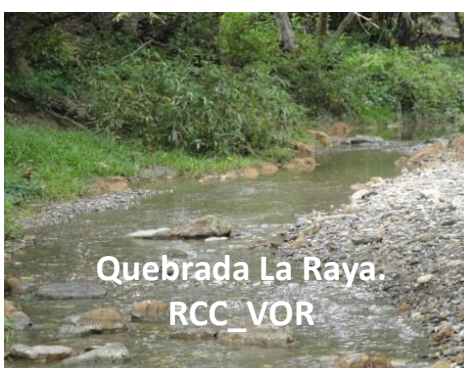
Tipo I. Ríos con vegetación abierta y con corriente

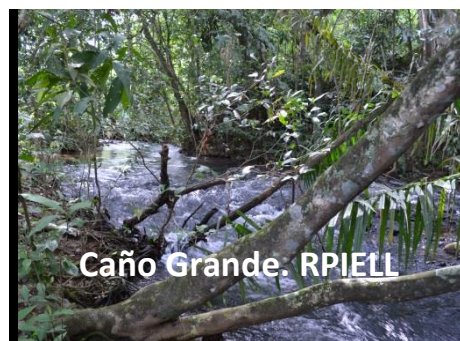
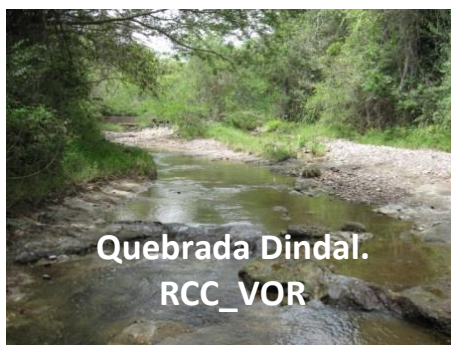
- Presentan algunos elementos duros en el lecho pero con predominio de arenas o arcillas
- Vegetación riparia abierta, rasante (pasturas, arbustos) o ausente. Algunos con presencia de cultivos.
- Cauces muy amplios y con procesos de erosión en sus bancas
- Alta concentración de Sólidos suspendidos
- Predominan rasgos: Almohadillas (Pad) y Colonias arbusculares y estrelladas.



Tipo II. Ríos pequeños con sustratos duros y flujo turbulento

- Predominancia de sustratos duros (bloques, cantos, gravas) y alta disponibilidad de Sílice disuelto
- Predominio de zonas de rápidos y corriente
- Cauces pequeños
- Incluye desde ríos de montaña (1800m) hasta altitudes de 300 m snm(Q.Hormiga).
- Predominan formas adnadas, de pequeño tamaño y presencia de algunas especies con formas teratológicas.





Tipo III. Ríos con alta entrada de hojarasca y sustratos blandos.

- Alta cobertura del dosel y alta entrada de hojarasca
- Predominan los limos y las arcillas, algunos con presencia de arenas
- Corriente suave y predominio de zonas con remansos
- Presentes principalmente en zonas bajas y en zonas medias (500m snm).
- Las formas pioneras y pedunculadas son predominantes





Ríos Tipo IV. Ríos con bosque de ribera

- Ríos profundos, con bosque de rivera
- Predominio de sustratos blandos, flujo suave
- Formas móviles y colonias en cinta son predominantes
- Predominan en la Altillanura





6. DISCUSIÓN

6.1. COMPOSICIÓN DE LOS ENSAMBLES Y PATRONES DE DISTRIBUCIÓN

En términos de composición, los ríos de RALTILL presentan una diatomoflora única con una alta recurrencia de especies del género *Eunotia*, varias de ellas aun no descritas, que concuerda con lo ampliamente reportado en la literatura sobre la preferencia de dicho taxón por ambientes ácidos (Planas et al., 1989). Asimismo, es evidente que el número de especies que permiten diferenciar las diferentes regiones es alto e incluye taxones aun no descritos con distribución reducida, lo cual contradice el supuesto del cosmopolitismo en diatomeas, paradigma criticado por Mann & Droop (1996); Kociolek & Spaulding (2000), quienes señalan que un número importante de diatomeas podrían ser endémicas o con distribución restringida, aunque son muy pocas cuando se consideran las especies más abundantes o frecuentes (Potapova & Charles, 2002). Adicionalmente, los criterios de distribución están supeditados al concepto de especie y el nivel de determinación taxonómica; entre más fino sea el análisis taxonómico, se podrán observar taxones con rangos de distribución más estrechos (Soininen, 2004). En el presente estudio, el número de especies con amplia distribución es alto (60%) y cerca del 40% del total de la riqueza (143 especies) presentan distribución limitada y entre 9-11% de la riqueza presentan distribución más restringida, lo que sugiere posibles endemismos que deben ser abordados con más estudios regionales en taxonomía fina.

La alta congruencia de las ordenaciones de los ensambles taxonómico y funcional respalda la hipótesis propuesta. De manera general, la composición de los ensambles difiere en ciertas regiones estableciendo floras particulares donde las variables ambientales y la altitud constituyen factores importantes. Sin embargo,

un gran número de ríos de diferentes regiones presentan una alta similitud que podría estar relacionada con las condiciones del hábitat, específicamente con la hidrogeomorfología. De acuerdo con Pan et al (2000) los ensambles de diatomeas responden más a las condiciones ambientales locales que a factores de mayor escala, lo cual concuerda con lo observado en la mayoría de los RALTILL, RCC_VOR_SC, RCOR_VOC y RAMAZ. La alta dispersión de los puntos de RCATA en el espacio de ordenación taxonómico y funcional, obedece a una mayor variabilidad del hábitat (lecho y cobertura del dosel) en esta región a lo largo del gradiente altitudinal muestreado. Los puntos con predominio de sustratos duros (cantos, gravas) se encuentran en zonas entre los 400-800 msnm y se agrupan con ríos de piedemonte de la cordillera central y oriental (RCOR_VOC, RCC_VOR), sitios en los que el porcentaje de rápidos en el tramo es mayor y en los cuales predominan especies muy cercanas al sustrato (bajo perfil) como *Cocconeis placentula*, *Eolimna minima*, *Achnanthidium exiguum*, *Gomphonema pumilum*, *Naviculadicta nanogomphonema*, *Navicula cf capitatoradiata*, *Halamphora montana*, *Nitzschia sinuata var delognei*. Asimismo, otro grupo de corrientes en donde también predominan las gravas pero con baja cobertura de dosel y ausencia de rápidos, se encuentran en altitudes entre 100-300 m snm, allí son comunes *Gomphonema lagenula*, *Gomphonema contraturris*, *Encyonema minutum*, todas especies de alto perfil, con presencia de pedúnculos o colonias en tubos de mucílago. Finalmente, varias corrientes de RCATA en zonas inferiores a los 100m snm con predominancia de limos y vegetación con alta cobertura del dosel se agrupan con los RPIELL y RALTLL, en donde son predominantes varias especies del genero *Eunotia*, como *Eunotia naegeli*, *E.parasolii*, *E.subrobusta*, *E.incisa*, *E.bilunaris*, *E.pileus* y del género *Eunotiomorfa*, como *E.curvula*, todas coloniales de alto perfil, así como especies móviles (*Gomphonema archaeovibrio*, *Luticola pseudokotschy*,) que pueden ubicarse en diferentes estratos del biofilm. Si bien el gradiente altitudinal abarcado no es amplio, los cambios en composición del sustrato y vegetación de ribera son contrastantes.

Los RPIELL también siguieron un patrón similar a lo descrito anteriormente, sin embargo, el factor ambiental está asociado con la cobertura vegetal y el sustrato dominante; algunos ríos de RPIELL reunidos con los RALTILL presentan una cobertura densa, con presencia de bosque ripario, sustratos blandos y 100% de zonas de corriente, mientras que otras corrientes de esta misma región se agrupan con los RCATA de la zona media.

La similaridad a grandes escalas ha sido asociada con pérdida de heterogeneidad espacial por influencia humana (Pan et al., 2000) y consecuente eutrofización. Goldenberg Vilar et al., (2014), encontraron que la eutrofización afecta el decaimiento de la distancia de similaridad de la comunidad disminuyendo las tasas de recambio e incrementando la homogenización de la comunidad. Aunque la evaluación del efecto de la eutrofización no fue un objetivo del presente estudio, sí se contó dentro del set de datos una corriente con alto contenido de nutrientes y que sobresalió en los análisis exploratorios por diferir del resto de regiones; sin embargo, a la luz de los resultados, el principal factor homogenizador del hábitat de los ríos estudiados lo constituyen los sólidos suspendidos, dado su significancia en los modelos.

La distribución de las formas de vida mostró una estrecha relación con la hidrogeomorfología de los ríos. En corrientes con mayor porcentaje de sustratos duros (gravas, cantos, bloques) y predominio de zonas de rápidos y corriente, fueron comunes especies pequeñas con formas de vida Adnadas, y con Almohadillas de mucílago (pad). En general, los sistemas sometidos a estrés están dominados por organismos pequeños cuyo metabolismo y tasas de flujo son más rápidos (Odum, 1985) y en este estudio, dicho estrés estaría relacionado con la corriente. Las colonias Acintadas y en Tubos de mucílago predominaron en sitios donde existe una alta cobertura por el dosel, lo que supone una estrategia de dichos rasgos para captar de manera más eficiente la luz, dado que no toleran turbulencia (Passy, 2007).

En síntesis, en sistemas sometidos a continuo estrés dado la alta recurrencia de zona de rápidos, así como sustratos duros en el lecho son comunes especies pequeñas de bajo perfil, mientras que las de alto perfil son predominantes en sitios donde la cobertura por el dosel es alta.

En el caso de teratología, varias formas teratológicas fueron particularmente predominantes en los RCATA y RCOR_VOR. En dichas regiones se encuentran algunas corrientes con los valores más altos de nutrientes y especies con mayor recurrencia de formas anormales como *Gomphonema lagenula*, *Nitzschia palea*, *Mayamaea cahabaensis*, lo cual confirma la relación de formas anormales con la calidad del agua (Gómez & Licursi, 2003). Cuando las células están expuestas a diferentes clases de estrés ambiental, la morfología del frústulo puede cambiar generando formas teratológicas (Falasco et al., 2009), lo cual no necesariamente está asociado a contaminación orgánica e industrial, dado que el flujo también es considerado un factor tensionante para las algas bénticas (Peterson & Stevenson, 1992; Peterson, 1996), como lo observado en los RCC_VOR y RCOR_VOC. El rasgo teratología también estuvo presente en ríos con valores moderados de nutrientes pero con alto predominio de rápidos en el tramo, mientras que formas teratológicas de *Mayamaea cahabaensis* fueron recurrentes tanto en sitios con altos valores de nutrientes como en sitios de alto flujo.

6.2. DETERMINANTES AMBIENTALES EN LA DISTRIBUCIÓN DE LOS ENSAMBLES

Los ríos estudiados variaron ampliamente en la química del agua y en las características del hábitat. Los resultados muestran que la geoquímica, la trofía y los sólidos, constituyen los principales factores que configuran las diferencias fisicoquímicas entre las regiones estudiadas. El análisis discriminante de componentes principales mostró que la similitud fisicoquímica agrupa regiones

congruentemente con lo observado en el análisis de la diatomoflora. Los ríos de piedemonte de RCOR_VOC, RCC_VOR y RCOR_VOR presentaron una alta similaridad fisicoquímica, taxonómica y funcional.

