



Pontificia Universidad
Católica del Ecuador

SEDE
ESMERALDAS

ESCUELA DE GESTIÓN AMBIENTAL

TESIS DE GRADO

**COMPARACIÓN DE LA ACUMULACIÓN DE
DETRITOS LEÑOSOS EN LA CUENCA DE LOS RÍOS
ATACAMES Y SÚA: INFLUENCIA DEL USO DE
CAMBIO DE SUELO**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE
INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL**

AUTOR

CHRISTOPHER ALEXIS CUENCA MERA

ASESOR

PhD. JON MOLINERO ORTIZ

Esmeraldas – Marzo, 2018

Trabajo de tesis aprobado luego de haber dado cumplimiento a los requisitos exigidos por el reglamento de Grado de la PUCESE previo a la obtención del título de INGENIERIO EN GESTION AMBIENTAL.

Presidente tribunal de Graduación

Lector 1

Lector 2

Directora de Escuela:
Mgt. Lucía Vernaza Quiñonez

Director de Tesis:
PhD. Jon Molinero Ortiz

Esmeraldas - marzo, 2018

Autoría:

Yo, *Christopher Alexis Cuenca Mera*, declaro que la presente investigación enmarcada en el actual trabajo de tesis es absolutamente original, auténtica y personal.

En virtud que el contenido de ésta investigación es de exclusiva responsabilidad legal y académica de la autor” y de la PUCESE.

Nombre del estudiante:

Christopher Alexis Cuenca Mera

Cédula de Identidad:

0802971119

AGRADECIMIENTO

Agradezco a las personas que hicieron posible la realización exitosa de este trabajo de investigación. Al PhD. Jon Molinero Ortiz por su tutoría en el desarrollo de este estudio y por haber compartido sus conocimientos en ecología fluvial, enseñanzas necesarias para terminar con éxito esta investigación y en especial a mi padre el Ing. Alexi Cuenca Perea, por su apoyo incondicional durante toda la trayectoria de la universidad, así como también por haberme acompañado durante toda la parte práctica de este estudio.

A mi mamá por su apoyo incondicional a lo largo de todo el trayecto de mi vida y en especial esta etapa tan importante para mí.

Y por último pero no menos importante a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Esmeraldas por ofrecer todas su infraestructura física e intelectual, que permitieron hacer posible la culminación de este trabajo de investigación.

DEDICATORIA

Dedico la culminación de esta etapa de mi vida a todas las personas que de uno u otra forma me han impulsado a levantarme con más fuerza luego de haber caído ante una adversidad. A mis padres por creer en mí y apoyarme en toda mi carrera profesional y a mi hermano.

ÍNDICE

1. Introducción	1
2. Metodología	4
2.1. Área de Estudio	4
2.2. Selección de Estaciones	6
2.3. Cuantificación y descripción de la madera	7
2.4. Análisis estadístico	9
3. Resultados	10
3.1. Número de piezas y densidades de la madera	10
3.2. Dimensiones de las piezas de madera	10
3.3. Tipo de piezas y origen	12
3.4. Localización, posición y apoyo de las piezas de madera	13
3.5. Función hidráulica de las piezas de madera	15
3.6. Factores que controlan las densidades de madera	16
4. Discusión	20
5. Conclusiones	24
6. Recomendaciones	25

ILUSTRACIONES Y TABLAS

Lista de ilustraciones

Figura 1. Mapa de la cuenca del río Atacames y Súa, ubicados en la provincia de Esmeraldas.	5
Figura 2. Descripción del ancho del río.	9
Figura 3. Descripción para medir longitudes de las piezas de madera.	9
Figura 4. Cinta métrica para la mitad de longitudes de las piezas de madera.	9
Figura 5. Forcípula forestal para la medida de diámetros mayores y menores.	9
Figura 6. Número y densidades de las piezas encontradas en las estaciones de muestreo de los ríos Sua y Atacames.	11
Figura 7. Dimensiones de las piezas de madera encontradas.	12
Figura 8. Porcentaje de las piezas de madera con corte natural y artificial.	13
Figura 9. Localización, posición y apoyo de las piezas de madera obtenidas.	15
Figura 10. Función hidráulica de las piezas de madera.	16
Figura 11. Localización de las estaciones de muestreo en función a los componentes principales obtenidos.	17

Lista de tablas

Tabla 1. Estaciones de muestreo con su código, coordenadas y alturas	7
Tabla 2. Determinación de los componentes principales	17

GLOSARIO DE ABREVIACIONES Y UNIDADES

Abreviaciones

NA	Corte del material leñoso	Si el material leñoso al momento del muestreo poseía una rotura irregular.
AR		Si la rotura del material leñoso al momento del muestreo era plana como las causadas por machetes, hachas o motosierra.
PU	Función hidráulica del material leñoso	Si el material leñoso se encontraba formando un puente entre las dos orillas o se encontraba suspendido encima del cauce húmedo.
DE		Si el material leñoso modificaba la dirección de la corriente de agua
PR		Si se encontraba atravesado en el cauce de orilla a orilla modificando la velocidad de la corriente de agua, acumulando trozos de madera.
SE		Si el material leñoso se encontraba ubicado fuera del cauce húmedo sin afectar a la corriente de agua.
RO	Tipo de apoyo del material leñoso	Si se encontraba apoyado sobre una roca.
RA		Si el material leñoso se encontraba enraizado.
MA		Si el material leñoso se encontraba apoyado sobre otras piezas de madera.
AR		Si el material leñoso se encontraba apoyado sobre una estructura artificial.
SA		Si el material leñoso no estaba apoyado sobre nada.
CH	Ubicación del material leñoso	Si se al momento del muestro se encontraba en el cauce húmedo.
OR		Si el al momento del muestreo se encontraba ubicado en la orilla.
CA		Si al momento del muestreo se encontraba ubicado en el cauce activo
LI		Si al momento del muestreo se encontraba ubicado en la llanura de inundación.
PA	Dirección del material leñoso	Cuando el material leñoso se encontraba paralelo al cauce.
PE		Cuando el material leñoso se encontraba perpendicular al cauce.
OB		Cuando el material leñoso se encontraba oblicuo al cauce.
ACP		Es una técnica estadística utilizada para reducir la dimensionalidad de un conjunto de datos.

Unidades

m	metro
cm	centímetro
km	kilómetro
mm	milímetro
°C	grados centígrados

dm ³	decímetro cúbico
m ³ /ha	metros cúbicos por hectárea
m ³ ha ⁻¹	metros cúbicos por hectárea

RESUMEN

La madera muerta que entra al río desde las zonas riparias puede llegar a ser muy abundante en muchos ríos y arroyos. Los restos de madera en el cauce cumplen varias funciones tales como: retener agua, sedimentos y materia orgánica, estabilizar el cauce, reducir el impacto de las crecidas sobre la biota, proporcionar hábitat para invertebrados y peces y mejorar la calidad del agua. La cantidad de madera muerta depende de la composición y estructura del bosque ripario, de la morfología del río en cada tramo y de las actividades humanas en el cauce y en sus riberas. Habitualmente se distingue entre madera gruesa (> 5 cm de diámetro, > 1 m de longitud) y madera fina que tiene un papel estructural menos importante. En el presente estudio se ubicaron 10 estaciones en el río Atacames y 9 estaciones en el río Súa abarcando la parte alta, media y baja de cada una de las cuencas, en cada estación se registraron la longitud y los diámetros menor y mayor de cada tronco con la ayuda de una cinta métrica y una forcípula forestal, adicionalmente, se registraron el tipo de corte, la función, el apoyo, la ubicación y sentido que tenía el de madera en el momento del muestreo con la finalidad de medir el impacto de los cambios de los usos del suelo en las acumulaciones de madera de los ríos tropicales. Se registraron un total de 232 piezas de madera en el río Súa, mientras que en el río Atacames tan sólo que se encontraron 152, obteniendo de manera significativa más piezas de madera en el río Súa; por medio de un análisis de componentes principales (ACP), se obtuvo como resultados que el cambio de uso de suelo y el tamaño de la cuenca son los dos parámetros que explican la diferencias de la densidad de madera en estas dos cuencas.

ABSTRACT

Dead wood entering the river from riparian areas can become very abundant in many rivers and streams. The remains of wood in the channel fulfill several functions such as: retaining water, sediment and organic matter, stabilize the channel, reduce the impact of creations on the biota, provide habitat for invertebrates and fish and improve water quality. The amount of dead wood depends on the structure and structure of the riparian forest, the morphology of the river in each section and the human activities in the channel and its banks. (> 5 cm in diameter,> 1 m in length) and fine wood which has a less important structural role. In the present study, 10 stations were located in the Atacames River and 9 stations in the Súa river, covering the upper, middle and lower part of each basin, each station being recorded in the length and the smaller and larger diameters of each Trunk With the help of a tape measure and a forest fortifica- tion, the type of cut, function, support, location and direction of the wood at the time of sampling are also recorded in order to measure the impact Of the Changes of the land uses in the accumulations of wood of the tropical rivers. If a total of 232 pieces of wood in the river Súa, while in the Atacames River only found 152, obtaining significantly more wood pieces in the river Súa; By means of a principal component analysis (PCA), we obtained as results that the change of land use and the size of the basin are the parameters that explain the differences of the wood density are these two basins.

1. INTRODUCCIÓN

Los ríos son ecosistemas fluviales dinámicos de gran complejidad debido a que se componen de varios elementos de vegetación riparia, llanura de inundación y cauce que interaccionan entre sí. La eficacia y el dinamismo de los cauces se expresan en una dimensión espacio – temporal y su buen funcionamiento se da por el papel que desempeñan cada uno de estos elementos (Sabater y Elozegi, 2009).