El sílice mostró una fuerte asociación con la estructura del ensamble taxonómico, lo cual es esperable dado que es ampliamente conocido que la formación del frústulo depende del sílice del medio (Martin-jézéquel et al., 2000). En el ensamble funcional, los sólidos suspendidos fue la variable fisicoquímica con mayor peso, lo cual refuerza la idea que la adherencia de las algas al sustrato puede ser impedida por las partículas suspendidas (Wood & Armitage, 1997).

El fraccionamiento de la varianza mostró que las variables ambientales explicaron más variación que el factor espacial. Aunque la altitud explicó entre el 4 y 7% de la varianza en los ensambles taxonómico y funcional, respectivamente, podría estar revelando que ciertas especies pueden estar limitadas por factores geográficos. En ríos boreales se han descrito patrones opuestos, los ensambles de diatomeas muestran un fuerte componente espacial (Soininen et al., 2004), encontrándose ensambles altamente disímiles en diferentes áreas, patrones similares han sido registrados en ríos templados (Potapova & Charles, 2002; Passy, 2007).

El alto número de variables hidrogeomorfológicas incluidas en los modelos, sugiere que la hidrogeomorfología representa un filtro ambiental de primer orden, mientras que la geografía influencia en menor medida la estructura de los ensambles. Sin embargo, dado que en ambos ensambles existe una alta proporción de la varianza que no es explicada ni por el ambiente ni por la geografía, parte de la variabilidad espacial podría estar relacionada con parámetros ambientales no medidos y que están altamente correlacionados con la altitud, como la pendiente, velocidad de flujo y en general aspectos hidráulicos que influyen en la inestabilidad, turbulencia y abrasión del biofilm. Bottin et al. (2014),

encontraron que los ensambles de diatomeas en ríos franceses también muestran un fuerte control ambiental.

El presente estudio demuestra que en ríos de Colombia la altitud es un factor geográfico más importante que las distancias espaciales en la estructuración de los ensambles de diatomeas tanto a nivel taxonómico como funcional, según el test de Mantel parcial. Asimismo, se demuestra que los cambios en la estructura ocasionados por aspectos hidráulicos -indirectamente aquí inferido por la altitud y el porcentaje de rápidos- no constituyen una característica única de ríos de montaña (Zapata & Donato, 2005).

Aunque en varios estudios se ha demostrado que las comunidades de diatomeas están estructuradas tanto por factores espaciales como ambientales (Stevenson et al., 1999; Potapova & Charles, 2002; Goldenberg Vilar et al., 2014), hasta este estudio no se conocen trabajos en donde se cuantifique el aporte de las variables ambientales y geográficas en la composición de diatomeas en ríos del país a gran escala.

En resumen, la funcionalidad está determinada por el estrés mecánico, dado que la exposición al flujo, la estabilidad del sustrato y la cantidad de luz asociada a la cobertura del dosel, fijan las formas de crecimiento predominantes. La composición taxonómica está relacionada con el ambiente químico; el sílice y los sólidos suspendidos están asociados a aspectos fisiológicos de las especies, el primero a la formación del frústulo y el segundo a la limitación del crecimiento por luz como resultado de la sedimentación por encima del biofilm y procesos de abrasión.

Es importante resaltar que a la luz de los resultados, la sola fisicoquímica no estructura el ensamble funcional en los ríos estudiados, razón por la que se hace necesario probar esta hipótesis en futuros estudios.

6.3. TIPOS DE RÍOS

Dado que la geografía explicó débilmente la variación de la estructura de los ensambles, una clasificación de ríos por regiones hidrográficas no reflejaría los atributos ni biológicos ni funcionales de los ensambles, puesto que dichas regiones son delimitadas por criterios topográficos. Sin embargo, variables como altitud (o pendiente), vegetación, composición del lecho y aspectos del flujo, son necesarios para delimitar los ríos del país con criterios ecológicos.

De acuerdo con los resultados, los 4 tipos de ríos aquí delimitados se encuentran en todas las regiones estudiadas. Sin embargo, es necesario corroborar la clasificación propuesta con la información de los ensambles (taxonómico y funcional), aspectos no abordados en el presente estudio por limitaciones de tiempo.

En el corto plazo, el uso de diatomeas como indicadoras de salud ecológica en ríos debe realizarse entre tipos de ríos comparables, como los aquí delimitados. Asimismo, se espera que en Colombia la delimitación de ecorregiones incluya ensambles de diatomeas. En países templados se han realizado estudios que concluyen la necesidad de incluir las diatomeas para delimitar fehacientemente las ecoregiones (Rimet & Bouchez, 2012c).

7. CONCLUSIONES

- Los ensambles de diatomeas en ríos de Colombia muestran un fuerte control local por las condiciones del hábitat y no exhiben una estructura espacial fuerte, dado que el 60% de las especies de diatomeas presentan una distribución amplia y en los modelos, menos del 5% de la varianza fue explicada por el factor espacial. Asimismo, el 40% de las especies con distribución restringida puede ser el resultado de un efecto aleatorio, por bajas abundancias de especies raras o poco frecuentes.
- La alta congruencia de las ordenaciones de los ensambles taxonómico y funcional sugiere que los rasgos funcionales constituyen una métrica apropiada para el biomonitoreo en Colombia, en donde la taxonomía aún es incipiente.
- Las variables hidrogeomorfológicas constituyen un filtro ambiental de primer orden en los ensambles taxonómico y funcional, un segundo orden lo constituyen las variables fisicoquímicas asociadas con las características ópticas (sólidos suspendidos) y la geoquímica (sílice) y un tercer orden lo constituye la altitud.
- En ríos de Colombia, la funcionalidad está influenciada por la geomorfología y la hidráulica mientras que la composición taxonómica por la geoquímica (Sílice) y la hidráulica.
- Existen 4 tipos de ríos que están presentes en diferentes regiones del país que deberían ser considerados para fines comparativos de sus características ecológicas y propósitos de biomonitoreo, con el fin de establecer métricas comparables entre tipos de ríos.

BIBLIOGRAFÍA

ALLAN, J. D., Stream ecology: Structure and function of running waters. Kluwer Academic Publishers.1995.

BERTHON, V., A. BOUCHEZ, & F. RIMET,. Using diatom life-forms and ecological guilds to assess organic pollution and trophic level in rivers: a case study of rivers in south-eastern France. *Hydrobiologia* 673: 259–271.2011.

BIGGS, B. J. F., D. G. GORING, & V. I. NIKORA, Subsidy and Stress Responses of Stream Periphyton To Gradients in Water Velocity As a Function of Community Growth Form. *Journal of Phycology* 34: 598–607.1998a.

BIGGS, B., R. STEVENSON, & R. LOWE,. A habitat matrix conceptual model for stream periphyton. *Archiv für Hydrobiologie* 143: 21–56.1998b.

BORCARD, D., F. GILLET, & P. LEGENDRE, Numerical ecology with R. Springer Science.2011

BOTTIN, M., J. SOININEN, M. FERROL, & J. TISON-ROSEBERY, Do spatial patterns of benthic diatom assemblages vary across regions and years?. *Freshwater Science* 33: 402–416.2014.

CAMBRA, J., L. ECTOR, & S. SABATER, El establecimiento el estado ecológico según la Directiva Marco del Agua: Protocolos de muestreo y análisis para fitobentos (microalgas bentónicas). Ministerio del Medio Ambiente. Confederación Hidrográfica del Ebro.2005

CCME. Canadian Council of Minister of the Environment, Canadian Environmental Quality Guidelines. 2016.

CEN. European Committee for Standardization, Water Quality. Guidance for routine sampling and pre-treatment of benthic diatoms from rivers. EN 13946. .2003.

DÍAZ-QUIRÓS, C., & C. A. RIVERA-RONDÓN. Diatomeas de pequeños ríos andinos y su utilización como indicadores de condiciones ambientales. *Caldasia* 26: 381–394.2004

EPA. Quality Criteria for Water. Washington D.C.1986

FALASCO, E., F. BONA, G. BADINO, L. HOFFMANN, & L. ECTOR, Diatom teratological forms and environmental alterations: A review. *Hydrobiologia* 623: 1–35.2009

FRISSELL, C. A., *et al.* A hierarchical framework for stream habitat classification: Viewing streams in a watershed context. *Environmental Management* 10: 199–214, 1986.

GOLDENBERG VILAR, A., *et al.* Eutrophication decreases distance decay of similarity in diatom communities. *Freshwater Biology* 59: 1522–1531.2014.

GÓMEZ, N., & M. LICURSI. Abnormal forms in *Pinnularia gibba* (Bacillariophyceae) in a polluted lowland stream from Argentina. *Nova Hedwigia* 77: 389–398.2003

HERNÁNDEZ-ATILANO, E., N. J. AGUIRRE, & J. A. PALACIO, Variación espacio-temporal de la estructura de la comunidad de algas perifíticas en la

microcuenca de la quebrada La Vega, municipio de San Roque (Antioquia), Colombia. Actualidades Biológicas 27: 67–77.2005.

HOAGLAND, K. D., *et al*, Colonization and Community Structure of Two Periphyton Assemblages , with Emphasis on the Diatoms (Bacillariophyceae). Amer. J. Bot. 69: 188–213. 1982

JOHNSON, R. E., N. C. TUCHMAN, & C. G. PETERSON, 1997. Changes in the Vertical Microdistribution of Diatoms within a Developing Periphyton Mat. J. N. Am. Benthol. Soc. 16: 503–519.1997

JUNK, W. ., P. . BAYLEY, & SPARKS R.E, 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. In Dodge, D. . (ed), Proceedings if the International Large River Symposium. Can.Spec.Publ.Fish.Aquat.Sci.106: 110–127.1989

KOCIOLEK, J., & S. SPAULDING. Freshwater diatom biogeography. Nova Hedwigia 71: 223–241.2000

LALIBERTÉ, E., P. LEGENDRE, B. SHIPLEY, & M. E. LALIBERTÉ, Package “FD.” Version 1: 12. 2014

LAMBERTI, G. A., The role of periphyton in benthic food webs. Algal ecology: freshwater benthic ecosystems. Academic Press, San Diego, California, USA 533–572.1996

LAMPARELLI, M., Graus de trofia em corpos d ’ água do Estado de São Paulo: Avaliação dos métodos de monitoramento. Universidade de São Paulo. 2004.

LAMPERT, W. Daphnia : Model Herbivore , Predator and Prey. 607–620. 2006.

LANGE, K., A. LIESS, J. J. PIGGOTT, C. R. TOWNSEND, & C. D. MATTHAEI., Light, nutrients and grazing interact to determine stream diatom community composition and functional group structure. *Freshwater Biology* 56: 264–278.2011.

LEGENDRE, P., & E. GALLAGHER, Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. *Oecologia Springer-Verlag* 129: 271–280.2001

LEWIS JR., W. M. Physical and Chemical Features of Tropical Flowing Waters. *Tropical Stream Ecology* 1–21.2008

MANN, D. G., & S. J. M. DROOP. Biodiversity, biogeography and conservation of diatoms *Biogeography of freshwater algae*. Springer: 19–32.1996.

MARTÍNEZ, L. F., & J. C. DONATO. Efectos del caudal sobre la colonización de algas en un río de alta montaña tropical (Boyacá, Colombia). *Caldasia* 25: 337–354. 2003.

MARTIN-JÉZÉQUEL, V., M. HILDEBRAND, & M. BRZEZINSKI, Review Silicon metabolism in diatoms : implications for growth 1. *Journal of Phycology* 36: 821–840.2000

METZELTIN, D., & H. LANGE-BERTALOT, Tropical Diatoms of South America I. About 700 predominantly rarely known or new taxa representative of the neotropical flora. *Iconographia Diatomologica* 5. Koeltz, Konigstein, Germany .1998

METZELTIN, D., & H. LANGE-BERTALOT, Tropical diatoms of South America II. Special remarks on biogeographic disjunction. *Iconographia Diatomologica* 18. Koeltz Scientific Books. Koenigstein.2007

MONTOYA, Y., J. RAMÍREZ-RESTREPO, & R. SEGECIN-MORO. Diatomeas perifíticas de la zona ritral del Río Medellín (Antioquia), Colombia. *Actualidades Biológicas* 30: 181–192.2008

MONTOYA-MORENO, Y., S. SALA, A. VOUILLOUD, N. AGUIRRE, & Y. PLATA-DÍAZ, 2013. Lista de las diatomeas de ambientes continentales de Colombia. *Biota Colombiana* 14: 13–70.2013.

NEWBOLD, J., R. O'NEILL, J. ELWOOD, & W. VAN WINKLE,. Nutrient spiralling in streams: implications for nutrient limitation and invertebrate activity. *American Naturalist* 120: 628–652.1982.

ODUM, E. P.. Trends Expected in Stressed Ecosystems. *BioScience* 35: 419–422.1985

OKSANEN, J., R. et al, The vegan package. *Community ecology package* 631–637.2007.

OMERNIK, J. M., & G. E. GRIFFITH. Ecological regions versus hydrologic units: Frameworks for managing water quality. *Journal of Soil and Water Conservation* 46(5): 335–340.1991

OMERNIK, J., & R. BAILEY. Distinguishing between watersheds and ecoregions. *Journal of the American Water Resources Association* 33: 935–949.1997

PAN, Y., R. STEVENSON, B. HILL, & A. HERLIHY, Ecoregions and benthic diatom assemblages in Mid-Atlantic Highlands streams, USA. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 19: 518–540.2000

PASSY, S. I., Spatial paradigms of lotic diatom distribution: A landscape ecology perspective. *Journal of Phycology* 37: 370–378.2001.

PASSY, S. I., Diatom ecological guilds display distinct and predictable behavior along nutrient and disturbance gradients in running waters. *Aquatic Botany* 86: 171–178.2007.

PEDRAZA-GARZON, E., & J. DONATO-RONDON,. Diversity and distribution of diatoms in a mountain stream of the Colombian Andes. *Caldasia* 33: 177–191.2011

PENNAK, R. W. Toward a Classification of Lotic Habitats. *Hydrobiologia* 38: 321–334, 1971

PETERSON, C. G., Response of benthic algal communities to natural physical disturbance. *Algal ecology: freshwater benthic ecosystems*. Academic Press, San Diego, California 375–401. 1996

PETERSON, C., & J. STEVENSON. Resistance and Resilience of Lotic Algal Communities: Importance of Disturbance Timing and Current Author (s): Christopher G . Peterson and R . Jan Stevenson Reviewed work (s): Published by : Ecological Society of America Stable URL : <http://www.jsto>. *Ecology* 73: 1445–1461.1992

PLANAS, D., L. LAPIERRE, G. MOREAU, & M. ALLARD, Organization and Species Composition of a Lotic Periphyton Community in Response to Experimental Acidification. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 46: 827–835.1989.

POFF, N. L., A hydrogeography of unregulated streams in the United States and an examination of scale-dependence in some hydrological descriptors. *Freshwater Biology* 36: 71–91.1996.

POFF, N. L., J. NEAL, & J. WARD. Algal colonization under four experimentally-controlled current regimes in a high mountain stream. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 9: 303–318.1990.

Poff, N. L., et al. The Natural Flow Regime A paradigm for river conservation and restoration. *Bioscience* 47: 769–784.1997.

POFF, N. Landscape filters and species traits: towards mechanistic understanding and prediction in stream ecology. *Journal of the north american Benthological society* 16: 391–409, 1997.

POOLE, G. C. Stream hydrogeomorphology as a physical science basis for advances in stream ecology. *Journal of the North American Benthological Society* 29: 12–25, 2010.

POTAPOVA, M. G., & D. F. CHARLES. Benthic diatoms in USA rivers: distributions along spatial and environmental gradients. *Journal of Biogeography* 29: 167–187, 2002.

POTAPOVA, M. G., *et al.* Quantifying species indicator values for trophic diatom indices : a comparison of approaches. 25–41. 2004

PRINGLE, C. M., & F. J. TRISKA. Emergent biological patterns and surface-subsurface interactions at landscape scales In Jones, J. B., & P. J. Mulholland (eds), *Streams and ground waters*. Academic Press, San Diego, CA: 167–193.2000

PRINGLE, C. Nutrient Spatial Heterogeneity: Effects on Community Structure , Physiognomy , and Diversity of Stream Algae. *Ecolo* 71: 905–920.1990.

PRYGIEL, J., & M. COSTE. The assessment of water quality in the Artois-Picardie water basin (France) by the use of diatom indices. *Hydrobiologia* 269/270: 343–349, 1993

R CORE TEAM, R: A language and environment for statistical computing. Foundation for Statistical Computing. ISBN 3-900051-07-0, Vienna, Austria, 2013.

RICE, E., APHA, AWWA, & WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association;American Water Works Association;Water Environment Federation, Washington D.C.2012

RIMET, F., & A. BOUCHEZ. Life-forms, cell-sizes and ecological guilds of diatoms in European rivers. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 01, 2012a.

RIMET, F., & A. BOUCHEZ. Life-forms, cell-sizes and ecological guilds of diatoms in European rivers. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 01, 2012b.

RIMET, F., & A. BOUCHEZ, Use of diatom life-forms and ecological guilds to assess pesticide contamination in rivers: Lotic mesocosm approaches. *Ecological Indicators* 11: 489–499, 2011

RIMET, F., & A. BOUCHEZ. Biomonitoring river diatoms: Implications of taxonomic resolution. *Ecological Indicators* 15: 92–99.2012c.

RISS, W., R. OSPINA, & J. D. GUTIÉRREZ. Establecimiento de valores de bioindicación para macroinvertebrados acuáticos de la sabana de Bogotá. *Caldasia* 24: 135–156.2002.

RIVERA, C. A., & J. C. DONATO. Influencia de las variaciones hidrológicas y químicas sobre la diversidad de diatomeas benthicas In Donato, J. C. (ed), *Ecología de un río de montaña*. Bogotá: 83–101.2008

ROUND, F. E. The Genus *Hantzschia* with Particular Reference to *H. virgata* v. *intermedia* (Grun.) comb. nov. 75–91.1970.

ROUND, F. E., R. M. CRAWFORD, & D. G. MANN. *Diatoms: biology and morphology of the genera*. Cambridge University Press.1990.

RUMRICH, U., H. LANGE-BERTALOT, & M. RUMRICH. *Diatomeen der Anden: von Venezuela bis Patagonien/Feuerland: und zwei weitere Beiträge*. ARG Gantner Verlag KG. 2000.

SALA, S. E., J. J. RAMÍREZ, & Y. PLATA. Diatoms from lentic and lotic systems in Antioquia , Chocó and Santander Departments in Colombia. 56: 1159–1178. 2008.

Sala, S. E., S. R. Duque, M. Nuñez-Avellaneda, & A. A. Lamaro, 2002a. Diatoms from the Colombian Amazonia. *Cryptogamie, Algol.* 23: 75–99. 2002a

SALA, S. E., S. R. DUQUE, M. NÚÑEZ-AVELLANEDA, & A. A. LAMARO. DIATOMS FROM THE COLOMBIAN AMAZON: SOME SPECIES OF THE GENUS *Eunotia* (BACILLARIOPHYCEAE). *Acta Amazonica* 32: 589–603.

SANDIN, L., & P. F. M. VERDONSCHOT. Stream and river typologies – major results and conclusions from the STAR project. *Hydrobiologia* 566: 33–37.2006.

SCHNECK, F., & A. S. MELO. Hydrological disturbance overrides the effect of substratum roughness on the resistance and resilience of stream benthic algae. *Freshwater Biology* 57: 1678–1688.2012.

SOININEN, J. Benthic diatom community structure in boreal streams: distribution patterns along environmental and spatial gradients. Dissertation. , files.2004.

SOININEN, J., R. PAAVOLA, & T. MUOTKA. Benthic diatom communities in boreal streams: community structure in relation to environmental and spatial gradients. *Ecography* 27: 330–342. 2004.

STEVENSON, R. J. Scale-Dependent Determinants and Consequences of Benthic Algal Heterogeneity Scale-dependent determinants and consequences of benthic algal heterogeneity. *The North American Benthological Society* 16: 248–262. 1997

STEVENSON, R., Y. PAN, & H. VAN DAM. Assessing environmental conditions in rivers and streams with diatoms In Smol, J. P., & E. F. Stoermer (eds), *The diatoms: applications for the environmental and Earth Sciences*. Cambridge University Press: 57–85.1999.

SUMPER, M., & N. KRÖGER. Silica formation in diatoms: the function of long-chain polyamines and silaffins. *Journal of Materials Chemistry* 14: 2059. 2004.

TUCHMAN, M., & R. STEVENSON,. Comparison of clay tile, sterilized rock, and natural substrate diatom communities in a small stream in southeastern Michigan, USA. *Hydrobiologia* 79: 73–79, 1980.

VANNOTE, R. L., *et al.* The river continuum concept. *Canadian journal of fisheries and aquatic sciences* NRC Research Press 37: 130–137.1980.

VOUILLLOUD, A. A., *et al.*. Diatoms from the Colombian and Peruvian Amazon : the Genera *Encyonema* , *Encyonopsis* and *Gomphonema* (Cymbellales : Bacillariophyceae). *Rev. Biol. Trop* 58: 45–62.2010.

WARD, A. J. V, *et al.* The Four-Dimensional Nature of Lotic Ecosystems Reviewed work (s): The four-dimensional nature of lotic ecosystems '. *Society* 8: 2–8. 2011.

WARD, J. V.. Riverine landscapes: biodiversity patterns, disturbance regimes, and aquatic conservation. *Biological conservation* 83: 269–278, 1998

WEBER-SCANNELL, P. K., & L. K. DUFFY. Effects of total dissolved solids on aquatic organisms: A review of literature and recommendation for salmonid species. *American Journal of Environmental Sciences* 3: 1–6. 2007.

WEITHOFF, G. The concepts of “plant functional types” and “functional diversity” in lake phytoplankton—a new understanding of phytoplankton ecology? *Freshwater Biology* 68: 1669–1675, 2003

WOOD, P., & P. ARMITAGE, Biological Effects of Fine Sediment in the Lotic Environment. *Environmental Management* 21: 203–217. 1997.

WRIGHT, J., D. MOSS, P. . ARMITAGE, & M. . FURSE, preliminary classification of running-water sites in Great Britain based on macro-invertebrate species and the prediction of community type using environmental data. *Freshwater Biology* 14: 221–256.

WURTS, W. A, & R. M. DURBOROW, Interactions of pH , Carbon Dioxide , Alkalinity and Hardness in Fish Ponds. *Southern Regional Aquaculture Center* 0: 1–4. 1992

ZAPATA, A. M., & J. . DONATO. Cambios diarios de las algas perifíticas y su relación con la velocidad de corriente en un río tropical de montaña (río Tota – Colombia). *Limnetica Universidad Nacional de Colombia* 24: 327–338. 2005

ZAPATA, A. M., & J. C. DONATO. Regulación hidrológica de la biomasa algal béntica In Donato, J. C. (ed), *Ecología de un río de montaña de los Andes colombianos (Río Tota, Boyacá)*. Universidad Nacional de Colombia: 103–125. 2008.