La mayor parte de los ríos del mundo bien conservados tienen sus márgenes u orillas cubiertas por bosque u otra vegetación ribereña. Las funciones ecosistémicas que cumplen las zonas ribereñas pueden ser divididas en tres amplias categorías interrelacionadas entre sí: La primera de ellas la función ecológica, la función geomorfológica y la función hidrológica (Hansen *et al.*, 2010). Las funciones ecológicas incluyen el mantenimiento de la calidad de agua y los procesos de nutrientes, el sombreado del cauce y control de la temperatura del agua, el aporte de energía a la biota del río, la generación de hábitats terrestres y acuáticos y su papel como un corredor de dispersión y movimiento favoreciendo la conectividad entre ecosistemas a nivel regional (Hansen *et al.*, 2010). Las funciones geomorfológicas incluyen la estabilización de las orillas del cauce, la regulación de las inundaciones y de la acumulación y transporte de sedimentos (Hansen *et al.*, 2010). Las funciones hidrológicas están relacionadas ampliamente la regulación del flujo hídrico (Hansen *et al.*, 2010). El aporte de materia orgánica a los sistemas fluviales por la vegetación ribereña es determinante en su estructura y complejidad (Boothroyd *et al.*, 2004), constituyendo el mayor aporte energético a los ríos. Dada la estrecha relación entre la vegetación de ribera y los sistemas acuáticos, es necesario proteger la vegetación de la ribera para evitar que los ecosistemas fluviales se deterioren (Allan, 2004).

La madera muerta que entra al río desde las zonas riparias puede llegar a ser muy abundante en muchos ríos y arroyos (Gregory *et al.*, 2003). Los restos de madera en el cauce cumplen varias funciones tales como: retener agua, sedimentos y materia orgánica, estabilizar el cauce, reducir el impacto de las crecidas sobre la biota, proporcionar hábitat para invertebrados y peces y mejorar la calidad del agua (Gregory *et al.*, 2003). La cantidad de madera muerta depende de la composición y estructura del bosque ripario, de la morfología del río en cada

tramo y de las actividades humanas en el cauce y en sus riberas (Díez *et al.*, 2001). Habitualmente se distingue entre madera gruesa (> 5 cm de diámetro, > 1 m de longitud) y madera fina que tiene un papel estructural menos importante.

Las actividades antrópicas como la deforestación y otras prácticas forestales, la agricultura, la ganadería, la contaminación y el desarrollo industrial o urbano han conducido a la degradación de las condiciones de las riberas, del hábitat fluvial y de la calidad del agua en muchos arroyos y ríos (Harding y Winterbourn, 1995; Kennard *et al.*, 2006; Kutschker *et al.*, 2009). La presencia de ganado en las riberas modifica la vegetación riparia y afecta a su capacidad de regeneración, aunque no es fácil evitar estos cambios cuando la ganadería es uno de los medios de vida más importantes para la población local (Steinfeld *et al.*, 2009).

La introducción de especies exóticas en los corredores ribereños ha producido cambios en la biota acuática que aprovecha de manera directa o indirecta los recursos orgánicos, como la hojarasca, que se incorporan desde el exterior (Graca, 2001). En este sentido, Lara *et al.* (2003, 2010), Little *et al.*, (2009) y Huber *et al.*, (2010) han demostrado que las microcuencas con porcentajes mayores de cobertura con plantaciones introducidas o también llamadas exóticas producen un menor caudal estival que las cuencas con una cubierta mayor de especies nativas. Las consecuencias de la introducción de estas especies oscilan entre pequeños cambios en la composición de especies y la extinción de las especies nativas, generando una profunda modificación tanto en el bosque ripario como en el río (Parker y Richard, 1997; Sirombra y Mesa, 2010). Sin embargo, estas actividades también generan impactos en los ecosistemas de ribera. La pérdida de vegetación en las orillas de arroyos y ríos (vegetación ribereña) implica la ausencia de sombra y de hojarasca que cae al agua (Ochoa, 2007), lo cual modifica los recursos energéticos disponibles para los organismos del río y produce un aumento de temperatura del agua que es perjudicial para las comunidades de peces. La carencia de árboles ocasiona que haya menos sitios para la alimentación y anidación de los peces y otros organismos (Meli, 2011).

Los ríos que han perdido su vegetación riparia no regulan los flujos de materia y energía entre los ecosistemas acuáticos y terrestres, debido a que desaparecen los aportes de materia orgánica particulada tales como hojarasca, ramas y frutos que representan una de las principales fuentes alimenticias para los organismos que habitan en los cauces fluviales (Naiman *et al.*, 1993; Bodie y Semlitsch, 2000).

En la provincia de Esmeraldas, existen algunos estudios recientes en ríos vinculados al uso de bioindicadores como diatomeas, macroinvertebrados o peces (Martínez *et al.*, 2014; Martínez, 2012; Guijarro, 2016; Ortiz, 2016). También se ha estudiado la acumulación de madera en el río Teaone como un descriptor del hábitat fluvial (Guijarro, 2016). Sin embargo, no existen estudios detallados sobre la acumulación de madera y su importancia en el funcionamiento ecológico de los ríos. Este estudio pretende comparar las acumulaciones de madera de un río alterado (río Atacames) y otro río de similares características pero mejor conservado (río Súa) para estudiar el impacto de los cambios de los usos del suelo en las acumulaciones de madera de los ríos tropicales. En particular, se cuantificará el material leñoso de más de 5 cm de diámetro y 100 cm de longitud a lo largo de los ríos Atacames y Súa, se relacionará la cantidad y calidad del material leñoso con los usos del suelo presentes en las riberas y se determinará las funciones que cumple dentro del ecosistema fluvial. La hipótesis de trabajo que se testará es que la densidad de madera en el cauce será mayor en el río Atacames que en el río Súa y estará relacionada con la cantidad de bosque ripario presente en cada uno de los ríos.

2. METODOLOGÍA

2.1. AREA DE ESTUDIO

El río Atacames se encuentra situado en la provincia de Esmeraldas, en la región costera de Ecuador, a unos 25 km al sur de la ciudad de Esmeraldas. Es un río de orden 4 de 42,5 km de longitud que drena una cuenca de 117,6 km² con una cobertura de bosque del 34,8 %. Aunque la playa de Atacames, situada en la desembocadura, representa un área de presencia masiva de turistas durante los periodos vacacionales (Diario El Comercio, 2014), el resto de la cuenca cuenta con una baja densidad de población que se dedica principalmente a actividades agrícolas y ganaderas. En la zona de las Luchas, en la zona media, existe una represa de agua en el río que sirve como sitio de distracción turística a pequeña escala. La parte alta del río Atacames se encuentra dentro de la Reserva Ecológica Mache Chindul. Es una zona de difícil acceso, poco poblada y mantiene una vegetación espesa, sin embargo los usos ganaderos y la extracción de madera están presentes en la zona.

El río Súa se encuentra al oeste del río Atacames, tratándose de dos cuencas adyacentes. Es un río de orden 3 de 27,6 km de longitud que drena una cuenca de 63,7 km² con una cobertura de bosque del 25,8%. A lo largo de la cuenca, desde la parte baja hasta la parte alta podemos encontrar cinco recintos rurales (7 de agosto, Guachal, Muchin, Angostura y Cascajal). Al igual que en el río Atacames, la parte alta de la cuenca es de difícil acceso, está poco poblada y mantiene un alto porcentaje de bosque primario.

Las condiciones climáticas son muy similares en las dos cuencas. En la cuenca del río Atacames, la temperatura media anual es de 25.4 °C y la precipitación anual es de 1080 mm, mientras que en la cuenca del río Súa, la temperatura media anuales de 25.4 °C y la precipitación anual es de 1152 mm, según los datos recogidos en la parte baja de ambas cuencas. Según el plan de manejo de la Reserva Mache-Chindul (MAE, 2016), en las dos cuencas existen tres tipos de bosques: bosque siempre-verde húmedo, bosque siempre-verde subhúmedo y bosque seco.

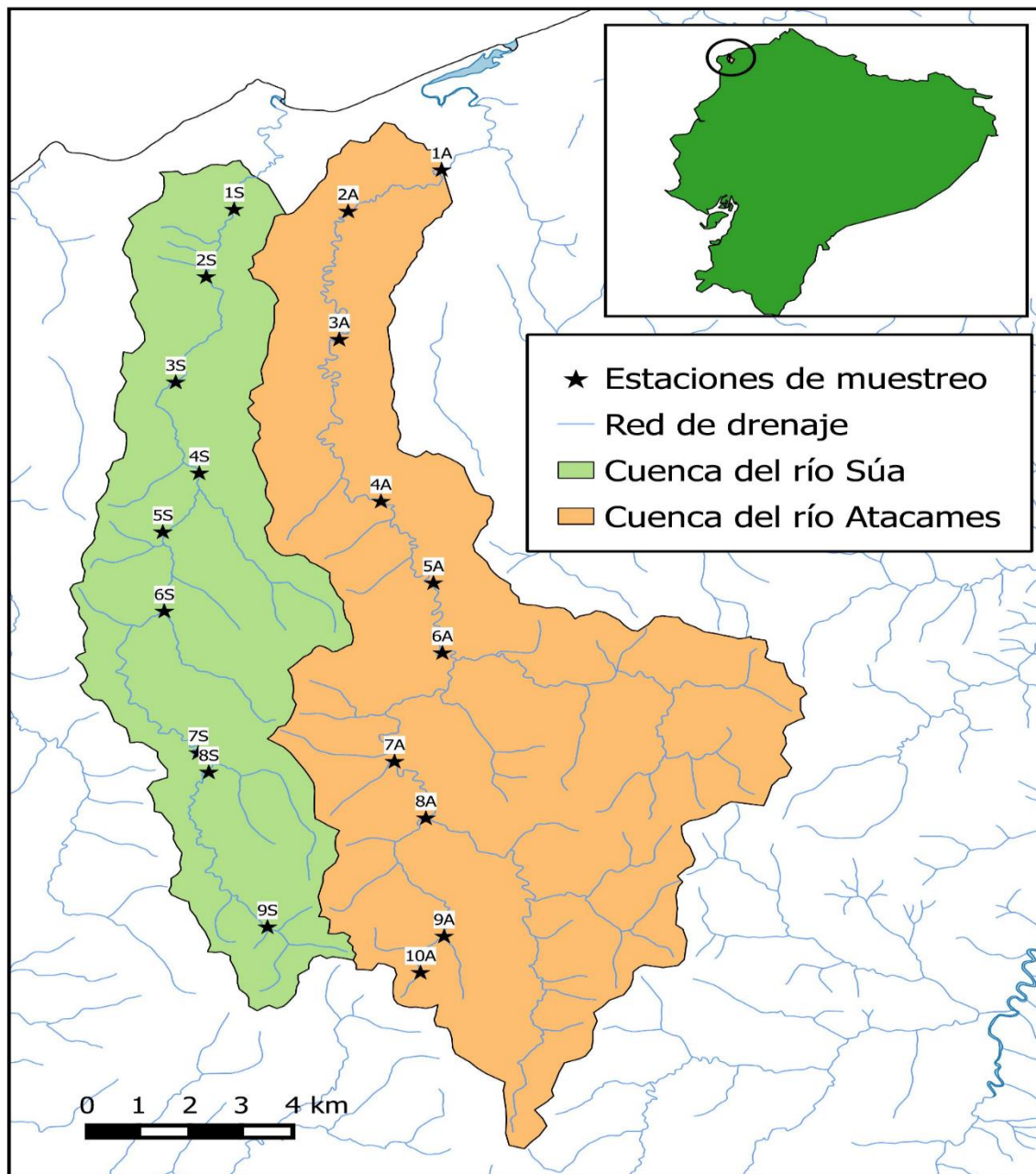


Figura 1. Mapa de la Cuenca del río Atacames y Súa ubicados en la provincia de Esmeraldas