ANEXOS

Anexo A. Listado de Especies Finales con sus Respectivos Acrónimos

Especies/Morfoespecies	Acrónimo	Especie-Autoridad
<i>Achnanthyidium sp.2</i>	Ac2	ACHNANTHYIDIUM F.T. Kuzing 1844
<i>Achnanthaceae sp.20</i>	Ac20	Achnanthaceae sp.20
<i>Achnanthaceae sp.6</i>	Ac6	Achnanthaceae sp.6
<i>Achnanthyidium aff eutrophilum</i>	Aceu	ACHNANTHYIDIUM F.T. Kuzing 1844
<i>Achnanthyidium exiguum</i>	Acex	Achnanthyidium exiguum (Grunow) Czarnecki
<i>Actinella sp.3 cf. hustedtii</i>	Ach	ACTINELLA F.W. Lewis
<i>Achnanthes cf. helvetica</i>	Ache	Achnanthes helvetica (Hustedt) Lange-Bertalot
<i>Actinella aff hustedtii</i>	Achu	Actinella hustedtii Kociolek
<i>Achnanthes cf. lanceolata</i>	Acla	Achnanthes lanceolata (Brébisson ex Kützing) Grunow
<i>Achnanthyidium macrocephalum</i>	Acma	Achnanthyidium macrocephalum(Hust.)Round & Bukhtiyarova
<i>Achnanthyidium minutissimum</i>	Acmi	Achnanthyidium minutissimum (Kutz.) Czarnecki
<i>Achnanthyidium aff saprophilum</i>	Acsa	Achnanthyidium saprophilum (Kobayasi et Mayama) Round & Bukhtiyarova
<i>Actinella cf. brasiliensis sp.1</i>	Act1	Actinella brasiliensis Grunow
<i>Aulacoseira granulata</i>	Augr	Aulacoseira granulata (Ehr.) Simonsen
<i>Brachysira sp.3</i>	Br3	BRACHYSIRA F.T. Kützing
<i>Brachysira huitotarum</i>	Brhu	Brachysira huitotarum Vouilloud et al.
<i>Brachysira aff neoexilis</i>	Brne	Brachysira neoexilis Lange-Bertalot
<i>Brachysira subrostrata</i>	Brsu	Brachysira subrostrata Lange-Bertalot
<i>Caloneis sp.5</i>	Ca5	CALONEIS Cleve
<i>Capartogramma crucicula</i>	Cacr	Capartogramma crucicula (Grunow) R.Ross
<i>Chamaepinnularia sp.4</i>	Ch4	CHAMAEPINNULARIA Lange-Bertalot & Krammer
<i>Chamaepinnularia brasilianopsis</i>	Chbn	Chamaepinnularia brasilianopsis Metzeltin & Lange-Bertalot
<i>Chamaepinnularia brasiliana</i>	Chbr	Chamaepinnularia brasiliana Metzeltin & Lange-Bertalot
<i>Complejo E.sp.85</i>	CoE.	EUNOTIA C.G. Ehrenberg
<i>Cocconeis placentula</i>	Copl	Cocconeis placentula Ehrenberg
<i>Cymbella sp.2</i>	Cy2	CYMBELLA Agardh
<i>Cyclotella sp.4</i>	Cy4	CYCLOTELLA (Kützing) Brébisson
<i>Cyclotella sp.5</i>	Cy5	CYCLOTELLA (Kützing) Brébisson
<i>Cymbella kolbei</i>	Cyko	Cymbella kolbei Hustedt
<i>Cymbella turgidula</i>	Cytu	Cymbella turgidula Grunow
<i>Cymbella tumida</i>	Cytum	Cymbella tumida (Brébisson)Van Heurck
<i>Diadesmis aff contenta</i>	Dafco	Diadesmis contenta (Grunow ex V. Heurck) Mann
<i>Diadesmis contenta</i>	Dico	Diadesmis contenta (Grunow ex V. Heurck) Mann
<i>Diadesmis confervacea</i>	Dicof	Diadesmis confervacea Kützing
<i>Encyonema sp.10</i>	En10	ENCYONEMA F.T. Kützing 1833
<i>Encyonema sp.14 cf. neogracile</i>	En14	ENCYONEMA F.T. Kützing 1833
<i>Encyonema sp.4</i>	En4	ENCYONEMA F.T. Kützing 1833
<i>Encyonema sp.60</i>	En60	ENCYONEMA F.T. Kützing 1833
<i>Encyonema angustecapitatum</i>	Enan	Encyonema angustecapitatum Krammer
<i>Encyonopsis frequentis</i>	Enfr	Encyonopsis frequentis Krammer
<i>Encyonema minutum</i>	Enmi	Encyonema minutum (Hilse in Rabh.) D.G. Mann
<i>Eolimna sp.1</i>	Eo1	EOLIMNA Lange-Bertalot & Schiller
<i>Eolimna sp.2</i>	Eo2	EOLIMNA Lange-Bertalot & Schiller
<i>Eolimna aff archibaldii</i>	Eoar	Taylor & Lange-Bertalot
<i>Eolimna minima</i>	Eomi	Eolimna minima(Grunow) Lange-Bertalot
<i>Eolimna subminuscula</i>	Eosu	Eolimna subminuscula (Manguin) Moser Lange-Bertalot & Metzeltin
<i>Eolimna tantula</i>	Eota	Eolimna tantula (Hustedt) Lange-Bertalot
<i>Eunotia sp</i>	Eu	EUNOTIA C.G. Ehrenberg
<i>Eunotia sp.14</i>	Eu14	EUNOTIA C.G. Ehrenberg
<i>Eunotia sp.21</i>	Eu21	EUNOTIA C.G. Ehrenberg
<i>Eunotia sp.26</i>	Eu26	EUNOTIA C.G. Ehrenberg
<i>Eunotia sp.39</i>	Eu39	EUNOTIA C.G. Ehrenberg
<i>Eunotia sp.4</i>	Eu4	EUNOTIA C.G. Ehrenberg
<i>Eunotia sp.40</i>	Eu40	EUNOTIA C.G. Ehrenberg
<i>Eunotia sp.41</i>	Eu41	EUNOTIA C.G. Ehrenberg
<i>Eunotia sp.42</i>	Eu42	EUNOTIA C.G. Ehrenberg
<i>Eunotia sp.45</i>	Eu45	EUNOTIA C.G. Ehrenberg
<i>Eunotia sp.57</i>	Eu57	EUNOTIA C.G. Ehrenberg
<i>Eunotia 6</i>	Eu6	EUNOTIA C.G. Ehrenberg

Anexo A. Continuación.

Especies/Morfoespecies	Acónimo	Especie-Autoridad
<i>Eunotia</i> sp.61	Eu61	<i>EUNOTIA</i> C.G. Ehrenberg
<i>Eunotia</i> sp.63	Eu63	<i>EUNOTIA</i> C.G. Ehrenberg
<i>Eunotia</i> sp.9 <i>aff</i> <i>paludosa</i>	Eu9	<i>EUNOTIA</i> C.G. Ehrenberg
<i>Eunotia</i> sp.90	Eu90	<i>EUNOTIA</i> C.G. Ehrenberg
<i>Eunotia aff</i> <i>parasiolii</i>	Euafpa	<i>Eunotia parasiolii</i> Metzeltin & Lange-Bertalot
<i>Eunotia aff</i> <i>incisa</i>	Euain	<i>Eunotia incisa</i> W.Smith ex W.Gregory
<i>Eunotia aff</i> <i>paludosa</i>	Euapa	<i>Eunotia paludosa</i> Grunow
<i>Eunotia aff</i> <i>bilunaris</i>	Eubi	<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehrenberg) Schaarschmidt
<i>Eunotia camelus</i>	Euca	<i>Eunotia camelus</i> Ehrenberg
<i>Eunotioforma curvula</i>	Eucu	<i>Eunotioforma curvula</i> (Hustedt) J.P.Kociolek & A.L.Burliga
<i>Eunotia aff</i> <i>naegeli</i>	Euna	<i>Eunotia naegeli</i> Migula
<i>Eunotia parasiolii</i>	Eupa	<i>Eunotia parasiolii</i> Metzeltin & Lange-Bertalot
<i>Eunotia rabenhorstii</i>	Eura	<i>Eunotia rabenhorstii</i> Cleve & Grunow
<i>Eunotia subrobusta</i>	Eusu	<i>Eunotia subrobusta</i> Hustedt
<i>Eunotia aff</i> <i>transfuga</i>	Eutra	<i>Metzeltin & Lange-Bertalot</i>
<i>Eunotia trigibba</i>	Eutri	<i>Eunotia trigibba</i> Hustedt
<i>Fragilaria ulna</i> var <i>acus</i>	Fru1	<i>Fragilaria ulna</i> var. <i>acus</i> (Kützing) Lange-Bertalot
<i>Fragilaria</i> sp.5	Fra5	<i>FRAGILARIA</i> H.C. Lyngbye
<i>Fragilaria</i> sp.9	Fra9	<i>FRAGILARIA</i> H.C. Lyngbye
<i>Fragilaria cf.</i> <i>biceps</i>	Frbi	<i>Fragilaria biceps</i> Ehrenberg
<i>Fragilariforma javanica</i>	Frja	<i>Fragilariforma javanica</i> (Hustedt) C.E.Wetzel, E.Morales & L.Ector
<i>Fragilariforma</i> sp.1	Fr1	<i>FRAGILARIOFORMA</i> Williams and Round
<i>Fragilariforma</i> sp.3	Fr3	<i>FRAGILARIOFORMA</i> Williams and Round
<i>Frustulia</i> sp.1	Fru1	<i>FRUSTULIA</i> L. Rabenhorst
<i>Frustulia</i> sp.2	Fru2	<i>FRUSTULIA</i> L. Rabenhorst
<i>Frustulia</i> sp.4 <i>cf</i> <i>crassinervia</i>	Fru4	<i>Frustulia crassinervia</i> (Brébisson) Lange-Bertalot & Krammer
<i>Frustulia</i> sp.5	Fru5	<i>FRUSTULIA</i> L. Rabenhorst
<i>Frustulia</i> sp.5 <i>Ind</i> 2	Fr5-2	<i>FRUSTULIA</i> L. Rabenhorst
<i>Frustulia</i> sp.8	Fru8	<i>FRUSTULIA</i> L. Rabenhorst
<i>Frustulia</i> sp.7	Fru7	<i>FRUSTULIA</i> L. Rabenhorst
<i>Frustulia</i> sp.9	Fru9	<i>FRUSTULIA</i> L. Rabenhorst
<i>Frustulia cf</i> <i>vulgaris</i>	Frvu	<i>Frustulia vulgaris</i> (Thwaites) De Toni
<i>Geissleria aff</i> <i>decussis</i>	Gede	<i>Geissleria decussis</i> (Ostrup) Lange-Bertalot & Metzeltin
<i>Geissleria cf.</i> <i>neosubtropica</i>	Gene	<i>Geissleria neosubtropica</i> Metzeltin, Lange-Bertalot & García-Rodríguez
<i>Gomphonema</i> sp.10	Go10	<i>GOMPHONEMA</i> C.G. Ehrenberg
<i>Gomphonema</i> sp.11	Go11	<i>GOMPHONEMA</i> C.G. Ehrenberg
<i>Gomphonema</i> sp.11 <i>Ind</i> 2	Go11-2	<i>GOMPHONEMA</i> C.G. Ehrenberg
<i>Gomphonema</i> sp.21 <i>Ind</i> 4	Go21-4	<i>GOMPHONEMA</i> C.G. Ehrenberg
<i>Gomphonema</i> sp.27	Go27	<i>GOMPHONEMA</i> C.G. Ehrenberg
<i>Gomphonema</i> sp.33	Go33	<i>GOMPHONEMA</i> C.G. Ehrenberg
<i>Gomphonema</i> sp.9	Go9	<i>GOMPHONEMA</i> C.G. Ehrenberg
<i>Gomphonema agur</i> var <i>sphaerophorum</i>	Goag	<i>Gomphonema agur</i> var. <i>sphaerophorum</i> (Ehrenberg) Grunow
<i>Gomphonema parvulum</i> var <i>lagenula</i>	Goapa	<i>Gomphonema parvulum</i> var. <i>lagenulum</i> (Kützing) Frenguelli
<i>Gomphonema archaeovibrio</i>	Goar	<i>Gomphonema archaeovibrio</i> Lange-Bertalot & E.Reichardt
<i>Gomphonema aff</i> <i>rhombicum</i> (sp.8 <i>cf</i> <i>Ind</i> 5)	Goarh	<i>Gomphonema rhombicum</i> Fricke
<i>Gomphonema cf.</i> <i>clavatum</i>	Gocl	<i>GOMPHONEMA</i> C.G. Ehrenberg
<i>Gomphonema aff</i> <i>contraturreis</i>	Goco	<i>GOMPHONEMA</i> C.G. Ehrenberg
<i>Gomphonema cf.</i> <i>affine</i>	Goin	<i>GOMPHONEMA</i> C.G. Ehrenberg
<i>Gomphonema aff</i> <i>parvulum</i>	Gopa	<i>GOMPHONEMA</i> C.G. Ehrenberg
<i>Gomphonema aff</i> <i>pumilum</i>	Gopu	<i>GOMPHONEMA</i> C.G. Ehrenberg
<i>Gomphonema aff.</i> <i>pumilum</i> <i>Ind</i> 3	Gopu3	<i>GOMPHONEMA</i> C.G. Ehrenberg
<i>Gomphonema cf</i> <i>rhombicum</i>	Gorh	<i>Gomphonema rhombicum</i> Fricke
<i>Gomphonema aff</i> <i>truncatum</i>	Gotr	<i>Gomphonema truncatum</i> Ehr.
<i>Gyrosigma</i> sp.2	Gy2	<i>GYROSIGMA</i> Hassall
<i>Gyrosigma</i> sp.4	Gy4	<i>GYROSIGMA</i> Hassall
<i>Hantzschia</i> sp.3	Ha3	<i>Hantzschia</i> Grunow
<i>Halamphora aff</i> <i>montana</i>	Hamo	<i>Halamphora montana</i> (Krasske) Levkov
<i>Halamphora aff</i> <i>oligotraphenta</i>	Haol	<i>Halamphora oligotraphenta</i> (Lange-Bertalot) Levkov
<i>Luticola</i> sp.10	Lu10	<i>LUTICOLA</i> D.G. Mann

Anexo A. Continuación.

Especies/Morfoespecies	Acrónimo	Especie-Autoridad
<i>Luticola</i> sp.2	Lu2	<i>LUTICOLA</i> D.G. Mann
<i>Luticola</i> sp.22	Lu22	<i>LUTICOLA</i> D.G. Mann
<i>Luticola</i> sp.5	Lu5	<i>LUTICOLA</i> D.G. Mann
<i>Luticola</i> sp.7	Lu7	<i>LUTICOLA</i> D.G. Mann
<i>Luticola goeppertiana</i>	Lugo	<i>Luticola goeppertiana</i> (Bleisch in Rabenhorst) D.G. Mann
<i>Luticola aff pseudokotschy</i>	Lups	<i>Luticola pseudokotschy</i> (Lange-Bertalot) Gotoh
<i>Mayamaea cahabaensis</i>	Maca	<i>Mayamaea cahabaensis</i> E.A.Morales & K.M.Manoylov
<i>Melosira varians</i>	Meva	<i>Melosira varians</i> Agardh
<i>Navicula aff cryptotenella</i> (sp1)	Na1	<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot
<i>Navicula</i> sp.12	Na12	<i>NAVICULA</i> J.B.M. Bory de St. Vincent
<i>Navicula</i> sp.13	Na13	<i>NAVICULA</i> J.B.M. Bory de St. Vincent
<i>Navicula</i> sp.13 Ind 2	Na13-2	<i>NAVICULA</i> J.B.M. Bory de St. Vincent
<i>Navicula</i> sp.14	Na14	<i>NAVICULA</i> J.B.M. Bory de St. Vincent
<i>Navicula</i> sp.15	Na15	<i>NAVICULA</i> J.B.M. Bory de St. Vincent
<i>Navicula</i> sp.15 Ind 2	Na15-2	<i>NAVICULA</i> J.B.M. Bory de St. Vincent
<i>Navicula</i> sp.18	Na18	<i>NAVICULA</i> J.B.M. Bory de St. Vincent
<i>Navicula</i> sp.23	Na23	<i>NAVICULA</i> J.B.M. Bory de St. Vincent
<i>Navicula</i> sp.24	Na24	<i>NAVICULA</i> J.B.M. Bory de St. Vincent
<i>Navicula</i> sp.24 Ind 2	Na24-2	<i>NAVICULA</i> J.B.M. Bory de St. Vincent
<i>Navicula</i> sp.26	Na26	<i>NAVICULA</i> J.B.M. Bory de St. Vincent
<i>Navicula</i> sp.27	Na27	<i>NAVICULA</i> J.B.M. Bory de St. Vincent
<i>Navicula</i> sp.27 Ind 2	Na27-2	<i>NAVICULA</i> J.B.M. Bory de St. Vincent
<i>Navicula</i> sp.28	Na28	<i>NAVICULA</i> J.B.M. Bory de St. Vincent
<i>Navicula</i> sp.28 Ind 3	Na28-3	<i>NAVICULA</i> J.B.M. Bory de St. Vincent
<i>Navicula</i> sp.31	Na31	<i>NAVICULA</i> J.B.M. Bory de St. Vincent
<i>Navicula</i> sp.4	Na4	<i>NAVICULA</i> J.B.M. Bory de St. Vincent
<i>Navicula</i> sp.41	Na41	<i>NAVICULA</i> J.B.M. Bory de St. Vincent
<i>Navicula</i> sp.42	Na42	<i>NAVICULA</i> J.B.M. Bory de St. Vincent
<i>Navicula</i> sp.44	Na44	<i>NAVICULA</i> J.B.M. Bory de St. Vincent
<i>Navicula</i> sp.48	Na48	<i>NAVICULA</i> J.B.M. Bory de St. Vincent
<i>Navicula</i> sp.49	Na49	<i>NAVICULA</i> J.B.M. Bory de St. Vincent
<i>Navicula</i> sp.7	Na7	<i>NAVICULA</i> J.B.M. Bory de St. Vincent
<i>Navicula</i> sp.9 Ind 3	Na9	<i>NAVICULA</i> J.B.M. Bory de St. Vincent
<i>Naviculadicta aff bryophila</i>	Nabr	<i>Naviculadicta bryophila</i> (J.B.Petersen) Lange-Bertalot & Metzeltin
<i>Navicula aff capitatoradiata</i>	Naca	<i>Navicula capitatoradiata</i> Germain
<i>Navicula aff cryptotenella</i>	Nacr	<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot
<i>Navicula cryptotenelloides</i>	Nacrt	<i>Navicula cryptotenelloides</i> Lange-Bertalot
<i>Navicula gregaria</i>	Nagr	<i>Navicula gregaria</i> Donkin
<i>Navicula aff microcari</i>	Nami	<i>Navicula microcari</i> Lange-Bertalot
<i>Naviculadicta nanogomphonema</i>	Nana	<i>Naviculadicta nanogomphonema</i> Lange-Bertalot & U.Rumrich
<i>Navicula rostellata</i>	Naro	<i>Navicula rostellata</i> Kutzing
<i>Navicula schroeterii</i>	Nasc	<i>Navicula schroeterii</i> Meister
<i>Navicula cf. schroeterii</i> var 2	Nasc2	<i>Navicula schroeterii</i> Meister
<i>Navicula subrhynchocephala</i>	Nasu	<i>Navicula subrhynchocephala</i> Hustedt
<i>Navicula aff veneta</i>	Nave	<i>Navicula veneta</i> Kutzing
<i>Neidium aff andinum</i>	Nean	<i>Neidium andinum</i> Lange-Bertalot
<i>Nitzschia</i> sp.36	Ni36	<i>NITZSCHIA</i> Hassall
<i>Nitzschia</i> sp.43	Ni43	<i>NITZSCHIA</i> Hassall
<i>Nitzschia</i> sp.57	Ni57	<i>NITZSCHIA</i> Hassall
<i>Nitzschia</i> sp.7	Ni7	<i>NITZSCHIA</i> Hassall
<i>Nitzschia amphibia</i>	Niam	<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow
<i>Nitzschia aff capitellata</i> sp.6	Nica	<i>Nitzschia capitellata</i> Hustedt in A.Schmidt & al.
<i>Nitzschia aff capitellata</i> sp.15	Nica15	<i>Nitzschia capitellata</i> Hustedt in A.Schmidt & al.
<i>Nitzschia aff capitellata</i> Ind 5	Nica5	<i>Nitzschia capitellata</i> Hustedt in A.Schmidt & al.
<i>Nitzschia aff capitellata</i> sp.6 Ind 4	Nica6	<i>Nitzschia capitellata</i> Hustedt in A.Schmidt & al.
<i>Nitzschia clausii</i>	Nicl	<i>Nitzschia clausii</i> Hantzsch
<i>Nitzschia dissipata</i>	Nidi	<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Rabenhorst
<i>Nitzschia filiformis</i> var. conferta	Nifi	<i>Nitzschia filiformis</i> var. conferta (P.G.Richter) Lange-Bertalot
<i>Nitzschia frustulum</i>	Nifr	<i>Nitzschia frustulum</i> (Kützing) Grunow

Anexo A. Continuación.