2.2. SELECCIÓN DE ESTACIONES

Se seleccionaron 10 estaciones de muestreo en el río Atacames y 9 en el río Súa. La diferencia en el número de estaciones se debe a que la longitud del río Súa es menor que la del río Atacames. Las estaciones se situaron a lo largo del eje principal de cada río, a intervalos regulares, desde la parte alta de la cuenca hasta la desembocadura para caracterizar la variabilidad longitudinal de ambos sistemas (Figura 1, Tabla 1). Cada estación de muestreo consistió de un tramo de cauce de 200 m de longitud. En cada estación, se determinaron el orden del río, el área de drenaje y la pendiente a partir de cartografía digital a escala 1:50000 del Instituto Geográfico Militar (IGM), el porcentaje de bosque natural en la cuenca y en las zonas riparias a partir del mapa de usos del suelo de Ecuador (MAE, 2014) y la anchura del cauce con una cinta métrica. La localización de las estaciones quedó registrada en un estadillo de campo (Anexo I). Este estudio se lo realizó en el periodo de julio – enero correspondiente a una época de poca lluvia.

Cabe recalcar que las cuencas presentes en ambos ríos tienen diferentes tamaños sin embargo la anchura de las estaciones de muestreo fue similar en los dos ríos y osciló entre 4,90 y 14,04 m en el río Súa y entre 4,28 y 16,90 m en el río Atacames (Tabla 1). Con respecto a los porcentajes de bosque en la cuenca y en la zona riparia, se observó que ambos disminuyen a medida se desciende a lo largo de los dos ríos (Tabla 1), pero la cuenca del río Atacames mantiene coberturas de bosque en la cuenca y en la zona riparia ligeramente mayores que la cuenca del río Súa. La pendiente del cauce es baja, normalmente por debajo de 0.01 m/m, excepto en la cabecera del río Atacames. El orden de una cuenca permite tener un mejor conocimiento del desarrollo y complejidad del sistema de drenaje de la cuenca y según el método de Horton (1945), se establecerán de la siguiente manera: los cauces de primer orden son aquellos que no tienen tributarios, los cauces de segundo orden se forman en la unión de dos cauces de primer orden y de manera general los cauces de orden n , se forman cuando dos cauces de orden $n-1$ se unen.

Tabla 1

ESTACIONES DE MUESTREO CON SUS CÓDIGOS, SUS COORDENADAS Y ALTURAS

Estación	X	Y	Orden	Drenaje (km ²)	Bosque (%)	Bosque ripario (%)	Anchura (m)	Pendiente (m/m)
1A	628079	10094088	4	117,6	34,8	30,4	8,05 ± 2,46	0,0009
2A	626244	10093082	4	113,0	35,2	31,3	9,40 ± 1,57	0,0009
3A	626053	10089914	4	104,8	37,5	33,0	10,84 ± 1,32	0,0009
4A	626935	10086009	4	92,4	40,4	34,5	13,46 ± 3,49	0,0009
5A	627907	10083893	4	84,0	41,0	36,6	16,03 ± 4,30	0,0016
6A	628076	10082163	4	78,9	41,4	37,6	16,47 ± 4,17	0,0016
7A	627145	10079476	3	39,9	44,9	31,6	16,90 ± 4,03	0,0016
8A	627729	10078081	3	36,2	48,6	34,8	15,55 ± 4,79	0,0016
9A	628135	10075076	2	4,6	60,9	51,5	7,92 ± 2,01	0,0132
10A	627704	10074297	1	0,7	28,4	11,9	4,28 ± 0,99	0,0237
1S	624066	10093108	3	63,7	25,8	14,1	7,78 ± 0,98	0,0017
2S	623484	10091453	3	59,6	22,9	12,4	10,05 ± 0,76	0,0017
3S	622763	10088811	3	51,8	22,8	13,3	10,43 ± 2,24	0,0017
4S	623351	10086602	3	45,4	23,9	13,8	8,73 ± 0,98	0,0017
5S	622735	10085070	3	36,4	27,6	16,6	13,69 ± 1,62	0,0017
6S	622770	10083108	3	30,8	30,7	18,7	14,05 ± 3,17	0,0110
7S	623332	10079697	3	16,6	28,5	20,1	10,89 ± 2,43	0,0032
8S	623610	10079448	2	10,4	28,6	14,4	8,86 ± 1,64	0,0055
9S	624722	10075391	2	3,5	37,3	11,7	4,90 ± 1,81	0,0073

Nota. (A, estaciones en el río Atacames; S, estaciones en el río Súa), X y Y (Coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo, orden (número de afluentes que posee cada cauce), drenaje en km² (superficie de drenaje de cada estación), bosque y bosque ripario (porcentaje de bosque y bosque ripario en cada una de las estaciones), anchura (longitud de la anchura en metros de las estaciones de muestreo con su desviación estándar)

2.3. CUANTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA MADERA

En cada estación, se delimitó una longitud de muestreo de 200 m de cauce a favor de la corriente del río. En cada tramo, se determinó la anchura del cauce seco en 10 secciones (figura 2) para determinar el área de muestreo y se midieron todos los fragmentos leñosos mayores a 100 cm de longitud y con un diámetro mayor a 5 cm (figura 3), registrando la longitud y los diámetros menor y mayor de cada tronco cinta métrica (figura 4) y una forcípula forestal (figura 5). Para el cálculo del volumen de cada pieza de madera se usó la fórmula del volumen de un cilindro sólido:

$$V = \pi \cdot \left(\frac{R + r}{2} \right)^2 \cdot L$$

Donde:

V: es el volumen de la pieza en cm³

R: radio mayor en cm

r: radio menor de la pieza en cm

L: es la longitud de la pieza en cm.

Adicionalmente, se registraron el tipo de corte, la función, el apoyo, la ubicación y sentido que tenía el de madera en el momento del muestreo. El tipo de corte del material leñoso se clasificó como natural (NA) si el tronco poseía una rotura irregular o artificial (AR) si la rotura era plana como las causadas por machetes, hachas o motosierra. La función hidráulica que cumplía el material leñoso en el momento del muestreo se clasificó como puente (PU) si se encontraba formando un puente entre la dos orillas o suspendido encima del cauce húmedo, deflector (DE) si modificaba la dirección de la corriente de agua, presa (PR) si se encontraba atravesado en el cauce de orilla a orilla modificando la velocidad de la corriente de agua o sin efecto (SE) si se encontraba ubicado fuera del cauce húmedo sin afectar a la corriente de agua. El tipo de apoyo del material leñoso se clasificó como roca (RO) si se encontraba apoyado sobre una roca, enraizado (RA) si se trataba de un tronco caído pero que todavía estaba enraizado en las orillas, madera (MA) si se encontraba apoyado sobre otro tronco o rama, artificial (AR) si se encontraba apoyado sobre una estructura creada por el hombre y (SA) si no se encontraba apoyado sobre ningún objeto y podría ser arrastrado fácilmente por la corriente. Para clasificar la ubicación del material leñoso se tuvieron en cuenta de las siguientes localizaciones: cauce húmedo (CH), orilla del cauce húmedo (OR), cauce activo fuera del cauce húmedo (CA) y límite de la llanura de inundación (LI). Por último, la dirección del material leñoso se clasificó como paralela al cauce (PA), perpendicular al cauce (PE) u oblicuo (OB). Cuando el material leñoso consistía en un tronco con una o más ramas, se determinaba inicialmente la longitud del tronco desde la base hasta el extremo de la ramificación más larga y los diámetros correspondientes y luego se determinaban la longitud y los diámetros de cada una de las ramificaciones. Todos los datos

recogidos en este estudio cuantitativo y cualitativo se registraron en las correspondientes fichas de campo (Anexo 1).



Figura 2. Ancho del río



Figura 3. Medida del material leñoso grueso



Figura 4. Cinta métrica para medir longitudes



Figura 5. Forcípula forestal para medir diámetros

2.4. ANALISIS ESTADISTICOS

Para clasificar las estaciones, se realizó un análisis de componentes principales ACP, mediante el uso del programa estadístico R versión 3.4.1, utilizando el orden del río, el área de drenaje, los porcentajes de bosque en la cuenca de drenaje y en la zona riparia y la pendiente y la anchura del cauce como variables que describen las estaciones de muestreo. En este análisis, se eligieron aquellos componentes que explicaron más del 15% de la varianza total de los datos.

3. RESULTADOS

3.1. NÚMERO DE PIEZAS Y DENSIDAD DE MADERA

De manera global, el mayor número de piezas de madera se encontró en el río Súa, con un total de 232, mientras que en el río Atacames sólo se encontraron 152. En el río Súa, el número de piezas de madera por tramo osciló entre 13 y 35 y se observó un aumento del número de piezas a medida que se desciende a lo largo del río (Figura 6A). En el río Atacames, el número de piezas por tramo fue menor que en el río Súa, oscilando entre 7 y 29, y se observó una disminución del número de piezas a medida que se desciende a lo largo del río (Figura 6B). El número medio de piezas por tramo en el río Súa (23.0 piezas) fue significativamente mayor ($t_{17} = -2.23$, $p < 0.05$) que en río Atacames (15.2 piezas).