Especies/Morfoespecies	Acrónimo	Especie-Autoridad
<i>Nitzschia inconspicua</i>	Niin	<i>Nitzschia inconspicua</i> Grunow
<i>Nitzschia aff linearis</i>	Nili	<i>Nitzschia linearis</i> W.Smith
<i>Nitzschia aff nana</i>	Nina	<i>Nitzschia nana</i> Grunow in Van Heurck
<i>Nitzschia palea</i>	Nipa	<i>Nitzschia palea</i> (Kutzing) W.Smith
<i>Nitzschia aff palea 1</i>	Nafpa1	<i>Nitzschia palea</i> (Kutzing) W.Smith
<i>Nitzschia aff palea 2</i>	Nafpa2	<i>Nitzschia palea</i> (Kutzing) W.Smith
<i>Nitzschia sinuata var delognei</i>	Nisi	<i>Nitzschia sinuata</i> var. <i>delognei</i> (Grunow) Lange-Bertalot
<i>Nupela sp.15</i>	Nu15	<i>NUPELA</i> W.Vyverman & Compère
<i>Nupela sp.6</i>	Nu6	<i>NUPELA</i> W.Vyverman & Compère
<i>Nupela sp.9</i>	Nu9	<i>NUPELA</i> W.Vyverman & Compère
<i>Nupela catatumbensis</i>	Nuca	<i>Nupela catatumbensis</i> Vouilloud & Plata-Díaz
<i>Nupela neotropica</i>	Nune	<i>NUPELA</i> W.Vyverman & Compère
<i>Nupela sp</i>	Nup	<i>NUPELA</i> W.Vyverman & Compère
<i>Nupela sp.1</i>	Nup1	<i>NUPELA</i> W.Vyverman & Compère
<i>Pinnularia sp.11</i>	Pi11	<i>PINNULARIA</i> Ehrenberg
<i>Pinnularia sp.149</i>	Pi149	<i>PINNULARIA</i> Ehrenberg
<i>Pinnularia aff pisciculus</i>	Pipi	<i>Pinnularia pisciculus</i> Ehrenberg
<i>Placoneis sp.1</i>	PI1	<i>PLACONEIS</i> Mereschowsky
<i>Placoneis sp.11</i>	PI11	<i>PLACONEIS</i> Mereschowsky
<i>Placoneis sp.13</i>	PI13	<i>PLACONEIS</i> Mereschowsky
<i>Placoneis sp.2 Ind 3</i>	PI2	<i>PLACONEIS</i> Mereschowsky
<i>Placoneis sp.7</i>	PI7	<i>PLACONEIS</i> Mereschowsky
<i>Placoneis sp.4</i>	PIc4	<i>PLACONEIS</i> Mereschowsky
<i>Planothidium frequentissimum</i>	PIfr	<i>Planothidium frequentissimum</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot
<i>Planothidium lanceolatum</i>	PIla	<i>Planothidium lanceolatum</i> (Brébisson ex K ³ tzing) Lange-Bertalot
<i>Psammothidium sp2</i>	Psa2	<i>PSAMMOTHIDIUM</i> L.Buhtkiyarova & Round
<i>Reimeria sinuata</i>	Resi	<i>Reimeria sinuata</i> (Gregory) Kociolek & Stoermer
<i>Rhopalodia sp.1</i>	Rh1	<i>RHOPALODIA</i> Otto Müller
<i>Rhopalodia sp.2</i>	Rh2	<i>RHOPALODIA</i> Otto Müller
<i>Rhopalodia sp.5</i>	Rh5	<i>RHOPALODIA</i> Otto Müller
<i>Rhopalodia cf. gibberula</i>	Rhgi	<i>RHOPALODIA</i> Otto Müller
<i>Rhopalodia cf. operculata</i>	Rhop	<i>RHOPALODIA</i> Otto Müller
<i>Sellaphora sp.2</i>	Se2	<i>SELLAPHORA</i> Mereschowsky
<i>Sellaphora sp.3</i>	Se3	<i>SELLAPHORA</i> Mereschowsky
<i>Sellaphora pupula</i>	Sepu	<i>Sellaphora pupula</i> (Kutzing) Mereschowsky
<i>Sellaphora seminulum</i>	Sese	<i>Sellaphora seminulum</i> (Grunow) D.G. Mann
<i>Stenopterobia sp.1</i>	St1	<i>STENOPTEROBIA</i> Brébisson ex Van Heurck
<i>Stenopterobia sp.2</i>	St2	<i>STENOPTEROBIA</i> Brébisson ex Van Heurck
<i>Stenopterobia sp.3</i>	St3	<i>STENOPTEROBIA</i> Brébisson ex Van Heurck
<i>Stauroneis aff adamsiana</i>	Stad	<i>Metzeltin</i> , Lange-Bertalot & García-Rodríguez
<i>Staurosirella pinnata</i>	Stpi	<i>Staurosirella pinnata</i> (Ehr.) Williams & Round
<i>Surirella sp.2 Ind 2</i>	Su2	<i>SURIRELLA</i> Turpin
<i>Surirella sp.4</i>	Su4	<i>SURIRELLA</i> Turpin
<i>Synedra sp.1</i>	Sy1	<i>SYNEDRA</i> Ehrenberg
<i>Synedra goulardii</i>	Sygo	<i>Synedra goulardii</i> Brébisson ex Cleve & Grunow
<i>Tryblionella sp.1</i>	Tr1	<i>TRYBLIONELLA</i> W.Smith

Anexo B. Continuación. Listado de especies finales consideradas en el estudio con acrónimos y formas de vida.

Especies	Acronimo	Formas de vida													
		Mobile	Teratology	Pioneer	Adnate	Pad	Stalk	Colonial	Mucous tubule colony	Filament colony	Rosette colony	Ribbon colony	Stellate colony	Arbuscular colony	
<i>Achnanthidium sp.2</i>	Ac2	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Achnanthaceae sp.20</i>	Ac20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Achnanthaceae sp.6</i>	Ac6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Achnanthidium aff eutrophilum</i>	Aceu	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Achnanthidium exiguum</i>	Acex	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Actinella sp.3 cf. hustedtii</i>	Ach	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	
<i>Achnanthes cf. helvetica</i>	Ache	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Actinella aff hustedtii</i>	Achu	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	
<i>Achnanthes cf. lanceolata</i>	Acla	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Achnanthidium macrocephalum</i>	Acma	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Achnanthidium minutissimum</i>	Acmi	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Achnanthidium aff saprophilum</i>	Acsa	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Actinella sp.1 cf. brasiliensis</i>	Act1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	
<i>Aulacoseira granulata</i>	Augr	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	
<i>Brachysira sp.3</i>	Br3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Brachysira huitotarium</i>	Brhu	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Brachysira aff neoexilis</i>	Brne	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Brachysira subrostrata</i>	Brsu	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Caloneis sp.5</i>	Ca5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Capartogramma crucicula</i>	Cacr	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Chamaepinnularia sp.4</i>	Ch4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Chamaepinnularia brasilianopsis</i>	Chbn	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Chamaepinnularia brasiliana</i>	Chbr	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Complejo E.sp.85</i>	CoE.	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
<i>Cocconeis aff placentula</i>	Copl	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Cymbella sp.2</i>	Cy2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Cyclotella sp.4</i>	Cy4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Cyclotella sp.5</i>	Cy5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Cymbella aff kolbei</i>	Cyko	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Cymbella aff turgidula</i>	Cytu	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Cymbella tumida</i>	Cytum	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Diadlesmis cf. contenta</i>	Dafco	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
<i>Diadlesmis contenta</i>	Dico	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
<i>Diadlesmis confervaceae</i>	Dicof	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
<i>Encyonema sp.10</i>	En10	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	
<i>Encyonema sp.14 cf. neogracile</i>	En14	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	
<i>Encyonema sp.4</i>	En4	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	
<i>Encyonema sp.60</i>	En60	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	
<i>Encyonema angustecapitatum</i>	Enan	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	
<i>Encyonopsis frequentis</i>	Enfr	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	
<i>Encyonema minutum</i>	Enmi	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	
<i>Eolimna sp.1</i>	Eo1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Eolimna sp.2</i>	Eo2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Eolimna aff archibaldii</i>	Eoar	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Eolimna minima</i>	Eomi	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Eolimna subminuscula</i>	Eosu	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Eolimna tantula</i>	Eota	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Eunotia sp.</i>	Eu	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
<i>Eunotia sp.14</i>	Eu14	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
<i>Eunotia sp.21</i>	Eu21	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
<i>Eunotia sp.26</i>	Eu26	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
<i>Eunotia sp.39</i>	Eu39	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	

Anexo B. Continuación..

Especies	Acronimo	Formas de vida											Stellate colony	Arbuscular colony
		Mobile	Teratology	Pioneer	Adnate	Pad	Stalk	Colonial	Mucous tubule colony	Filament colony	Rosette colony	Ribon colony		
<i>Eunotia sp.4</i>	Eu4	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
<i>Eunotia sp.40</i>	Eu40	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
<i>Eunotia sp.41</i>	Eu41	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
<i>Eunotia sp.42</i>	Eu42	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
<i>Eunotia sp.45</i>	Eu45	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
<i>Eunotia sp.57</i>	Eu57	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
<i>Eunotia 6</i>	Eu6	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
<i>Eunotia sp.61</i>	Eu61	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
<i>Eunotia sp.63</i>	Eu63	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
<i>Eunotia sp.9 aff paludosa</i>	Eu9	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
<i>Eunotia sp.90</i>	Eu90	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
<i>Eunotia aff parasiolii</i>	Euaipa	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
<i>Eunotia aff incisa</i>	Euain	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
<i>Eunotia aff paludosa</i>	Euapa	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
<i>Eunotia aff bilunaris</i>	Eubi	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
<i>Eunotia camelus</i>	Euca	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
<i>Eunotia curvula</i>	Eucu	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
<i>Eunotia aff naegelii</i>	Euna	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
<i>Eunotia parasiolii</i>	Eupa	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
<i>Eunotia rabenhorstii</i>	Eura	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
<i>Eunotia sp</i>	Eusp	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
<i>Eunotia subrobusta</i>	Eusu	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
<i>Eunotia aff transfuga</i>	Eutra	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
<i>Eunotia trigibba</i>	Eutri	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
<i>Fragilariforma sp.1</i>	Fr1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Frustulia sp.11</i>	Fr11	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
<i>Frustulia sp.2</i>	Fr2	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
<i>Fragilariforma sp.3</i>	Fr3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Frustulia sp.4 cf crassinervia</i>	Fr4	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
<i>Frustulia sp.5</i>	Fr5	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
<i>Frustulia sp.5 Ind 2</i>	Fr5-2	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
<i>Frustulia sp.8</i>	Fr8	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria sp.5</i>	Fra5	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0
<i>Fragilaria sp.9</i>	Fra9	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0
<i>Fragilaria cf. biceps</i>	Frbi	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0
<i>Fragilariforma javanica</i>	Frja	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Frustulia sp.1</i>	Fru1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
<i>Frustulia sp.7</i>	Fru7	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
<i>Frustulia sp.9</i>	Fru9	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria ulna var acus</i>	Frul	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0
<i>Frustulia cf. vulgaris</i>	Frvu	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
<i>Geissleria cf. decussis</i>	Gede	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Geissleria cf. neosubtropica</i>	Gene	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema sp.10</i>	Go10	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema sp.11</i>	Go11	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema sp.11 Ind 2</i>	Go11-2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema sp.21 Ind 4</i>	Go21-4	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema sp.27</i>	Go27	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema sp.33</i>	Go33	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema sp.9</i>	Go9	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

Anexo B. Continuación.