En el río Súa, la densidad de las piezas de madera encontradas aumenta a medida que se desciende a lo largo del río (Figura 6C). A diferencia del río Súa, en el río Atacames, la densidad de las piezas de madera aumenta a medida que asciende a lo largo del río (Figura 6D). Aunque la densidad media de madera fue mayor en el río Súa ($28.4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) que en el río Atacames ($10.98 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), las diferencias no fueron significativas ($t_{17} = -1.79$, $p > 0.05$).

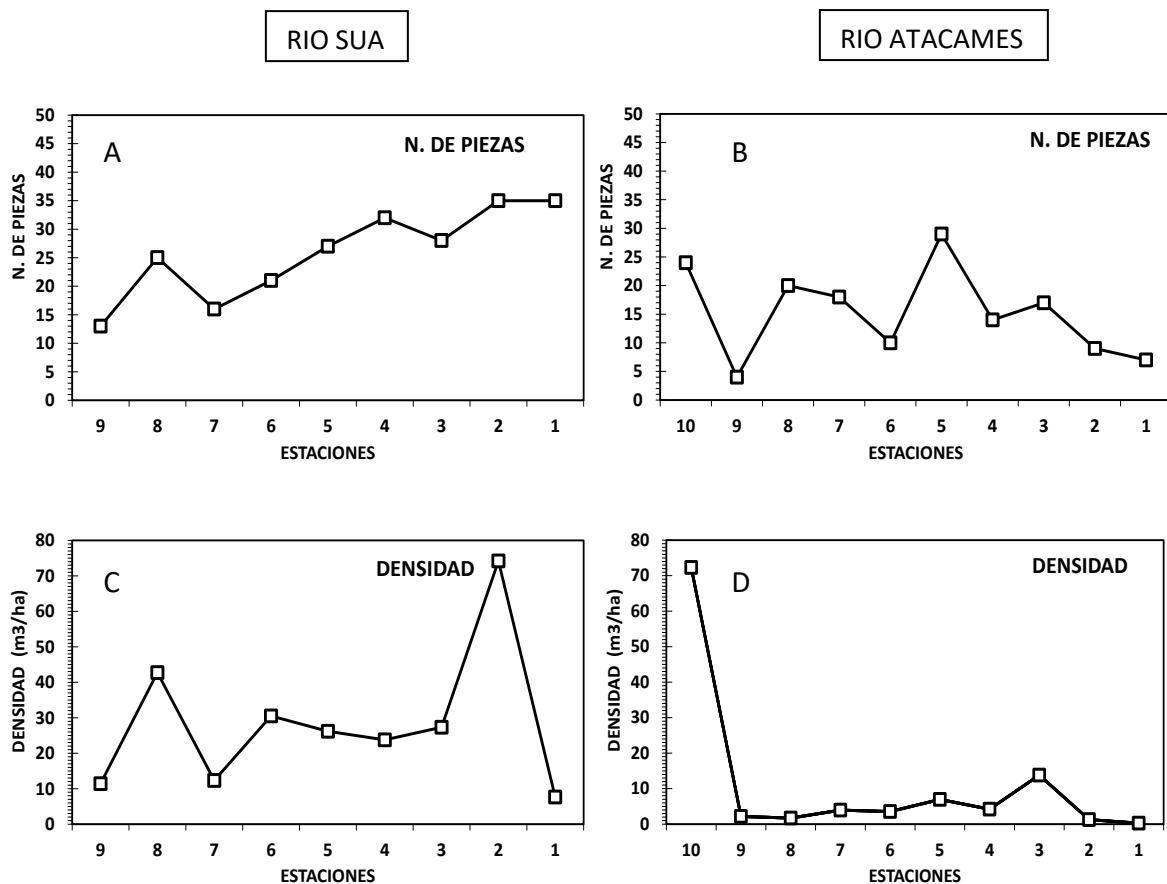


Figura 6. Número y densidad de las piezas de madera
Río Súa (A Y C) y en el río Atacames (B y D) respectivamente

3.2. DIMENSIONES DE LAS PIEZAS DE MADERA

La longitud de las piezas de madera en río Súa (455 cm) fue ligeramente mayor que en el río Atacames (322 cm) y las diferencias no fueron significativas ($t_{17} = -2.05$, $p > 0.05$). Debido a que en el río Súa, la longitud media de las piezas de madera osciló entre 300 y 657 cm y las piezas de madera de mayor longitud se observaron en la parte media del río (Figura 7A). En el río Atacames, la longitud media de las piezas de madera osciló entre 150 y 600 cm y las piezas de madera de mayor longitud se observaron en la parte baja del río (Figura 7B).

El diámetro medio de las piezas de madera osciló entre 13 y 22 cm en el río Súa (Figura 7C), y entre 8 y 20 cm en el río Atacames (Figura 7D). El diámetro de las piezas de madera en el río Súa (26 cm) fue mayor que en el río Atacames (14 cm), pero las diferencias no fueron significativas ($t_8 = -2.07$, $p > 0.05$). El diámetro medio no mostró una tendencia clara a aumentar o disminuir a lo largo del río.

Como resultado de las diferencias en la longitud y diámetro, el volumen medio de las piezas de madera en el río Súa osciló entre 75 y 430 dm³ (Figura 7E), mientras que en el río Atacames fue ligeramente inferior y osciló entre 6 y 260 dm³ (Figura 7F). El volumen medio de las piezas de madera en el río Súa (233 dm³) fue significativamente mayor ($t_{13} = -2.89$, $p < 0.05$) que en el río Atacames (91 dm³). Por otro lado, el volumen medio de las piezas de madera tampoco mostró una tendencia clara a aumentar o disminuir a lo largo del río.

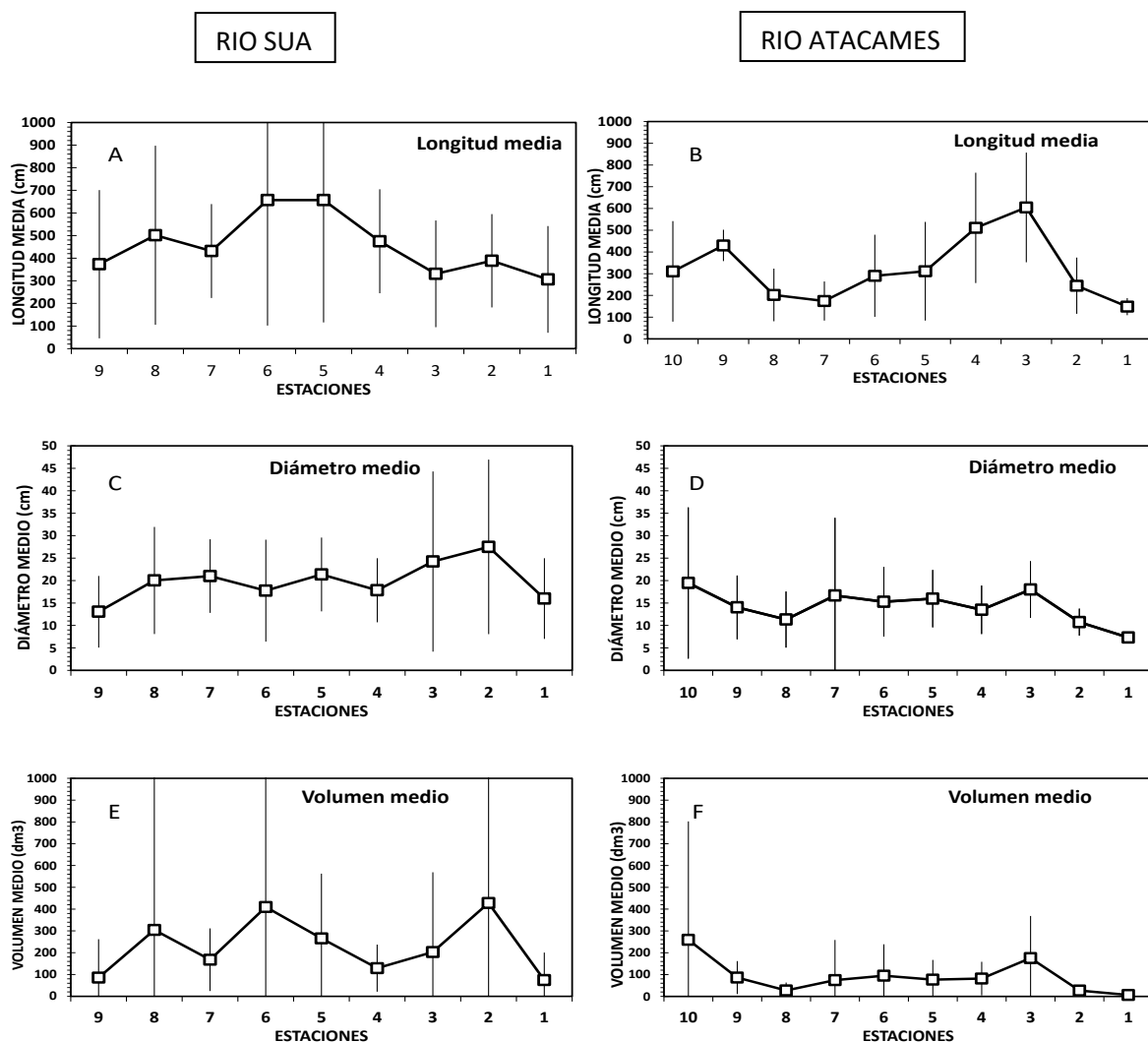


Figura 7. Dimensiones de las distintas piezas de madera en las estaciones de cada río.

(A) longitudes de las piezas río Súa. (B) Longitudes de las piezas Atacames. (C) Diámetros de las piezas Súa. (D) Diámetros de las piezas Atacames. (E) Volúmenes de las piezas Súa. (F) Volúmenes de las piezas Atacames.

3.3. TIPOS DE PIEZAS Y ORIGEN

En el río Súa, se observaron porcentajes elevados de piezas de origen artificial en la cabecera (40-70 %) (estaciones 8 y 9), mientras que en el resto de estaciones se observaron valores por debajo del 20 % (Figura 8A). Por el contrario, las piezas de origen artificial fueron más abundantes en la parte baja del río Atacames (estaciones 1, 2, 3 y 4), donde alcanzaron porcentajes que oscilaron entre el 60 y el 70 % (Figura 8B), mientras que en las partes media y alta del río Atacames (estaciones 5, 6, 7, 8, 9 y 10), los porcentajes de piezas de origen artificial fueron menores que en la parte baja y se situaron por debajo del 20 % en todas las estaciones.

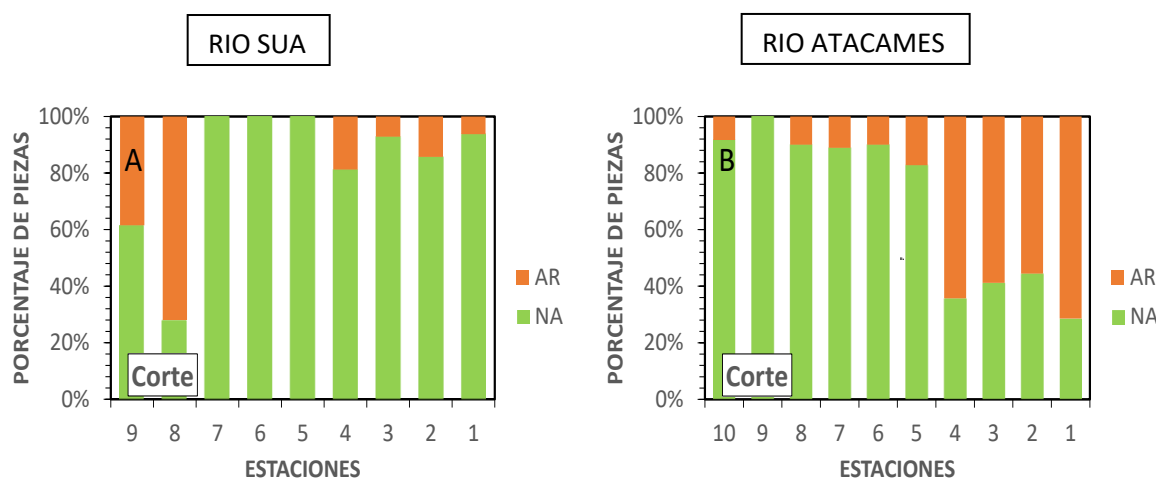


Figura 8. Clasificación de las piezas de madera según su origen
(AR, corte artificial; NA, rotura natural). (A) río Súa, (B) río Atacames.

3.4. LOCALIZACIÓN POSICIÓN Y APOYO DE LAS PIEZAS

En ambos ríos, la mayor parte de las piezas de madera estaban situadas en el cauce húmedo o en su orilla (Figura 9A y B). En el río Súa (Figura 9A), la proporción de piezas de madera situadas en el cauce húmedo osciló entre el 26 y el 64 % y no se observó un patrón definido en su distribución a lo largo del río. Por el contrario, en el río Atacames (Figura 9B), la proporción de piezas de madera en el cauce húmedo mostró una variabilidad mayor y osciló entre el 4 y el 89 %. Además, se observó un aumento progresivo de este porcentaje desde la cabecera hacia la parte baja en este río. Por otro lado, se debe destacar que se observaron muy pocas piezas de madera en el cauce activo en ambos ríos (Figura 9A y B).

Con respecto a la posición de la madera, esta se encuentra distribuida de manera similar en ambos ríos (Figura 9C y D). En el río Súa (Figura 9C), la proporción de madera con una posición paralela al cauce húmedo fue mayoritaria y osciló entre un 45 y 80%, observándose el mayor porcentaje de piezas con esta posición en la parte media de la cuenca. En el río Atacames (Figura 9D), el porcentaje de las piezas de madera con una posición paralela al cauce varió entre un 25 y 100% y se observó cierta tendencia a encontrar más piezas en esta posición en la parte alta del río. También se debe resaltar que el porcentaje de piezas situadas de forma perpendicular al cauce fue bajo en ambos ríos (Figura 9C y D).

En ambos ríos, la mayor parte de las piezas de madera se encontraban sin apoyo mientras que se observaron muy pocas piezas apoyadas sobre rocas (Figura 9E y F). Además, el porcentaje de piezas apoyadas en otras piezas de madera en el río Súa fue mayor que en el río Atacames (Figura 9E y F). En el río Súa (Figura 9E), la proporción de piezas de madera que se encontraban sin apoyo osciló entre un 20 y 90% y no se encontró un patrón definido en su distribución a lo largo del río. Por el contrario, en el río Atacames (Figura 9F), la proporción de piezas de madera sin apoyo osciló entre el 0 y el 100 %y se observó un aumento progresivo desde la cabecera hacia la parte baja. En la cabecera de este río, se encontró además un mayor número de piezas apoyadas sobre rocas y enraizadas que en la parte baja.

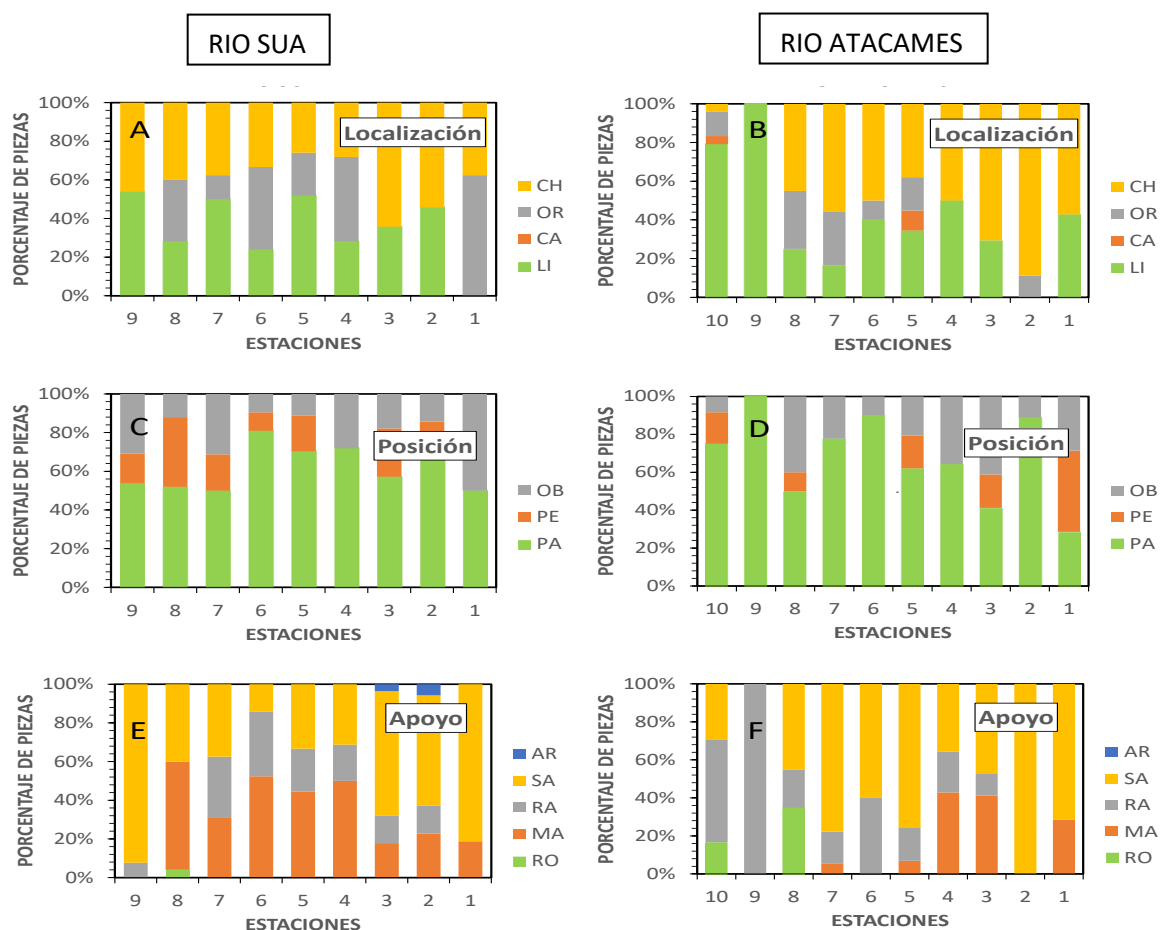


Figura 9. Localización, dirección, apoyo.

Localización (CH, cauce húmedo; OR, orilla del cauce húmedo; CA, cauce activo; LI, talud de la llanura de inundación), posición respecto a la dirección del cauce (OB, oblicuo; PE, perpendicular; PA, paralelo) y estructura de apoyo (AR, estructura artificial; SA, sin apoyo definido; RA, enraizado en la orilla; MA, otra pieza de madera; RO, roca) de las piezas de madera encontradas en los ríos Súa y Atacames.

3.5. FUNCION HIDRAULICA DE LAS PIEZAS DE MADERA

Se debe resaltar que la función hidráulica de la madera en cada una de las estaciones de muestreo se observó durante el periodo de caudales bajos (Figura 10), por lo tanto los datos de este apartado no se puede tomar como una evaluación completa de dicha función porque ésta puede ser diferente durante las crecidas del río. En ambos ríos, la mayor parte de las piezas de madera no tuvieron un efecto hidráulico porque se encontraban fuera del cauce húmedo (10A y B). En el río Súa (Figura 10A), el porcentaje de piezas de madera que no tuvieron un efecto hidráulico osciló entre un 20 y 80% y no se observó un patrón definido en su distribución. Por el contrario, en el río Atacames la proporción de piezas de madera sin un

efecto sobre el cauce húmedo mostró una variabilidad mayor y osciló entre un 0 y 100%, mostrando una disminución progresiva desde la parte alta hacia la parte baja.