Especies	Acronimo	Formas de vida												
		Mobile	Teratology	Pioneer	Adnate	Pad	Stalk	Colonial	Mucous tubule colony	Filament colony	Rosette colony	Ribon colony	Stellate colony	Arbuscular colony
<i>Gomphonema agur var sphaerophorum</i>	Goag	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema parvulum var lagenula</i>	Goapa	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema archaeovibrio</i>	Goar	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema sp.8 cr rhombicum Ind 5</i>	Goarh	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema cf. clavatum</i>	Gocl	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema aff contraturris</i>	Goco	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema cf. affine</i>	Goin	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema aff parvulum</i>	Gopa	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema aff pumilum</i>	Gopu	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema aff. pumilum Ind 3</i>	Gopu3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema sp.8 cf rhombicum</i>	Gorh	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema cf. truncatum Ind 2</i>	Gotr	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gyrosigma sp.2</i>	Gy2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gyrosigma sp.4</i>	Gy4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hantzschia sp.3</i>	Ha3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Halamphora aff montana</i>	Hamo	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Halamphora aff oligotraphenta</i>	Haol	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Luticola sp.10</i>	Lu10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Luticola sp.2</i>	Lu2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Luticola sp.22</i>	Lu22	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Luticola sp.5</i>	Lu5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Luticola sp.7</i>	Lu7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Luticola goepertiana</i>	Lugo	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Luticola aff. pseudokotschyi</i>	Lups	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mayamaea cahabaensis</i>	Maca	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Melosita cf varians</i>	Meva	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
<i>Navicula sp.1 aff cryptotenella</i>	Na1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula sp.12</i>	Na12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula sp.13</i>	Na13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula sp.13 Ind 2</i>	Na13-2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula sp.14</i>	Na14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula sp.15</i>	Na15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula sp.15 Ind2</i>	Na15-2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula sp.18</i>	Na18	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula sp.23</i>	Na23	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula sp.24</i>	Na24	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula sp.24 Ind 2</i>	Na24-2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula sp.26</i>	Na26	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula sp.27</i>	Na27	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula sp.27 Ind 2</i>	Na27-2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula sp.28</i>	Na28	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula sp.28 Ind 3</i>	Na28-3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula sp.31</i>	Na31	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula sp.4</i>	Na4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula sp.41</i>	Na41	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula sp.42</i>	Na42	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula sp.44</i>	Na44	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula sp.48</i>	Na48	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula sp.49</i>	Na49	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula sp.7</i>	Na7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo B. Continuación..

Especies	Acronimo	Formas de vida													
		Mobile	Teratology	Pioneer	Adnate	Pad	Stalk	Colonial	Mucous tubule colony	Filament colony	Rosette colony	Ribon colony	Stellate colony	Arbuscular colony	
<i>Navicula sp.9 Ind 3</i>	Na9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Naviculadicta cf. briophila</i>	Nabr	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Navicula cf. capitatoradiata</i>	Naca	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Navicula aff. cryptotenella</i>	Nacr	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Navicula cf. cryptotenelloides</i>	Nacr1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Nitzschia aff. palea 1</i>	Nafpa1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Nitzschia aff. palea 2</i>	Nafpa2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Navicula gregaria</i>	Nagr	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Navicula sp.5 off. microcarii</i>	Nami	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Naviculadicta nanogomphonema</i>	Nana	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Navicula rostellata</i>	Naro	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Navicula cf. schroeteri</i>	Nasc	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Navicula cf. schroeteri var 2</i>	Nasc2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Navicula cf. subrhynchocephala</i>	Nasu	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Navicula cf. veneta</i>	Nave	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Neidium cf. andinum</i>	Nean	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Nitzschia sp.36</i>	Ni36	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Nitzschia sp.43</i>	Ni43	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Nitzschia sp.57</i>	Ni57	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Nitzschia sp.7</i>	Ni7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Nitzschia amphibia</i>	Niam	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Nitzschia aff. capitellata sp.6</i>	Nica	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Nitzschia aff. capitellata sp.15</i>	Nica15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Nitzschia aff. capitellata Ind 5</i>	Nica5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Nitzschia aff. capitellata sp.6 Ind 4</i>	Nica6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Nitzschia clausii</i>	Nicl	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Nitzschia dissipata</i>	Nidi	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Nitzschia filiformis var conferta</i>	Nifi	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Nitzschia frustulum</i>	Nifr	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Nitzschia cf. inconspicua Ind 2</i>	Niin	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Nitzschia cf. linearis</i>	Nili	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Nitzschia cf. nana</i>	Nina	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Nitzschia palea</i>	Nipa	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Nitzschia sinuata var delognei</i>	Nisi	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Nupela sp.15</i>	Nu15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Nupela sp.6</i>	Nu6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Nupela sp.9</i>	Nu9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Nupela catatumbensis</i>	Nuca	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Nupela neotropica</i>	Nune	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Nupela sp.</i>	Nup	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Nupela sp.1</i>	Nup1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Pinnularia sp.11</i>	PI11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Pinnularia sp.149</i>	PI149	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Pinnularia aff. pisciculus</i>	Pipi	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Placoneis sp.1</i>	PI1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Placoneis sp.11</i>	PI11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Placoneis sp.13</i>	PI13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Placoneis sp.2 Ind 3</i>	PI2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Placoneis sp.7</i>	PI7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Placoneis sp.4</i>	PIc4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Planorhynchium aff. frequentissimum</i>	PIfr	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Planorhynchium aff. lanceolatum</i>	PIla	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Psammorhynchium sp2</i>	Psa2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Reimeria sinuata</i>	Resi	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Rhopalodia sp.1</i>	Rh1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Rhopalodia sp.2</i>	Rh2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Rhopalodia sp.5</i>	Rh5	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Rhopalodia cf. gibberula</i>	Rhgi	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Rhopalodia cf. operculata</i>	Rhop	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Sellaphora sp.2</i>	Se2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Sellaphora sp.3</i>	Se3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Sellaphora pupula</i>	Sepu	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Sellaphora seminulum</i>	Sese	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Stenopterobia sp.1</i>	St1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Stenopterobia sp.2</i>	St2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Stenopterobia sp.3</i>	St3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Stauroneis aff. adamsiana</i>	Stad	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Stauroneis pinnata</i>	Stpi	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	
<i>Surirella sp.2 Ind 2</i>	Su2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Surirella sp.4</i>	Su4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Synedra sp.1</i>	Sy1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	
<i>Synedra gouldii</i>	Sygo	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	
<i>Tryblionella sp.1</i>	Tr1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Anexo C. Listado de los puntos de muestreo, acrónimos y unidades hidrológicas correspondientes.

Id-Region	Acronimo-punto	Nombre corriente	Id-Region	Acronimo-punto	Nombre corriente
RALTLL	NSANT00001	NACIMIENTO FINCA SANTA TERESA-VEREDA SANTA TERESA	RCOR_VOC	QVNT000007	QDA VENADITO 100M AGUAS ARRIBA BOCATOMA FINCA CARBONES
RALTLL	CBORA00551	CAÑO EL BORAL	RCOR_VOC	QVNT000004	QDA VENADITO AGUAS ABAJO 100M ANTES DE LA DESEMBOCADURA QUEBRADA VENADO
RALTLL	CNEVI00725	CAÑO NEGRO	RCOR_VOC	QNNNT00005	QUEBRADA NN-MANANTIAL TELLO 19 A 250M AL NORTE DEL POZO TELLO AGUAS 2
RALTLL	CGAVI01300	CAÑO GAVILAN	RCOR_VOC	RCEIB00008	RIO CEIBAS AREA DE INFLUENCIA SISMICA TELLO-3D
RALTLL	CNEVI00394	CAÑO NEGRO PUNTO 1 EN PUENTE VIA A LA PRIMAVERA	RCOR_VOC	QABLA00002	QUEBRADA AGUA BLANCA-MANANTIAL A. ARRIBA A 150M DE LA VIA DE ACCESO AL POZO TELLO 58
RALTLL	CNEVI00066	CAÑO NEGRO PUNTO 3 COMUNIDAD EL MANGUITO	RCOR_VOC	QVENA00048	QDA VENADO AGUAS ARRIBA DE LA BATERIA TELLO
RALTLL	CPIPA00271	CAÑO PICA PICO	RCOR_VOC	QVENA00032	QDA VENADO AGUAS ABAJO DE LA BATERIA TELLO
RALTLL	RAGCL00133	RIO AGUA CLARA	RCOR_VOC	QBILI00034	QUEBRADA BILIBIL-MANANTIAL DAMASCO SOBRE EL CAUCE DE LA QUEBRADA BILIBIL A. ABAJO DEL POZO ABANDONADO VENADO 2-OBRA DE CONTROL
RALTLL	CVERA00754	CAÑO VERADITA	RCOR_VOC	RCEIB00002	RIO CEIBAS 100M A. ARRIBA AREA INFLUENCIA DE LOS POZOS TELLO 66 Y 67
RALTLL	CBORA00199	CAÑO EL BORAL PUNTO 2 COMUNIDAD EL PROGRESO	RCOR_VOC	RFORT00023	RIO FORTALECILLAS AGUAS ABAJO AREA DE INFLUENCIA SISMICA TELLO 3D
RALTLL	CGAVI00731	CAÑO GAVILAN DESPUES DE LA CONFLUENCIA CON EL CAÑO NEGRO	RCOR_VOC	RCEIB00001	RIO CEIBAS 100M A. ABAJO AREA INFLUENCIA DE LOS POZOS TELLO 66 Y 67
RALTLL	RMANA05031	CAPTACION RIO MANACACIAS	RCOR_VOC	RFORT00146	RIO FORTALECILLAS AGUAS ARRIBA AREA DE INFLUENCIA SISMICA TELLO 3D
RALTLL	RMANA03855	RIO MANACACIAS AGUAS ABAJO APE	RVINTERA	QSIISI00022	QUEBRADA SAN ISIDRO
RALTLL	RMANA04043	RIO MANACACIAS AGUAS ARRIBA APE	RCOR_VOR	QIGLE00005	QUEBRADA IGLESIAS-SENA
RALTLL	CSISIO0467	CAÑO SISIPIA (HACIENDA EL GUAROJO)	RPIELL	QVOLC00009	BOCATOMA-QUEBRADA LA VOLCANERA
RALTLL	CHERM00226	CAÑO LA HERMOSA	RPIELL	CVERD00003	CAÑO VERDE 100M A. ARRIBA DEL VERTIMIENTO DEL CAÑO QUEMADERO
RAMAZ	QNNGU00002	QDA NN1 AGUAS ARRIBA DEL VERTIMIENTO DE LA PLANTA GUAMUEZ	RPIELL	CQNT000001	CAÑO QUENANE 400M AGUAS ABAJO DEL VTO PLANTA DE ASFALTO
RPIELL	QROND00006	AFLUENTE SUR A LA QUEBRADA RONDOYAQUITO	RPIELL	CQUEN00003	CAÑO QUENANE 50M A. ARRIBA DEL VERTIMIENTO PLANTA DE ASFALTO Y GAS
RAMAZ	QCARB00018	QUEBRADA EL CARBON 100 MT AGUAS ARRIBA DE LA INFLUENCIA POZO PUMA 1	RPIELL	CGUAR00001	CAÑO GUARAPO
RAMAZ	QHORM00024	QDA LA HORMIGA 100M A. ABAJO DEL VERTIMIENTO BATERIA LORO	RPIELL	CQUEM00001	CAÑO QUEMADERO
RAMAZ	QHORM00023	QDA LA HORMIGA 50M A. ARRIBA DEL VERTIMIENTO BATERIA LORO	RPIELL	CQUEN00002	CAÑO QUENANE 50M A. ABAJO DEL VERTIMIENTO PLANTA DE ASFALTO Y GAS
RAMAZ	QNNGU00001	QDA NN1 AGUAS ABAJO DEL VERTIMIENTO DE LA PLANTA GUAMUEZ	RPIELL	CGAVI00704	RIO GAVILAN - FINCA LOS CAMBULOS
RVINTERA	QROND00005	AFLUENTE A LA QUEBRADA RONDOYAQUITO	RPIELL	CGRAC00001	CAÑO GRANDE ESTACION CASTILLA 2
RAMAZ	QAMAR00078	QUEBRADA AMARILLA	RPIELL	CCRIS00001	CAÑO CRISTAL
RAMAZ	QAZUL00001	QDA LA AZUL 50M AGUAS ARRIBA DEL PUNTO DE CAPTACION	RPIELL	CPUNA00008	CAÑO PUNA PUNA
RAMAZ	CANO000028	CAÑO #1	RPIELL	CLEGI00001	CAÑO LEGIA
RAMAZ	CCARI00002	CAÑO CARIBE 50M A. ARRIBA DEL VERTIMIENTO BATERIA CARIBE	RPIELL	RTATE00032	RIO TATE
RAMAZ	QSABA00071	QDA EL SABALO 100M A. ABAJO DE VERTIMIENTO BATERIA UNO	RPIELL	CCORT00047	CAÑO LA CORTEZANA-VEREDA BERLIN
RAMAZ	QABLB00024	QUEBRADA AGUA BLANCA BOCANA	RPIELL	ROROT00284	RIO OROTOY 1KM A. ABAJO DEL VERTIMIENTO E. CASTILLA
RAMAZ	QSOLD00002	QDA EL SOLDADO 50M A. ARRIBA DEL VERTIMIENTO BATERIA COLON	RPIELL	CACES00187	CAÑO LOS ACEITES - VEREDA SANTA TERESA
RAMAZ	CNCAD00005	CAÑO NN #2	RPIELL	QNKMQ00001	CAÑO NN KM 15
RVINTERA	CNCAA00007	CAÑO NN AGUAS ARRIBA	RPIELL	ROCOA00478	RIO OCOA PUENTE VIA VILLAVICENCIO-PUERTO LOPEZ
RAMAZ	RCALD00012	RIO CALDERO 50M A. ARRIBA DEL VERTIMIENTO DE LA BATERIA DOS	RPIELL	RCRAV02787	RIO CRAVO NORTE
RAMAZ	RPICU00423	RIO PICUDO GRANDE 50M A. ARRIBA DEL VERTIMIENTO BATERIA MANSOYA	RPIELL	RACAC00710	RIO ACACIAS 100M A. ARRIBA DEL VERTIMIENTO DE LA ESTACION CHICHIMENE
RAMAZ	CNCAQ00015	CAÑO NN AGUAS ABAJO	RPIELL	ROCOA00020	RIO OCOA 430M A. ABAJO DEL VERTIMIENTO DE LA ESTACION APIAY-ERA