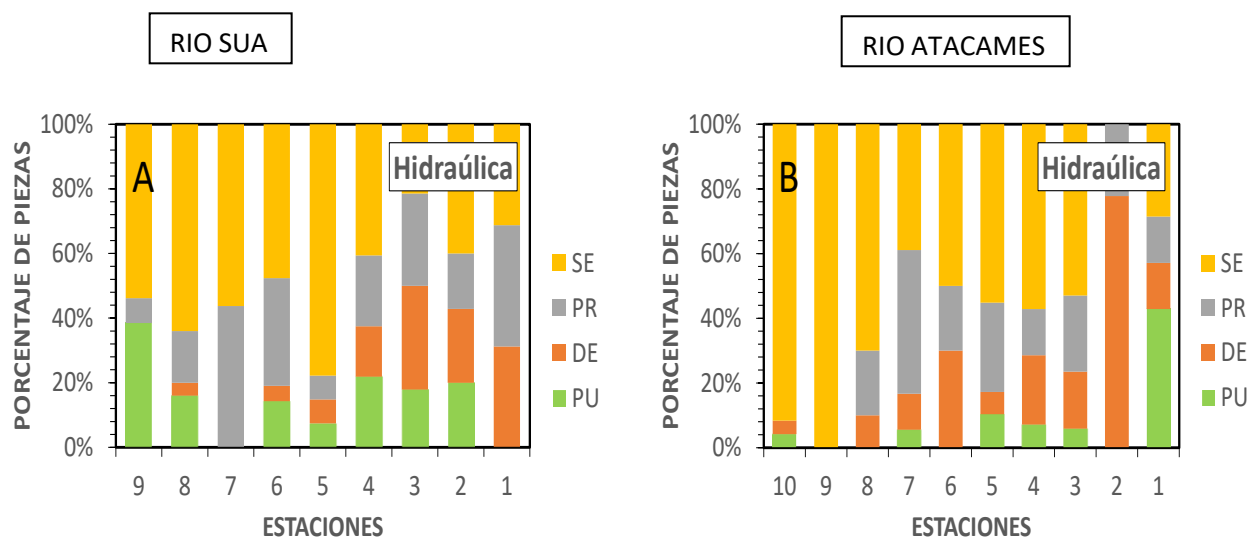


Figura 10. Función hidráulica de las piezas de madera.

Funciones de las piezas de madera encontradas en el río Súa (A) y Atacames (B (SE, sin efecto hidráulico; PR, presa; DE, deflector del caudal; PU, puente o suspendida sobre el cauce).

3.6. FACTORES QUE CONTROLAN LA DENSIDAD DE MADERA

Se realizó un análisis de componentes principales para identificar aquellas variables ambientales que mejor representan las diferencias entre las estaciones de muestreo. El ACP seleccionó dos componentes que explicaron en total el 85 % de la varianza de los datos (Tabla 2). El componente 1 se correlacionó con el orden del río y el área de drenaje y se puede interpretar como un indicador del caudal máximo que alcanza el río en cada una de las estaciones. El componente 2 se correlacionó con los porcentajes de bosque natural en la cuenca y en la zona riparia y se puede interpretar como un indicador de los cambios de usos de suelo en la cuenca. Las estaciones de muestreo se localizaron en dos grupos, cada uno con estaciones de un solo río. Dos estaciones aparecieron distanciadas de forma significativa de las demás. Se trata de las estaciones A10, que presentó el área de drenaje más pequeña del estudio, y A9, que presentó los porcentajes más altos de bosque natural en la cuenca de drenaje. La distribución de las estaciones indica que las estaciones del río Atacames son, en general, de mayor tamaño y orden que las estaciones del río Súa, debido a que éstas se

encuentran en totalidad en la parte superior (Figura 11) Además, las estaciones del río Atacames mantienen cuencas de drenaje con una cobertura de bosque mayor que las estaciones del río Súa, aunque las diferencias son menores que en el caso del área de drenaje.

Tabla 2

Resultados del análisis de componentes principales realizado con las características de las estaciones de muestreo.

	Componente 1	Componente 2
Varianza	0,55	0,29
Varianza acumulada	0,55	0,85
Variables	ORDEN (0,521) AREA (0,521)	RIPARIO (-0,625) BOSQUE (-0,721)

Nota: El ACP seleccionó dos componentes que explicaron en total el 85 % de la varianza de los datos

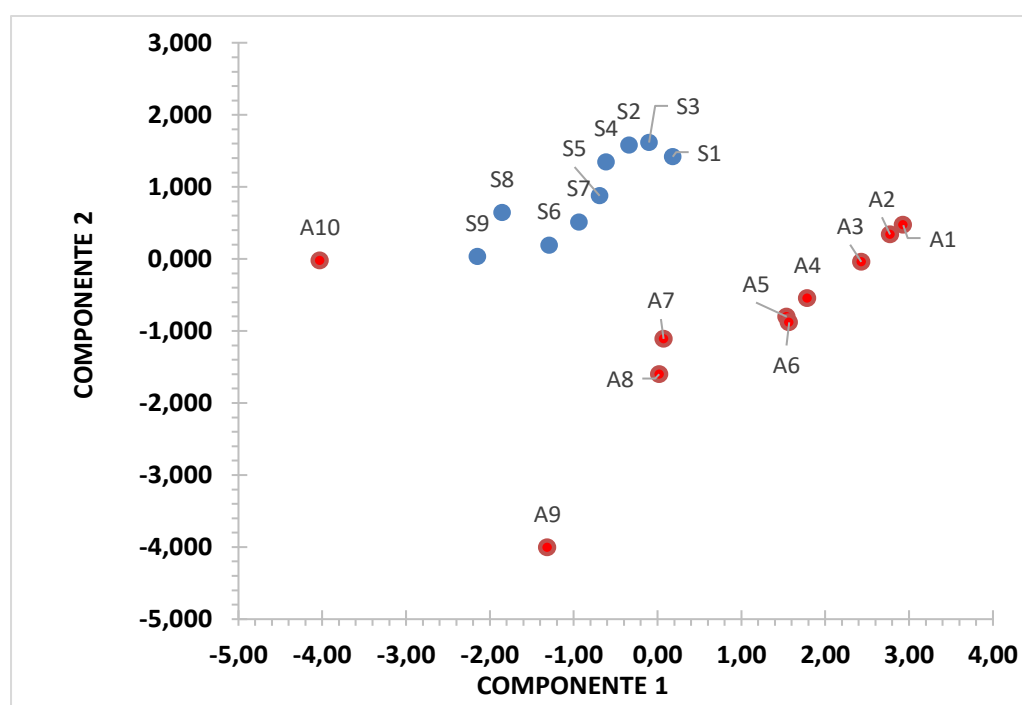


Figura 11. Análisis de ACP

Localización de las estaciones de muestreo en función de los dos componentes seleccionados en el ACP. Se muestran las estaciones de muestreo del río Súa en azul y las del río Atacames en rojo. Las etiquetas indican el nombre de las estaciones de muestreo

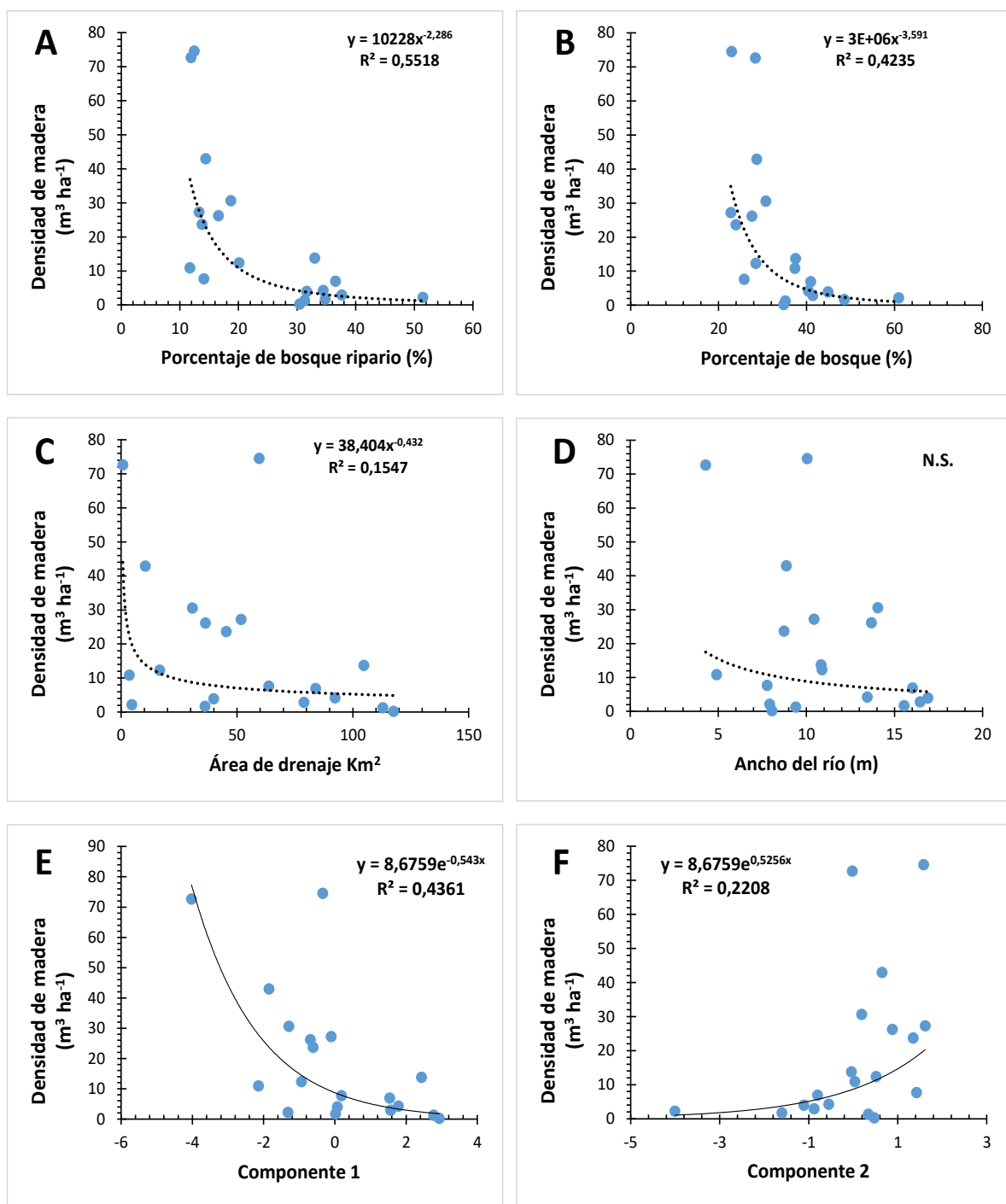


Figura. 12 Relación entre la densidad de madera, las variables ambientales y los componentes principales. Todas las relaciones indicadas son significativas con $p < 0.05$ (N.S., relación no significativa).

Se observó una relación significativa entre la densidad de piezas de madera y el porcentaje de bosque ripario y de bosque en la cuenca (Figura 12A). En ambos casos, la densidad de madera fue alta en las estaciones con menor porcentaje de bosque y disminuyó en las estaciones con una cobertura de bosque elevada. La densidad de madera también mostró una relación significativa con el área de drenaje de las estaciones de muestreo (Figura 12C). La densidad de madera disminuyó a medida que el área de drenaje de las estaciones aumentó. Por el contrario, la densidad de madera no dependió de la anchura del río (Figura 12D). Finalmente, las relaciones entre la densidad de madera y los dos componentes principales seleccionados confirmaron la importancia del caudal de la estación (componente 1 en la tabla 2, Figura 12E) y de los usos del suelo (componente 2 en la tabla 1, Figura 12F) como determinantes de la cantidad de madera en los cauces estudiados.

4. DISCUSIÓN

A continuación, en el presente apartado se buscará contrastar los valores obtenidos en el presente estudio (volumen, longitud y diámetros de las piezas de madera), posteriormente se relacionará el cambio de uso de suelo con la cantidad de material leñoso encontrado en un determinado río y finalmente se explicarán las posibles razones de la cantidad de material leñoso encontrado en el presente estudio.

El rango de volumen de piezas encontradas en el presente estudio, ($7,65 - 74,19 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) en el río Súa y ($0,27 - 72,32 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) en el río Atacames, se puede comparar con datos de estudios realizados en ríos de tercer orden en la Península Ibérica ($0,4 - 4,8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) realizado por (Diez, Elozegi, & Pozo, 2001), en ríos relativamente no alterados ubicados en Europa Central ($20 - 85 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) (Kaczka, 2003), a estudios realizados en Reino Unido ($44 - 88 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; (Gurnell, Piegay, Swanson, & Gregory, 2002), así como también ha estudios realizados en ríos de Italia (Magilligan *et al.*, 2008), donde se encontraron volúmenes ($30 - 70 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$). De la misma manera los datos obtenidos en el presente estudio se puede comparar con dos estudios realizados en Chile, el primero realizado en río Toro, donde se encontró un volumen de $117 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (Andreoli, Comiti, Iroumé, & Lenzi, 2008) y el segundo estudio realizado en el río Vuelta de Zorra donde se encontraron $109 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (Ulloa *et al.*, 2011). Sin embargo estos volúmenes son inferiores a los encontrados en un estudio realizado en el río Tres Arroyos ($700 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) en Chile por (Andreoli, Carlig, Comiti, & Iroumé, 2007). Analizando los volúmenes de madera de varios estudios con la presente investigación se puede apreciar que en los ríos tropicales se encuentra menos material leñoso grueso que en los ríos ubicados en zonas templadas, sin embargo cabe recalcar que la diferencia de zonas climáticas no es el único factor que pueda afectar la cantidad de material leñoso en un determinado río, debido a que según Wohl, Lininger, Fox, Baillie, & Erskine, 2017, el grado de intervención en el manejo de un río también puede influir en la cantidad de material leñoso, dicha apreciación podría explicar los valores de densidad de material leñoso encontrados en los ríos Súa y Atacames, debido a que estos dos ríos no cuentan con un manejo con respecto a la reintroducción selectiva de madera.

Con respecto al grado de variación de las longitud media de las piezas de madera encontradas en el presente estudio, en el río Súa (300 - 657 cm) y Atacames (150 - 600 cm), éstas longitudes observadas son ligeramente superiores a las encontradas en ríos de Argentina, donde se registraron piezas de madera con un rango longitudinal de 100 – 500 cm (Mao *et al.*, 2008). Sin embargo, son menores al rango longitudinal de las piezas de madera reportadas en ríos de Chile (600 – 1200 cm) (Andreoli *et al.*, 2007). Con respecto al diámetro del material leñoso evidenciado en el presente estudio, osciló entre 13 y 22 cm en el río Súa y entre 8 y 20 cm en el río Atacames, estos valores son inferiores a los encontrados en estudios realizados en ríos ubicados en la cordillera de Chile donde se registró un rango de diámetros entre (36 – 220 cm) con un promedio de 41 cm (Andreoli *et al.*, 2007) y en un estudio realizado en Europa por Kaczka, 2003, donde se evidenció una oscilación en los diámetros de material leñoso encontrado de (11 – 29 cm), de la misma manera con datos registrados en un estudio realizado en un cauce de montaña en Argentina donde se registran piezas de madera con longitudes entre 50 cm y 1200 cm (Mao *et al.*, 2008). Sin embargo los datos obtenidos en el presente estudio se pueden comparar con el estudio realizado por, Magilligan *et al.*, 2008, en un río de USA, donde se registraron diámetros de material leñoso con una oscilación entre (17,1 – 21,4 cm) y con un estudio realizado en la Península Ibérica realizado por Diez *et al.*, 2001, donde las mediciones de los diámetros del material leñosos encontrado osciló entre (6 – 14,4 cm). De acuerdo al análisis de longitudes y diámetros de las piezas de madera entre ríos tropicales y ríos ubicados en zonas templadas se puede concluir que los diámetros de piezas son mayores en ríos tropicales mientras que las longitudes del material leñoso en mayor en cauces de ríos ubicados en zonas templadas. Las longitudes y diámetros del material leñoso encontrados en el presente estudio contrastado con el ancho del río en cada una de las estaciones de muestreo, favorecen probablemente el transporte de los troncos, limitando de esta manera la acumulación o almacenamiento de madera en el cauce del río, reduciendo de esta manera la complejidad morfológica, los hábitats y la diversidad biológica en dichos ecosistemas (Magilligan *et al.*, 2008).

En los ríos Súa y Atacames, el tamaño del cauce (orden), el área de drenaje y los usos del suelo (porcentaje de bosque en la cuenca de drenaje) explican la cantidad de madera observada en el cauce. El componente uso de suelo en un estudios realizados por Diez *et al.*, 2001, explica también la influencia que tiene en la cantidad de material leñosos en un

determinado cauce, mencionando que la misma va a depender del tipo de vegetación riparia existente. Magilligan *et al.*, 2008, menciona que el uso de suelo existente no sólo afecta la cantidad sino también a las dimensiones (longitud y diámetro) de material leñoso de un determinado cauce, de la misma manera Andreoli *et al.*, 2007, atribuye que el tipo de bosque que existe alrededor de un determinado río afecta a la cantidad y dimensiones de piezas de madera que se puedan encontrar en un determinado cauce, sin embargo Gurnell *et al.*, 2002, menciona la gran importancia del suministro de madera sobre la cantidad de madera ubicada en el cauce pero también le atribuye importancia a los procesos fluviales tales como el régimen del flujo del río, acumulaciones de madera en el cauce, la pendiente, el régimen de humedad y a la profundidad del agua con respecto al diámetro de las piezas de madera, de la misma manera Wohl *et al.*, 2017, no menciona de manera directa que el factor uso de suelo explique la cantidad de material leñoso en un determinado cauce, mencionando que las regiones bioclimáticas son las responsables de dicha cantidad.

La densidad de madera en los ríos Súa y Atacames está relacionada con los usos del suelo en la cuenca y en la zona riparia. Se observó una relación inversamente proporcional entre la densidad de madera y el porcentaje de bosque en la cuenca. En los ríos Súa y Atacames, la densidad de madera en el cauce es mayor en cuencas que presentan menores porcentajes de bosque natural. Según Wohl, Lininger, Fox, Baillie, & Erskine, 2017, la densidad de madera en el cauce de ríos intervenidos es menor que en ríos bien conservados. Una fuerte alteración hidrológica causada por la deforestación podría explicar la relación que existe entre la densidad de madera y los usos del suelo en los ríos de Esmeraldas. En Esmeraldas, después de clarear el bosque, la madera se amontona y se quema para que las cenizas sirvan como fertilizante del suelo y, por lo tanto, la tala no debería representar un aporte significativo de piezas de madera al cauce y no puede explicar la relación observada entre la densidad de la madera y los usos del suelo. Por otro lado, los ríos de Esmeraldas presentan una época de caudales bajos entre julio y diciembre y un periodo de caudales elevados y fuertes crecidas entre enero y junio debido a la estacionalidad de la precipitación. En esta situación, la deriva de la madera debería ocurrir principalmente entre enero y junio durante el periodo de caudales altos y la mayor cantidad de madera en aquellos cauces cuya cuenca se encuentra alterada podría indicar que estas cuencas mantienen caudales más bajos o que el periodo de caudales elevados se mantiene sólo por un corto periodo de tiempo.

Las piezas de madera o material leñoso grueso influyen de manera directa en el aspecto y funcionalidad ecológica de los cauces de los ríos, debido a que aumentan la complejidad morfológica, los hábitats y la diversidad biológica en dichos ecosistemas (Magilligan *et al.*, 2008).

CONCLUSIONES

En el presente estudio la densidad media de madera fue mayor en el río Sua ($28.4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) que en el río Atacames ($10.98 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), sin embargo cabe recalcar que las diferencias no fueron significativas.

La relación existente entre el porcentaje de bosque ripario y la densidad de madera presente en cada una de las estaciones de muestreo de los ríos Atacames y Súa es inversamente proporcional, encontrando de esta manera un mayor número de piezas de material leñoso grueso en sitios con menor porcentaje de bosque ripario.

RECOMENDACIONES

La importancia de la madera en los cauces debería generar un interés para que universidades, autoridades y la población en general se preocupen por investigar su función en los ríos de la provincia para gestionar estos sistemas de forma sostenible y realizar actividades que protejan la dinámica natural de la madera en los cauces.

Los resultados del presente estudio muestran el inicio de un proceso de deforestación debido al cambio de uso de suelo en la cabecera de ambas cuencas, por lo tanto inspecciones sobre el terreno mencionado surgen como respuesta a dicho problema con el fin de ver el grado de necesidad de implementar un programa de reforestación del bosque ripario a lo largo del cauce de ambos ríos.