Anexo C. Continuación.

Id-Region	Acronimo-punto	Nombre corriente	Id-Region	Acronimo-punto	Nombre corriente
RCATA	CZANC00038	CAÑO ZANCUDO AGUAS ABAJO DEL VERTIMIENTO SUBESTACION GS-1	RPIELL	ROCOA00023	RIO OCOA 100M A. ARRIBA DEL VERTIMIENTO DE LA ESTACION APIAY (ERA)
RCATA	CZANC00039	CAÑO ZANCUDO AGUAS ARRIBA DEL VERTIMIENTO SUBESTACION GS1	RPIELL	RGUYU00500	RIO GUAYURIBA 600M A. ABAJO DEL VERTIMIENTO ESTACION ACACIAS
RCATA	CGRAN00009	CAÑO GRANDE AGUAS ARRIBA DEL VERTIMIENTO ESTACION SARDINATA SUR	RPIELL	RMETA03514	RIO META DESPUES DE LA CONFLUENCIA CON CAÑO TIGRE
RCATA	RPAMN00700	PUENTE SAN RAFAEL	RPIELL	RGUYU00462	RIO GUAYURIBA 100M A. ARRIBA DEL VERTIMIENTO ESTACION ACACIAS
RCATA	RPAMN00773	AGUAS ABAJO DEL EVENTO PUENTE HAMACA	RPIELL	RGUYU00472	RIO GUAYURIBA 1KM A. ABAJO DEL VERTIMIENTO DE LA ESTACION SURIA
RCATA	CPILA00052	CAÑO PILASTRAS AGUAS ARRIBA DEL VTO DE LA ESTACION PETROLEA	RPIELL	RGUYU00494	RIO GUAYURIBA 600M. A. ABAJO DEL VERTIMIENTO DE ESTACION CASTILLA 1 Y 2
RCATA	CGRAB00040	CAÑO GRANDE 50 M AGUAS ARRIBA DEL SITIO DE CAPTACION DE POZOS SARDINATA SUR 36K Y 37K	RPIELL	RGUYU00438	RIO GUAYURIBA 100M A. ARRIBA DEL VERTIMIENTO ESTACION CASTILLA 1 Y 2
RCATA	CMONO00027	CAÑO MONO AGUAS ABAJO DEL VERTIMIENTO DE LA ESTACION PRINCIPAL	RVINTERA	CDORA00069	CAÑO DORADAS- SECTOR BOCATOMA
RCATA	CMONO00045	CAÑO MONO AGUAS ARRIBA DEL VERTIMIENTO DE LA ESTACION PRINCIPAL	RVINTERA	QPITA00030	QDA LA PITA AGUAS ARRIBA DEL VERTIMIENTO
RCATA	CBOGO00006	CANAL BOGOTA	RVINTERA	CANVT00023	CAÑO NN VIDA TRANQUILA AGUAS ABAJO AL SUR DE LA FINCA LOS MEDIOS
RCATA	RPAMN00831	DESEMBOCADURA QDA LA HONDA	RVINTERA	CABEJ00002	CAÑO ABEJAS ANTES DEL AREA DE INFLUENCIA
RCATA	RPAMN00772	LOS VADOS	RVINTERA	CREPO00042	CAÑO EL REPOSO 30M A. ARRIBA DE LA ESTACION LCI 04
RCATA	RPAMN00570	EL CERRITO	RVINTERA	QDIAM00001	QUEBRADA EL DIAMANTE DESPUES DE LA ESTACION 1
RCATA	RPAMN00932	AGUAS ABAJO DEL EVENTO PUENTE HAMACA	RVINTERA	QDIAM00002	QUEBRADA EL DIAMANTE ANTES DE LA ESTACION 1
RCC_VOR_SC	QGUAC00004	QDA GUACIRCO 100M A. ARRIBA DEL POZO YARUMO	RVINTERA	CNNT00015	CAÑO NN AREA DE INFLUENCIA SISMICA TENERIFE
RCC_VOR_SC	QGUAC00003	QDA GUACIRCO 100M A. ABAJO DEL POZO YARUMO	RVINTERA	CCIRA00028	CAÑO LA CIRA 30M A. ABAJO DE LA ESTACION LCI 02
RCC_VOR_SC	QGMAL00015	QUEBRADA GUAMAL A. ARRIBA DE LA BATERIA CEBU	RVINTERA	QPITA00029	QDA LA PITA AGUAS ABAJO DEL VERTIMIENTO
RCC_VOR_SC	QDIND00065	QUEBRADA DINDAL 100M A. ARRIBA AREA DE INFLUENCIA DEL POZO TEMPRANILLO 3	RVINTERA	CCIRA00027	CAÑO LA CIRA 30M A. ARRIBA DE LA ESTACION LCI-02
RCC_VOR_SC	QGMAL00013	QUEBRADA GUAMAL A. ABAJO DE LA BATERIA CEBU	RVINTERA	CROSA00011	CAÑO EL ROSARIO
RCC_VOR_SC	QDIND00001	QUEBRADA DINDAL AGUAS ARRIBA	RVINTERA	QROJA00002	QUEBRADA ROJA
RCC_VOR_SC	QRAYA00015	QUEBRADA LA RAYA AGUAS ARRIBA BATEA HACIA BATERIA SANTA CLARA	RVINTERA	QNQDI00001	CAÑO NN (AFLUENTE DE QDA DIAMANTE)DESPUES DEL RELLENO SANITARIO
RCC_VOR_SC	RPLAT00067	PUNTO DE CAPTACION RIO LA PLATA 500M AGUAS ABAJO	RVINTERA	QNSTG00015	CAÑO NN (AFLUENTE DE QDA SANTOS GUTIERREZ) DESPUES DE LA ESTACION 2
RCC_VOR_SC	QAZAF00025	QUEBRADA AZAFRANAL	RVINTERA	CCOBA00001	CAÑO COBA
RCC_VOR_SC	RBACH00209	RIO BACHE 200M A. ARRIBA DEL PUENTE HACIA EL CAMPO SAN FRANCISCO	RVINTERA	CSILE00001	CAÑO SILENCIO 964M AGUAS ABAJO DEL EVENTO PUNTO 5
RCC_VOR_SC	RTETU00155	RIO TETUAN 250M A. ABAJO DEL PUNTO DE VERTIMIENTO	RVINTERA	CCAME00004	CAÑO LAS CAMELIAS CLUB INFANTAS
RCC_VOR_SC	RTETU00158	RIO TETUAN 50M A. ARRIBA DEL PUNTO DE VERTIMIENTO	RVINTERA	RMAGD06049	RIO MAGDALENA 200M AGUAS ARRIBA DEL MACHINE C625
RCC_VOR_SC	RTETU00148	RIO TETUAN 150M A. ABAJO DE LA DESEMBOCADURA DEL RIO PERALONSO	RVINTERA	CPALA00041	CAÑO PALAGUA 100M A. ABAJO DEL VTO DE VASCONIA I
RCC_VOR_SC	RTETU00153	RIO TETUAN 450M A. ABAJO DEL PUNTO DE VERTIMIENTO	RVINTERA	QZARZ00085	QDA EL ZARZAL (VIA BARRANCA-BUCARAMANGA)
RCC_VOR_PATI_	ANNAL00046	ARROYO NN 50MTS A. ABAJO DEL VTO	RVINTERA	RBLAN00144	RIO BLANCO- CACERIO RIO BLANCO
RCOR_VOC	QJAGU00002	QUEBRADA LA JAGUA AREA DE INFLUENCIA SISMICA TELLO 3D	RVINTERA	RMAGD05981	RIO MAGDALENA 100M A. ARRIBA DEL VERTIMIENTO ESTACION 4 (VERTIMIENTO NORTE)
RCOR_VOC	QPALM00002	QUEBRADA PALMICHAL AREA DE INFLUENCIA SISMICA TELLO 3D	RVINTERA	CDESE00048	CAÑO SAN SILVESTRE
RCOR_VOC	QVENA00004	QUEBRADA VENADO AREA DE INFLUENCIA SISMICA TELLO-3D	RVINTERA	RMAGD00004	RIO MAGDALENA 100M A. ABAJO DEL VTO DE VASCONIA II
RCOR_VOC	QBILI00038	MANANTIAL DAMASCO SOBRE EL CRUCE DE LA QDA BILIBIL AGUAS ABAJO DEL POZO ABANDONADO VENADO-2 OBRA DE CONTROL	RVINTERA	RMAGD00005	RIO MAGDALENA 100M A. ARRIBA DEL VERTIMIENTO DE VASCONIA II
RCOR_VOC	QACEI00044	QUEBRADA EL ACEITE AREA DE INFLUENCIA SISMICA TELLO 3D	RVINTERA	RGUYB00043	RIO GUAYABITO EN PUENTE SOBRE LA VIA CIMITARRA- VEREDA LA PERDIDA
			RVINTERA	RMAGD06009	50M DESPUES DEL ULTIMO VERTIMIENTO (PTAR)