BIBLIOGRAFÍA

- Allan J. 2004. Landscapes and Riverscapes: The influence of Land use on Stream Ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 35:257-284.
- Alvarez-Mieles G. and Irvine, K. G. A.; Arias-Hidalgo, M.; Torres, A. y Mynett, A. (2013). Relationships between aquatic biotic communities and water quality in a tropical river-wetland system (Ecuador) *Environmental Science and Policy*, 34, 115-127.
- Andreoli A. 2007. Volumen and Characteristics of Woody Debris in Mountain Rivers of Italian Dolomites and Southern Andes. Doctoral Thesis. Valdivia, Chile y Padova, Italia. Universidad Austral de Chile y Università di Padova. 116 p.
- Andreoli, A., Carlig, G., Comiti, F., & Iroumé, A. (2007). Residuos leñosos de gran tamaño en un torrente de la Cordillera de Los Andes, Chile: su funcionalidad e importancia. *Bosque (Valdivia)*, 2(28).
- Andreoli, A., Comiti, F., Iroumé, A., & Lenzi, M. A. (2008). Evaluación de los volúmenes y de los efectos hidro-morfológicos del material leñoso en dos torrentes andinos de Chile. *Fundación para el fomento de la Ingeniería del Agua*, 15(3).

- Bodie, J.R. y Semlitsch, R.D. 2000. Spatial and temporal use of foodplain habitat by lentic and lotic species of aquatic turtles. *Oecologia* 122: 138-146.
- Boothroyd, I., j. Quinn, e. Langer, k. Costley y g. Steward. 2004. Riparian buffers mitigate effects of pine plantation logging on New Zealand streams 1. Riparian vegetation structure, stream geomorphology and periphyton. *Forest Ecology and Management* 194:199-213.
- Comiti F, A Andreoli, L Mao, MA Lenzi. 2008. Wood storage in three mountain streams of the Southern Andes and its hydro-morphological effects. *Earth Surf. Proc. Landforms* 33(2): 244-262.
- Comiti, F., Andreoli, A., Lenzi, M. A., & Mao, L. (2006). Spatial density and characteristics of woody debris in five mountain rivers of the Dolomites (Italian Alps). *Geomorphology*, 78(1-2), 44-63. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.01.021>
- Diez, J. R., Elosegi, A., & Pozo, J. (2001). Woody Debris in North Iberian Streams: Influence of Geomorphology, Vegetation, and Management. *Environmental Management*, 28(5), 687-698. <https://doi.org/10.1007/s002670010253>
- Elosegui, A. y Díez, J. 2009. Conceptos y Técnicas de ecología fluvial. Capítulo 5. La estructura física de los cauces fluviales. Fundación BBVA.

- GADME (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Atacames), 2012. Plan de desarrollo y ordenamiento Territorial participativo del cantón Atacames.
- Graca, M. 2001. The role of invertebrates on leaf litter decomposition in streams - a review. *Internat Rev Hydrobiologia* 86(4-5):383-393.
- Gregory S.V., Boyer, K y Gurnell A. 2003. The ecology and management of Wood in World Rivers. Bethesda: American Fisheries Society. Symposium 37, Bethesda, Maryland.
- Gurnell A, H Piégay, F Swanson, S Gregory. 2002. Large wood and fluvial processes. *Freshwater Biology* 47: 601-619.
- Hansen, B., Reich, P., Lake, P.S. And Cavagnaro, T.R. 2010. Minimum width requirements for riparian zones to protect flowing waters and to conserve biodiversity: a review and recommendations—with application to the State of Victoria. Report to the Office of Water, Victorian Department of Sustainability and Environment.
- Harding, JS y Winterbourn, Mj. 1995. Effects of contrasting land use on Physico chemical Conditions and benthic assemblages of streams in a Canterbury (South Island, New Zealand) river system. *N Z J Mar Freshwater Res* 29:479-492.
- Harmon M., Franklin J., Sollins P. 1986. Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. *Advance in ecological Research* 15:133-302.

- Huber A, A Iroumé, C Mohr, C Frene. 2010. Efecto de las plantaciones de *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus* sobre el recurso agua en la Cordillera de la Costa de la región del Biobío, Chile. *Bosque* 31(3): 219-230.
- INEC.2010. (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). Población y Demografía. Resultados Censo de Población. Ecuador. Obtenido el 18 de septiembre de 2014 en <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda>.
- Jacobsen, D. Andino, P. Calvez, R. Fraunié, S. Espinosa, R. y Dangles, O. (2014). Temporal Variability in Discharge and benthic Macroinvertebrate assemblages in a tropical glacier-fed stream. *Freshwater Science*, 33(1), 32-45.
- Kaczka, R. (2003). The coarse woody debris dams in mountain streams of central Europe, structure and distribution. *Studia Geomorphologica Carpatho*, (38), 111-127.
- Kennard, Mj; Bj Pusey; Ah Arthington; Bd Harch & Sj Mackay. 2006. Development and application of a predictive model of freshwater fish assemblage composition to evaluate river health in eastern Australia. *Hydrobiologia* 572:33-57.
- Kurschker, A; Brand, C y Miserendino, M. 2009. Evaluación de la calidad de los bosques de ribera en ríos del NO del Chubut sometidos a distintos usos de la tierra. *Ecol. Austral* 19:19-34.

- Lara, A. Soto, D. Armesto, J. Donoso, C. Wernli, L. Nahuelhual, F. Squeo eds. 2003. Componentes científicos clave para una política nacional sobre usos, servicios y conservación de los bosques nativos chilenos. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile. 134 p. (Iniciativa Científica Milenio de Mideplan).
- Lara A, R Reyes, R Urrutia. 2010. Bosques nativos. Informe país. Estado del medio ambiente en Chile 2008. Santiago, Chile. Instituto de Asuntos Públicos. Centro de Análisis de Políticas Públicas, Universidad de Chile. p. 126-171.
- Lenzi MA, F Comiti, L Mao, A Andreoli, E Pecorari, E Rigon. 2006. El control de detritos leñosos y el manejo de la vegetación en el cauce. Padova, Italia. Universita' degli studi di Padova. 185 p.
- Little C, A Lara, J McPhee, R Urrutia. 2009. Revealing the impact of forest exotic plantations on water yield in large scale watersheds in South-Central Chile. *Journal of Hydrology* 374: 162-170.
- Magilligan, F. J., Nislow, K. H., Fisher, G. B., Wright, J., Mackey, G., & Laser, M. (2008). The geomorphic function and characteristics of large woody debris in low gradient rivers, coastal Maine, USA. *Geomorphology*, 97(3-4), 467-482. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2007.08.016>
- Mao, L., Burns, S., Comiti, F., Andreoli, A., Urciuolo, A., Gaviño-Novillo, M., ... Aristide Lenzi, M. (2008). Acumulaciones de detritos leñosos en un cauce de montaña de

Tierra del Fuego: análisis de la movilidad y de los efectos hidromorfológicos. *Bosque (Valdivia)*, 29(3), 197–211.

Martínez, Carlos. (2012). Los macroinvertebrados bentónicos, una buena herramienta para el gestor ambiental. *Revista de Gestión Ambiental Pontificia Universidad Católica del Ecuador*, sede Esmeraldas.

Martínez, Carlos. Puente, Sara Maria. Rebolledo, Eduardo. Jiménez, Pedro. (2014). Macroinvertebrate Richness Importance in Coastal Tropical Streams of Esmeraldas Ecuador) and its Use and Implications in Environmental Management Procedures. Faculty 46 of Environmental Science, Pontifical University Catholic of Ecuador in Esmeraldas (PUCESE)

Meli, P., Carrasco, V. 2011. Restauración ecológica de riveras. Manual para la recuperación de la vegetación ribereña en arroyos de la Selva Lacandona. México.

Naiman, R.J., Décamps, H. and Pollock, M. 1993. The role of riparian corridors in maintaining regional biodiversity. *Ecological applications* 3: 209-212.

Payán., A. 2009. Rastreo del origen de la contaminación de las aguas. Universidad del Valle, Cali, Colombia. Simposio 2 aguas, suelos, alimentos y enfermedades parasitarias. *Biomédica*; 29(Supl.):44-9.

Sabater S. & Elozegi A. (2009). La importancia de los Ríos, Ecología Fluvial, Primera Edición, pág. 15-21 Fundación BBVA, País Vasco- España

Steinfeld, H. Gerber, P. Wassenaar, T. Castel, V. Rosales M, C de Haan. 2009. La larga sombra del ganado. Problemas ambientales y opciones. Roma, Italia. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 25 p.

Ulloa, H., Iroumé, A., Lenzi, M. A., Andreoli, A., Álvarez, C., & Barrera, V. (2011). Material leñoso de gran tamaño en dos cuencas de la Cordillera de la Costa de Chile con diferente historia de uso del suelo. *Bosque (Valdivia)*, 32(3), 235-245.
<https://doi.org/10.4067/S0717-92002011000300005>

Vimos, A.C. Encalada, B. Ríos-Touma, E. Suárez, N. Prat. 2015. Effects of exotic trout on benthic communities in high-Andean tropical streams. *Freshwater science* 03/2015; 34(2). DOI: 10.1086/681540.

Wohl, E., Lininger, K. B., Fox, M., Baillie, B. R., & Erskine, W. D. (2017). Instream large wood loads across bioclimatic regions. *Forest Ecology and Management*, 404, 370-380. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.09.013>

ANEXO I

ESTADILLOS DE CAMPO

LOCALIZACIÓN

Estación _____ Fecha _____ Hora _____

Río _____

Longitud del tramo (m) _____

COORDENADAS TRAMO

Inicio UTM x _____ UTM y _____

Descripción punto de inicio _____

Fin UTM x _____ UTM y _____

Descripción punto de inicio _____

DESCRIPCIÓN USOS

Usos forestales	SI	NO
Describir	_____	

Actividades mineras	SI	NO
Describir	_____	

Actividades agrícolas/ganaderas	SI	NO
Describir	_____	

Usos recreacionales	SI	NO
Describir	_____	

Población	SI	NO
Describir	_____	

OTROS _____

Laboratorio de Gestión Ambiental, Escuela de Gestión Ambiental, PUCES, Esmeraldas
Teléfono. 0984693172
Email: jmolinero2002@yahoo.com

GEOMORFOLOGÍA III

Estación	Fecha	Hora
----------	-------	------

ACUMULACIONES DE MADERA (> 5 cm diametro y 100 cm de longitud)

Número de presas de madera _____

[illegible]

Laboratorio de Gestión Ambiental, Escuela de Gestión Ambiental, PUCESE, Esmeraldas
Teléfono: 0984-693172
Email: jmolinero2002@yahoo.com